

# **PENGOLAHAN AIR MENGGUNAKAN MEMBRAN ULTRAFILTRASI SEBAGAI UPAYA Mendukung GERAKAN NASIONAL Mengatasi Krisis Air Bersih**

**Selastia Yuliati**

**Jurusan Teknik Kimia Politeknik negeri Sriwijaya, Politeknik Negeri Sriwijaya,  
Jalan Srijaya Negara Bukit Besar, Tlp (0711) 353414**

**Email selastiayuliati@yahoo.com**

## **Abstrak**

Pengolahan air bersih dalam penelitian ini bertujuan menghilangkan semua kandungan parameter kimia, biologis yang terdapat didalam air baku. Air baku yang diolah berupa air gambut, air payau serta air sungai musi. Air tersebut diolah menggunakan teknologi membrane dan bertujuan untuk mendapatkan air bersih yang memenuhi standar kesehatan. Membran yang digunakan adalah membran ultrafiltrasi berbasis polimer polysulfon. Metoda yang digunakan dalam pembuatan membran tersebut adalah metoda *Inversi fasa* dari formula *Loeb and Sourirajan* yaitu melarutkan polimer Polysulfon kedalam campuran larutan Dimethyl Asetamida (DMAc) dan Poliethylen Glicol (PEG) sebagai aditif. Membrane yang dihasilkan yaitu berukuran pori 0,0014  $\mu\text{m}$  memenuhi standar ultrafiltrasi. Tujuan khusus penelitian ini selain mendapatkan membran polysulfon yang kegunaannya untuk pengolahan air bersih atau air minum, juga mengkaji beberapa parameter yang digunakan sehingga diperoleh kondisi yang optimum. Metoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah metoda *eksperiment*, perancangan alat serta Penerapan Teknologi Tepat Guna (TTG). Bahan baku sebelum diolah dilakukan analisa pendahuluan dan selanjutnya dilakukan proses pretreatment. Beberapa alat filter yang digunakan diantaranya filter mangan, mangan zeolit, filter besi, carbon aktif serta silica yang digunakan menurunkan semua parameter yang terdapat didalam air baku. Air hasil pretreatment untuk selanjutnya dilewatkan melalui membrane ultrafiltrasi. Produk yang dihasilkan mengacu pada standar kualitas air bersih dan air minum yang diizinkan oleh MENKES NO 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang pengadaan air bersih dan air minum. Hasil analisa menunjukkan penurunan rata-rata parameter air baku gambut dan payau setelah melewati membrane adalah 77,8% dan 32,6%, sedangkan untuk air musi mencapai 92,5%. Air bersih maupun air minum yang dihasilkan telah memenuhi standar baku mutu.

**Kata kunci** : Air Bersih, Inverse fasa, Membran, Polysulfon, Ultrafiltrasi.

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan air bersih untuk setiap tahunnya semakin meningkat sebanding dengan bertambahnya jumlah penduduk baik itu di pedesaan ataupun masyarakat yang hidup di perkotaan. Air bersih merupakan kebutuhan vital bagi penduduk tersebut karena air dipergunakan untuk berbagai keperluan hidup sehari-hari seperti mencuci, mandi, dan air minum ataupun untuk keperluan industri dan laboratorium. Air bersih yang disuplai melalui perusahaan air minum (PDAM) Tirta Musi sampai saat ini belum dirasakan mencukupi akan kebutuhan masyarakat, oleh karena itu sebagian dari warga khususnya yang hidup dipertanian masih banyak mengkonsumsi air yang tidak layak dipergunakan, seperti air sumur keruh dan air yang terdapat di rawa-rawa disekitar pemukiman. Pemenuhan kebutuhan air bersih dan sanitasi bagi masyarakat perkotaan ataupun pedesaan yang ada di Sumatera Selatan masih sangat sedikit, sehingga belum memenuhi taraf kehidupan mengingat terbatasnya teknologi pengolahan air bersih yang selama ini masih menggunakan metoda konvensional.

Air yang digunakan pada umumnya tidak memenuhi standar kesehatan yang diizinkan oleh Departemen Kesehatan Republik Indonesia (DEPKES RI) untuk dikonsumsi hal ini dikarenakan air tersebut memiliki tingkat kekeruhan dan kandungan alkali yang sangat tinggi serta bahan pencemar seperti logam-logam berat (Pb, Fe, Zn dan phenol) yang ditimbulkan akibat adanya air buangan industri, dimana logam-logam tersebut terbawa oleh arus air pada saat timbulnya musim hujan, sehingga air sering dikonsumsi oleh warga yang berada disekitar pemukiman ikut tercemar. Beberapa ciri-ciri air sungai yang keruh sebelum dilakukan pengolahan adalah sebagai berikut (Hartono, D, 1980):

- Kandungan garam (NaCl) 250 ppm / 10 l air baku
- Warnah keruh (kecoklatan)
- Berbau (kadar Fe) atau logam berat lainnya
- Kandungan alkali (Cl, Mg, Na) tinggi.
- Memiliki tingkat kesadahan cukup tinggi

Untuk mengatasi semua hal ini perlu dilakukan pengolahan terhadap air baku tersebut sehingga diperoleh air yang bersih dan sehat serta memenuhi standar baku mutu yang diizinkan oleh DEPKES RI. Proses pengolahan air bersih menggunakan teknologi membran merupakan alternatif sebagai pengganti cara lama (conventional) yang sekarang ini sudah mulai ditinggalkan. Pengolahan air bersih menggunakan teknologi membrane menghasilkan kemurnian produk cukup besar, selain itu kemungkinan terjadinya *fouling* (menumpuknya solut pada permukaan membran) relatif kecil, dalam perancangannya tidak membutuhkan tempat yang luas (mudah didesain) serta mudah dalam pencucian membran (Wenten, I.G 1998). Penelitian pengolahan air bersih ini tidak lain bertujuan selain mendapatkan membran ultrafiltrasi polysulfon yang akan dipergunakan untuk pengolahan air bersih atau air minum, juga merancang unit pengolahan air bersih dengan menerapkan membran polysulfon sebagai media filtrasi dan sebagai alternatif pengganti teknologi yang ada saat ini (konvensional). Hasil filtrasi diharapkan pH air mencapai pH normal serta kandungan parameter lainnya berkurang. Proses pengolahan air bersih menggunakan teknologi membran merupakan cara baru yang saat ini sedang dikembangkan dan sebagai alternatif pengganti teknologi yang sudah ada (konvensional) yang sekarang sudah mulai ditinggalkan. Membran

- pH air antara 3 –5

Polysulfon memiliki ketahanan yang tinggi terhadap senyawa kimia organik (alkali) serta temperatur dan tidak mudah mulur pada tekanan operasi tinggi (Kesting, R.E.1997). Selain itu membran polimer Polysulfon memiliki keunggulan bila dibandingkan dengan membran yang lain seperti Poliamid dan Selulosa Asetat yaitu memiliki sifat *permeabilitas* dan *Permselektifitas* yang tinggi, (Mulder, M, 1991). Keunggulan lain yang juga dimiliki oleh membrane polimer polysulfon diantaranya kemampuan dalam hal *backflushing* (kemudahan dalam pencucian) bila terjadi *Fouling* (Wenten, I.G, 2002).

Melihat permasalahan diatas, maka dapatlah ditarik kesimpulan bahwa keutamaan atau pentingnya dari penelitian ini adalah menghasilkan air bersih yang memenuhi standar kesehatan untuk kebutuhan masyarakat baik itu di pedesaan ataupun di perkotaan serta instalasi air bersih menggunakan teknologi membrane dengan kapasitas  $\pm 100$  l/jam sebagai upaya mendukung gerakan Nasional untuk mengatasi krisis air bersih khususnya di Sumatera Selatan.

## 2. METODA

Metoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah metoda *experiment* atau percobaan dan perancangan alat (Skala pilot plant). Membran yang akan dibuat dalam penelitian ini terdiri dari berbagai variasi konsentrasi polimer dan pelarut sampai diperolehnya ukuran pori membran yang memenuhi standar ultrafiltrasi untuk pengolahan air bersih. Beberapa parameter yang akan digunakan dalam pembuatan membran diantaranya komposisi larutan cetak (*dope*), waktu penguapan pelarut, temperatur air perendaman dan lamanya *annealing*, yang kesemua ini akan berpengaruh terhadap morfologi membran. *Fluks* membran diperoleh dengan melakukan pengamatan setiap parameter proses yang digunakan. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah konsentrasi umpan, tekanan dan laju

alir yang merupakan variable konstan. Pengamatan dilakukan setelah tercapainya kondisi tunak, dimana fluks air murni ( $J_v$ ) ditentukan berdasarkan grafik hubungan antara waktu tempuhan dan volume permeat pada setiap tekanan operasi yang berbeda. Metoda pengumpulan data dilakukan dengan cara *observasi* atau pengamatan dan analisis data menggunakan metoda *regressi* secara grafis. Tingkat keberhasilan dari penelitian ini ditunjukkan dengan beberapa indikator kinerja diantaranya, alat yang dirancang dapat menghasilkan kemurnian produk mencapai 90 – 100 %, menumpuknya solut pada permukaan membran (terjadinya *fouling*) pada saat proses dibawah 10%, fluks dan Rejeksi yang dihasilkan tinggi, sehingga kinerja membran optimal, tidak terjadi kebocoran membrane selama pelaksanaan percobaan, serta efisiensi penyaringan yang dihasilkan mencapai 80 – 90 %. Dalam upaya menyelesaikan permasalahan diatas dan tercapainya tujuan penelitian yang diharapkan maka langkah-langkah penelitian yang dilakukan meliputi, pembuatan membran polysulfon, karakterisasi membrane, perancangan dan instalasi alat, aplikasi membran pada proses pengolahan air bersih, pengamatan dan analisa produk.

### Bahan dan Alat yang digunakan :

#### Pembuatan Membran Polysulfon

Bahan yang digunakan : polimer Polysulfon, Dimethyl Acetamida (DMAc), Poly Etylen Glicol (PEG), Natrium Azida, Aqudest

Alat yang digunakan: plat kaca datar, selotif sel, batang stainless steel, bak koagulan, selang gas, selotif, kran, valve, pompa

#### Pembuatan Membran Polysulfon

##### Metoda Pembuatan

Membran Polysulfon yang akan digunakan dalam penelitian ini dibuat dengan metoda *inversi fasa* (celup endap) dari formula (Loeb and Sourirajan) dengan

menggunakan pelarut Dimethyl Acetamida (DMAc) dan PEG atau PVP sebagai aditif.

Prosedur pembuatan sebagai berikut :

### **Pembuatan larutan cetak (dope)**

Polimer Polysulfon dilarutkan kedalam kedalam campuran Dimethyl Acetamida (DMAc) dan Poly Etylen Glicol (PEG) dengan perbandingan 16% W PSF ; 10% PEG, dan 70% DMAc, larutan tersebut kemudian diaduk sampai homogen. Setelah itu disimpan dilemari es hal ini bertujuan untuk menghilangkan gelembung yang ditimbulkan akibat pengadukan.

### **Casting (pencetakan)**

Pencetakan membran dilakukan diatas plat kaca yang sisi-sisinya telah diberi selotif untuk menentukan ketebalan membran. Kemudian dibiarkan selama beberapa menit untuk menguapkan sebagian pelarut pada saat pembuatan larutan cetak pelarut.

### **Pengendapan pencelupan (koagulasi)**

Merupakan proses perubahan fasa dari larutan polimer (sol) menjadi membran (gel). Film polimer yang masih menempel diatas cetakan membran direndam (*immersed*) dalam air dingin (gelating medium) pada suhu 8 °c selama 1jam dengan menggunakan non solven (air). Kemudian membran akan lepas dengan sendirinya lalu dicuci dengan air mineral untuk menghilangkan sebagian pelarutnya.

### **Annealing**

Bertujuan menyusutkan ukuran pori serta menstabilkan membran terhadap pengaruh temperatur (panas). Annenaling dilakukan pada temperatur 80 °C selama 30 menit.

### **Penyimpanan**

Membran yang sudah jadi disimpan dalam lemari es pada suhu 6 – 8 °C dan diberi pengawet larutan Natrium azida.

### **Karakterisasi Membran**

Karakterisasi membran bertujuan untuk menentukan uji kelayakan membran sebelum dipergunakan. Karakterisasi membran ini meliputi; Penentuan ukuran dan jumlah pori membran menggunakan *Scanning Electron icroscoy* (SEM), menentukan kandungan air membran secara gravimetris, menentukan ketebalan membran menggunakan jangka sorong sebanyak 10 kali pengukuran, ketebalan membran merupakan rata-rata hasil pengukuran , pengujian sifat fisik meliputi pengujian kuat tarik dan kuat tekan serta fluks membrane yang diukur dengan cara menampung volume permeat untuk setiap volume 10 ml sampai tercapainya kondisi tunak. Fluks air diukur dalam satuan L/m<sup>2</sup> jam.

### **Prosedur Percobaan**

Umpan sebelum dilakukan pengolahan dilakukan analisa awal terlebih dahulu meliputi pengukuran pH, warna, kekeruhan, TDS, kesadahan, dan parameter pencemar lainnya. Selanjutnya umpan dipompakan ke dalam kedua tangki FRP (Fiberglass Reinforced Plastic) yang bertujuan menurunkan kandungan logam alkali, Mangan dan besi. Setelah itu umpan dialirkan ke tangki clarifier untuk proses sadimentasi yaitu mengendapkan partikel-partikel yang tidak ikut mengendap selama proses koagulasi. Air pretreatment selanjutnya dipompakan ke filter cartridge untuk menyaring partikel2 yang berukuran dibawah 0,5 µm. Produk dialirkan kedalam modul membrane polysulfon dengan sistim aliran silang. Selang beberapa waktu air bersih akan keluar

dari samping modul ultrafiltrasi yang selanjutnya dilakukan analisa.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Pembuatan Membran Polysulfon

Metoda yang digunakan pada pembuatan membran polysulfon adalah metoda “*Inversi Fasa*”, dengan menggunakan formula *Loeb and Sourirajan* dan kajian awal (Yulianti, S, 2007) yaitu melarutkan sejumlah polimer Polysulfon kedalam campuran pelarut Dimethyl Acetamida (DMAc) dan Poly Etilen Glicol (PEG) sebagai aditif. Pemilihan pelarut didasarkan atas kemampuan DMAc untuk melarutkan polimer polysulfon menjadi pelarut-pelarut yang memiliki rantai pendek dan ber BM rendah. Membran Polysulfon yang dihasilkan adalah membran pori (*Porous membrane*) dengan struktur yang asimetris. Pada membran dengan konsentrasi polimer yang rendah, kemampuan pelarut untuk menghidrolisa polimer polysulfon lebih besar dari pada konsentrasi pelarut yang lebih tinggi (Levebre, 1998). Sehingga pada konsentrasi pelarut yang lebih rendah rantai yang terbentuk lebih pendek. Jumlah pori membran yang terbentuk berkaitan dengan kemampuan pelarut tersebut untuk menghidrolisa polimer polysulfon serta konsentrasinya.

Pada konsentrasi pelarut yang lebih tinggi jumlah pori membran relatif banyak tetapi ukuran pori yang diperoleh relatif besar sehingga tingkat *permeabilitas* membran akan rendah, sedangkan pada konsentrasi DMAc yang lebih kecil jumlah dan ukuran pori relatif kecil maka *permselektifitas* membran tinggi. Pada konsentrasi pelarut lebih tinggi lagi akan merusak rantai polimer, hal ini disebabkan terjadinya degradasi (penghancuran) dari polimer tersebut (Mulder, 1991), oleh karena itu dipilih konsentrasi yang tepat

agar diperoleh membran dengan dengan struktur pori yang baik. Variasi konsentrasi pelarut DMAc yang digunakan dimaksudkan untuk mendapatkan struktur pori membran yang memenuhi kriteria untuk dipergunakan pada proses pengolahan air bersih.

Pada keadaan awal, setelah pencampuran polimer polysulfon kedalam pelarut DMAc dengan pengadukan selama kurang lebih 24 jam terbentuk larutan kental dari campuran tersebut yang dinamakan *dope*. Penambahan Poly Etilen Glicol (PEG) sebagai aditif yang bertujuan untuk mempercepat terbentuknya pori membran dan ditambahkan setelah semua polimer PSF larut dalam DMAc. *Dope* kemudian didiamkan selama 24 jam pada suhu 10 °C (dalam lemari es) bertujuan untuk pematangan serta menghilangkan gelembung-gelembung udara yang ditimbulkan pada saat pengadukan. Gelembung udara ini dapat menimbulkan kebocoran pada membran. Timbulnya gelembung ini disebabkan menguapnya aditif, dimana uap ini terperangkap dalam *dope*.

Pencetakan membran dilakukan diatas plat kaca yang pinggirnya dilapisi selotif sebagai ukuran ketebalan membran. *Dope* diteteskan pada plat kaca kemudian diratakan dengan menggunakan batang stainless steel, film polimer yang terbentuk didiamkan selama kurang lebih 2 sampai 5 menit ini bertujuan untuk menguapkan sebagian pelarut dan membentuk ukuran pori membran. Semakin lama waktu penguapan ukuran pori relatif kecil, namun pada waktu penguapan yang relatif lama struktur membran kurang baik (membran berkerut), hal ini disebabkan pada permukaan membran terbentuk kristal-kristal dimana dengan molekul-molekul air akan membentuk

ikatan hydrogen. Membran yang masih menempel diatas plat kaca dicelupkan kedalam bak koagulasi yang telah berisi air pada suhu 8 s.d 10 °C. Proses yang terjadi pada koagulasi adalah pembentukan gel (lapisan tipis), pembentukan pori serta terjadinya pertukaran antar pelarut dan non pelarut (air) dimana pelarut akan berdifusi kedalam bak koagulasi dan non pelarut berdifusi kedalam cetakan film.

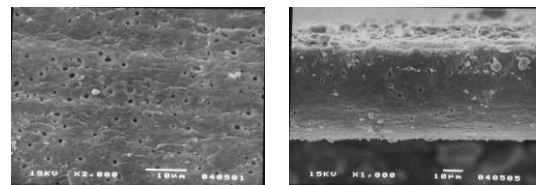
Untuk menghilangkan sisa-sisa pelarut maka membran dicuci dengan air berulang-ulang, agar membran tidak mengandung asam. Annealing bertujuan untuk menstabilkan membran terhadap pengaruh temperatur. Perlakuan panas ini menyebabkan terjadinya gerakan translasi dari makromolekul-makromolekul. Gerakan ini menyebabkan group polar pada molekul yang sama atau yang berdampingan akan mendekat satu sama lain sehingga membentuk *virtual cross linking* disebabkan oleh interaksi antar molekul. Annealing juga dapat menyusutkan pori sehingga membran akan memiliki selektifitas yang tinggi.

Membran yang diperoleh dari data diatas memiliki struktur yang asimetris dimana membran tersebut terdiri dari dua lapisan yaitu lapisan atas dinamakan lapisan kulit tipis (skin layer) dengan ketebalan 2 µm dan lapisan pendukung dengan ketebalan sampai 200 µm, membran ini memenuhi standar ultrafiltrasi untuk proses pengolahan air bersih Menurut Mulder, 1991 bahwa membran ultrafiltrasi yang memenuhi kriteria untuk proses pengolahan air bersih memiliki ukuran pori antara 0,001 s.d 0,01 µm Sehingga membran yang dibuat dengan menggunakan variasi komposisi telah memenuhi standar ultrafiltrasi untuk pengolahan air bersih.

### Ukuran pori, jumlah dan densitas membran

Membran yang dibuat dengan variasi konsentrasi 17% PSF, 66% DMAc dan 17% PEG, waktu evaporasi dan temperatur koagulasi 5 menit dan 8 °C diperoleh ukuran pori membran 0,0104 µm, dan jumlah pori 37 serta densitas membran relatif besar. Membran tersebut layak dipergunakan untuk proses pengolahan air karena membran tersebut memiliki struktur pori yang masih memenuhi standar proses ultrafiltrasi (Mulder, M, 1997) yaitu membran akan memiliki tingkat selektifitas tinggi apabila ukuran pori membran relatif kecil dan jumlah pori relatif banyak.

Waktu annealing serta lamanya evaporasi pada saat pencetakan membran juga akan mempengaruhi ukuran serta jumlah pori. Semakin lama waktu annealing dan evaporasi maka ukuran pori membran yang dihasilkan semakin kecil, namun struktur rantai polimer membran yang dihasilkan akan rusak (Mulder, M, 1997)



Gambar 6.1. Foto permukaan dan penampang lintang membran PSF dengan menggunakan SEM pada variasi konsentrasi 17 % PSF, 66% DMAc dan 17% PEG

### Fluks Air murni (JV)

Fluks didefinisikan sebagai solute yang dapat menembus membran tiap satuan luas membran persatuan waktu. Fluks volume dihitung berdasarkan grafik volume permeat Vs waktu dari tiap-tiap

tempuhan dengan tekanan operasi yang bervariasi.

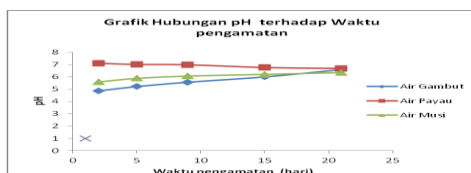
Fluks (Jv) rata-rata membran yang dihasilkan sebesar  $6,56 \times 10^{-3}$  l/m<sup>2</sup> detik. Harga fluks tersebut sesuai dengan harga yang diperbolehkan menurut Mulder, M, yaitu 5 s.d  $10 \times 10^{-3}$  l/m<sup>2</sup> detik.

Tabel 5.2 Data hasil penentuan fluks air murni (Jv) untuk membran pengolahan air keruh.

NO	Tekanan operasi (Bar)	Jv Rata-rata (l/m <sup>2</sup> detik)
1.	1	$6,75 \times 10^{-3}$
2.	2	$7,22 \times 10^{-3}$
3.	3	$7,89 \times 10^{-3}$
4.	4	$8,05 \times 10^{-3}$
5.	5	$8,33 \times 10^{-3}$

### 7.1 Hasil Pengamatan

#### 1. Hubungan pH dengan Waktu pengamatan (sampling)



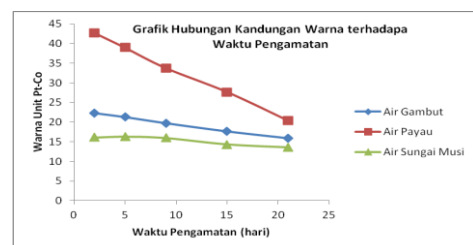
Gambar 7. Grafik hubungan pH terhadap Waktu pengamatan

Grafik hubungan pH terhadap waktu pengamatan (sampling) terhadap air payau, gambut dan air musi dapat dilihat pada gambar 7. Dari gambar tersebut terlihat adanya peningkatan pH baik untuk air gambut maupun air musi. Pada pengamatan hari pertama untuk air gambut terjadi peningkatan pH dari pH awal rata 3,51 mencapai 6,008, sedangkan untuk air payau terjadi penurunan dari pH awal rata-rata 7,24 menjadi 7,11. Pada sampling hari berikutnya (hari ke 5 sampai ke 21) pH

air tetap meningkat sedangkan untuk pH air payau tetap turun. Rata-rata kenaikan pH dari air treatment khususnya air gambut dan air musi mencapai 77,94%, lebih besar bila dibandingkan dengan penurunan pH dari air payau yang rata-rata turun hanya mencapai 30,14%. pH air baku pada keadaan awal tidak memenuhi standar baku mutu air bersih, namun setelah dilakukan pengolahan maka pH air telah memenuhi standar baku mutu air bersih. Standar pH yang diperbolehkan menurut peraturan Menkes Nno 492 tahun 2010 yaitu 6,5 - 8,8. Peningkatan pH dari air gambut ataupun air musi dikarenakan adanya penurunan kandungan ion H<sup>+</sup> yang disebabkan adanya reaksi antara senyawa CaCO<sub>3</sub> (kapur) pada saat pretreatment. Adanya filter carbon aktif dan mangan zeolit serta filter cartridge juga dapat menurunkan pH air baku. Filter cartridge berfungsi menyaring partikel endapan yang berukuran dibawah 0,5 µm. Sifat membrane yang sangat selektif dapat menurunkan kandungan asam dari air baku, sehingga pH yang dihasilkan memenuhi standar air bersih ataupun air minum.

#### 2. Penurunan Kandungan Warna terhadap Waktu Pengamatan (sampling)

Grafik penurunan kandungan warna terhadap waktu sampling dapat dilihat pada gambar 8.

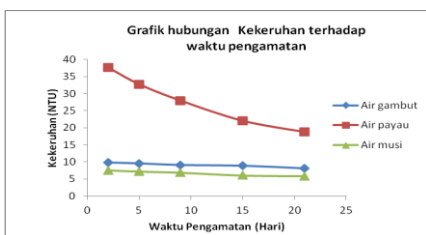


Gambar 8. Penurunan kandungan warna terhadap waktu pengamatan (sampling)

Berdasarkan hasil sampling pada hari pertama sampai hari ke duapuluh satu terlihat kandungan warna air gambut dan air

musi rata-rata mencapai 178,5 Pt-Co. Air baku tersebut terlihat berwarna kuning kecoklatan, hal ini disebabkan adanya kandungan besi, mangan yang larut dalam air baku. Warna kuning dari air baku menjadi tidak bewarna setelah dilewati unit pretreatment dan turun rata-rata menjadi 88,5 Pt-Co (Efisiensi 62,9%). Setelah melewati membran efisiensi penurunan kandungan warna rata-rata mencapai 87,94%. Penurunan kandungan warna disebabkan besi (Fe) dan mangan (Mn) mengalami peristiwa oksidasi menjadi feri oksida ( $Fe_2O_3$ ) dan mangan dioksida ( $MnO_2$ ) yang tidak larut dalam air dan disaring pada tabung FRP yang mengandung karbon aktif serta pasir silica yang akan mengoksidasi besi dan mangan yang terkandung dalam air baku. Membran dalam hal ini juga berfungsi mengikat ion-ion besi serta mangan yang memiliki ukuran ion lebih besar biladibandingkan dengan pori membrane, sehingga semua partikel atau ion besi serta mangan tertahan pada permukaan membrane yang berakibat berkurangnya kandungan warna dari air baku. Penurunan kandungan warna dari air payau hanya mencapai rata-rata 42,3 (efisiensi 33,5%) dari kandungan awal rata-rata selama sampling 56,2 Pt-Co. Dengan melihat penurunan kandungan warna dari masing-masing air olahan tersebut, maka parameter warna dari air olahan masih batas memenuhi standar baku mutu air bersih yang diperbolehkan.

### 3. Penurunan tingkat kekeruhan terhadap waktu sampling



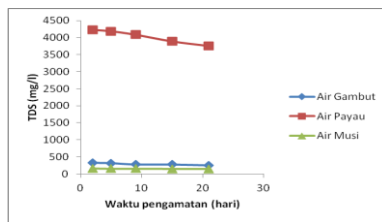
Gambar 9. Grafik hubungan penurunan tingkat kekeruhan

Kemampuan membrane untuk menurunkan tingkat kekeruhan dalam hal ini tergantung sifat selektifitas dan permeabilitas membrane. Membran polysulfon memiliki tingkat selektifitas (rejeksi) sangat tinggi terhadap penurunan tingkat kekeruhan. Kekeruhan pada air baku disebabkan adanya kandungan partikel padat yang larut didalam air terutama adanya senyawa organik yang juga dapat menimbulkan bau tidak sedap pada air baku. Berdasarkan hasil analisa awal air baku yang dilakukan selama sampling (gambut dan musi) rata-rata memiliki kekeruhan 41, 77 Pt-Co. Tingkat kekeruhan dari air baku tersebut melebihi batas stadandar yaitu 5. Setelah melalui proses treatment parameter kekeruhan turun menjadi rata-rata 6,50 Pt-Co (efisiensi mencapai 90,76%). Hasil analisa parameter kekeruhan masih berada diatas ambang batas (5), oleh karena membrane ultrafiltrasi hanya mampu menurunkan partikel kandungan oorganik berukuran dibawah 0,001  $\mu m$  (Wenten, I.G, 2010), sedangkan ukuran partikel organik bisa mencapai 0,001 $\mu m$ . Untuk air payau berdasarkan hasil sampling yang dilakukan selama 5 kali pengamatan diperoleh kandungan awal tingkat kekeruhan rata-rata mencapai diatas 35 Pt-Co. Setelah dilakukan proses treatment tingkat kekeruhan dari air payau turun rata-rata 21 Pt-Co (Efisiensi hanya 43%). Bila dilihat dari penurunan tersebut air payau olaha belum memenuhi stnadar air barsuih yang dizinkan (5). Kekeruhan air payau disebabkan adanya parameter kandungan zat padat terlarut yang cukup tinggi sehingga diperlukan perancangan khusus untuk menurunkan tingkat kekeruhan. Filter zeolit serta mangan dalam hal ini hanya mampu menurunkan tingkat



kekeruhan dari air payau mencapai  $\pm 20$  %, hal ini karena tingginya kandungan chloride yang sulit teroksidasi oleh ion besi ataupun mangan pada saat penyaringan.

#### 4. Penurunan Konsentrasi Padatan Terlarut (TDS)



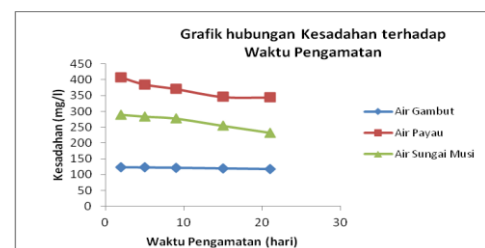
Gambar 10 Grafik hubungan penurunan kandungan zat padat terlarut (TDS) terhadap waktu pengamatan (sampling)

Penurunan kandungan TDS dapat dilihat pada gambar 10. Total padatan zat terlarut merupakan besarnya jumlah kandungan zat terlarut (organik dan anorganik) didalam setiap mg/l air baku. Besarnya kandungan TDS untuk setiap air baku tidaklah sama. Air Payau memiliki kandungan TDS yang sangat tinggi karena banyak partikel organik atau anorganik (garam) yang larut didalam air baku tersebut. Tingginya kandungan TDS mengakibatkan air tersebut tidak layak dikonsumsi. Kandungan awal TDS untuk air baku gambut dan air musu rata-rata mencapai 438,9 Mg/l, melihat harga tersebut masih berada dibawah ambang batas dari air bersih yang distandarkan oleh DEPKES. Dari gambar 6.9 terlihat hasil treatment untuk kandungan TDS setiap sampling turun rata-rata mencapai 215,6 mg/l setelah melalui filter zeolit, kandungan TDS turun rata-rata untuk selama sampling mencapai 153 mg/l, jauh berada dibawah standar baku mutu. Turunnya TDS disebabkan membran memiliki sifat selektifitas yang sangat tinggi sehingga tidak melewatkan partikel-partikel organik (garam) melalui pori membran (Degremont, 1999). Semua partikel

padat akan tertahan pada permukaan membran yang mengakibatkan rejeksi meningkat (86,81%). Pada air payau kandungan rata-rata total padatan terlarut selama sampling adalah 5019,11 mg/l. Unit pretreatment yang ada hanya mampu menurunkan kandungan TDS menjadi rata-rata untuk setiap samplingnya 4768,33 mg/l (turun hanya mencapai 29,2%). Penurunan yang kecil ini disebabkan unit pretreatment yang tersedia tidak dirancang untuk menyaring ion-ion tetapi untuk menyaring bahan tersuspensi dan terlarut. TDS ini dapat tersaring hanya melalui unit perancangan membran secara osmosa balik.

#### 5. Penurunan Tingkat Kesadahan

Kesadahan air baku dapat menyebabkan air tersebut tidak layak konsumsi, sehingga perlu dilakukan proses serta treatment terhadap air tersebut sehingga memenuhi standar baku mutu air bersih. Kesadahan dapat disebabkan tingginya kandungan senyawa calcium carbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang berupa senyawa endapan yang dihasilkan akibat terjadinya reaksi oksidasi ion mangan (Mn). Grafik penurunan kesadahan dari air olahan dapat dilihat pada gambar 11.

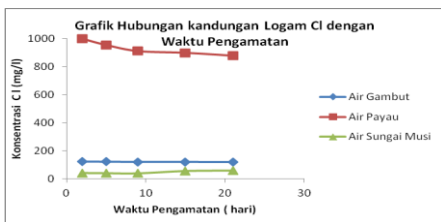


Gambar 11. Grafik Tingkat penurunan kesadahan terhadap waktu pengamatan (sampling)

Berdasarkan hasil analisa awal, kandungan kesadahan pada air baku cukup tinggi yaitu rata-rata hasil sampling diperoleh kandungan kesadahan untuk air gambut 492,10 mg/l, sedangkan air musu 905

mg/l. Bila dilihat dari harga tersebut khususnya untuk air musi tingkat kesadahan jauh berada diatas ambang batas dari standar yang diperbolehkan menurut DEPKES yaitu 500. Setelah melalui proses pengolahan tingkat kesadahan turun rata mencapai 121,5 mg/l untuk air gambut dan 243,56 mg/l (effisiensi 89,5%). Filter mangan dan mangan zeolit berfungsi dapat mereduksi kandungan senyawa organik yang terdapat didalam air baku sehingga kesadahan berkurang. Begitu juga membran ultrafiltrasi dapat menurunkan kandungan organik mencapai 88,9%, sehingga air hasil olahan memenuhi standar maksimal yang diperbolehkan (500).

**6. Penurunan kandungan Chlorida**



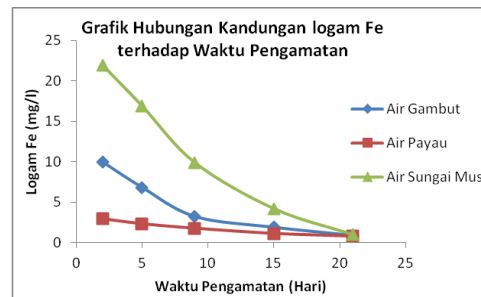
Gambar 12. Grafik penurunan kandungan Cl terhadap waktu pengamatan (sampling)

Berdasarkan hasil analisa bahwa kandungan rata-rata ion khlorida dari air baku (gambut dan musi) selama sampling adalah 252,3 mg/g dan 381,67 mg/l. Setelah melalui proses pengolahan dengan menggunakan membran ultrafiltrasi (gambar 12) kandungan Chlorida dari masing-masing air olahan turun rata-rata mencapai 224,54 mg/l untuk air gambut dan 47,84 mg/l untuk air payau atau turun rata-rata sekitar 79,5%. Air olahan yang dihasilkan berada dibawah standar baku mutu air bersih yaitu 250. Namun untuk air payau, dari kandungan awal rata-rata 1187,56 mg/l hanya mampu turun rata-rata selama sampling setelah melewati membran mencapai 998,76 mg/l atau sekitar 21,5 %, hal ini dikarena membran ultrafiltrasi tidak dapat menahan ion-ion

Cl yang terkandung didalam air payau yang memiliki ukuran diameter lebih kecil dari diameter media yang memiliki ukuran pori 0,0014 µm. Sebaiknya untuk menurunkan kandungan ion chlorida yang cukup tinggi alat dirancang sedemikian rupa dan dapat menahan ion Cl yang memiliki ukuran ion diatas 0,0001 µm.

**5. Penurunan kandungan besi (Fe) dan Mangan (Mn)**

Penurunan kandungan logam Fe dan Mn dapat dilihat pada gambar 13 dan 14.



Gambar 13. Grafik penurunan kandungan logam Fe terhadap waktu pengmatan (sampling)

Hasil analisa awal menunjukkan kandungan rata-rata logam sebelum pengolahan 13, 985 mg/l. Dari gambar tersebut terlihat penurunan rata-rata kandungan logam Fe setelah treatment selama sampling untuk air gambut dan air musi adalah 3,41 mg/l dan 5,21 mg/l . Bila dihat dari harga tersebut maka penurunan kandungan Fe masih belum memenuhi standar mutu yang diperbolehkan yaitu 0,3. Hal ini disebabkan tingginya kandungan Fe dari air baku sebelum dilakukan pengolahan. Membran ultrafiltrasi hanya mampu menurunkan kandungan Fe sebesar rata-ra 86,7 %. Membran polysulfon yang digunakan untuk menyaring logam Fe memiliki sifat selektifitas rendah karena ion logam mudah sekali menyumbat pori membran yang menyebabkan terjadinya polarisasi (*Fouling*) pada permukaan membran

(Wenten, I.G, 2009). Logam besi merupakan jenis logam berat yang menyebabkan air baku berwarna coklat. Pada musim kemarau kandungan Fe dari air baku lebih tinggi, karena besi merupakan logam yang dihasilkan dari kontaminasi atau pencemaran oleh limbah ataupun air buangan industri di dalam air umumnya dalam bentuk terlarut sebagai senyawa garam ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ) atau garam ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ); tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter  $< 1$  mm) atau lebih besar seperti,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ; dan bergabung dengan zat system atau zat padat yang anorganik (seperti tanah liat dan partikel halus terdispersi). Pada air payau berdasarkan hasil analisa untuk setiap sampling diperoleh penurunan rata-rata mencapai 92 % yaitu dari kandungan awal rata-rata 2,37 mg/l menjadi rata-rata 0,12 mg/l, sehingga air hasil olahan memenuhi standar yang dipebolehkan oleh Depkes.

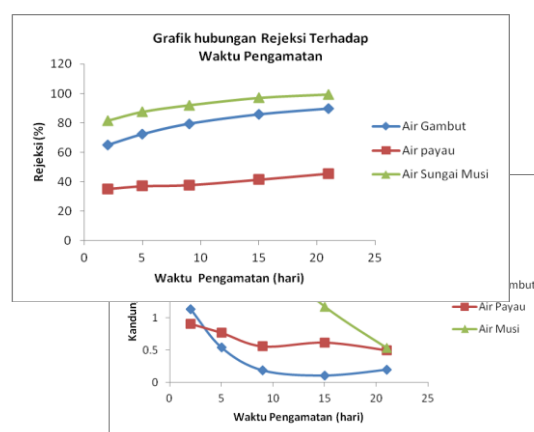
Penurunan kandungan Mn terhadap waktu sampling dapat dilihat pada gambar 14. Dari gambar tersebut terlihat terjadi penurunan kandungan logam Mangan (Mn) rata-rata selama sampling mencapai 0,18 mg/l (efisiensi 96%) dari kandungan awal rata-rata. Kandungan Mn yang terdapat pada air gambut, payau dan musi tidak begitu tinggi, sehingga filter mangan zeolit yang terdapat pada tabung FRP dapat menurunkan kandungan logam Mn yang ada dalam air baku. Oleh karena itu di dalam system pengolahan air, senyawa mangan lebih mudah dioksidasi menjadi senyawa yang memiliki valensi yang lebih tinggi yang tidak larut dalam air sehingga dapat dengan mudah dipisahkan secara fisik. Membran dalam hal ini dapat menurunkan kandungan ion Mn lebih besar bila dibandingkan dengan ion Fe, hal ini dikarena partikel logam Mn memiliki ukuran lebih besar dari membrane ultrafiltrasi, sehingga

logam Mn banyak tertahan pada permukaan membrane sehingga rejeksipun tinggi. Kandungan logam Mn yang dihasilkan dari pengolahan air payau memenuhi standar baku mutu yang diizinkan oleh Depkes.

Gambar 14. Grafik Hubungan penurunan kandungan logam Mn terhadap waktu sampling

### Hasil rata-rata tingkat kemurnian produk

Hasil rata-rata tingkat kemurnian produk dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Grafik tingkat kemurnian produk terhadap waktu sampling

Gambar diatas terlihat tingkat kemurnian produk sedikit meningkat setiap kali sampling namun tidak terlalu besar. Untuk air umpan gambut kemurnian hasil yang diperoleh rata-rata mencapai 77,8 %, sehingga parameter parameter (pH, warna, kekeruhan, kesadahan, TDS, Fe dan Mn) memenuhi standar buku mutu air bersih, namun penurunan rata-rata masih relative rendah. Untuk air payau, tingkat kemurnian hasil mencapai rata-rata 42,5%, dimana ada beberapa parameter yang dihasilkan belum memenuhi standar baku mutu air bersih seperti kandungan Cl dan TDS yang dihasilkan masih cukup besar, hal ini

disebabkan alat yang dirancang tidak dikhususkan untuk menyaring ion Cl serta TDS yang terlampaui besar. Air hasil olahan untuk air musui diperoleh kemurnian produk rata-rata mencapai diatas 90%, ini lebih tinggi bila dibandingkan air gambut ataupun air payau. Namun kandungan Fe yang terdapat dalam air olahan masih belum memenuhi standar, sedangkan parameter lainnya warna, kekeruhan, kesadahan, TDS serta kandungan Mn penurunan rata-rata melebihi parameter dari air payau dan gambut, sehingga hasil analisa menunjukkan bahwa air olahan dari air baku sungai musui layak dikonsumsi sebagai air bersih ataupun air minum (secara osmosis balik).

#### **Air olahan sungai musui sebagai air Minum**

Hasil analisa menunjukkan bahwa membrane ultrafiltrasi dengan ukuran pori 0,0014  $\mu\text{m}$ , hanya mampu mengolah air baku menjadi air bersih. Hal ini juga disebabkan masih tinggi kandungan Fe (rata-rata penurunan mencapai 3,41 mg/l untuk air sungai musui (standar 0,3 mg/l). Namun dilihat harga tersebut masih batas normal. Tingginya kadar Fe ditandai dengan warna air kecoklatan, namun kandungan besi ini akan turun sampai batas normal apabila dilakukan treatment sebagai air minum dengan pori membran yang relative kecil (0,000 $\mu\text{m}$ ). Osmosis balik adalah merupakan solusi yang paling tepat untuk memproses air bersih tersebut sebagai air minum yang juga dapat menurunkan kandungan garam atau ion Cl serta TDS (air payau) sampai batas normal. Tabel dibawah ini merupakan hasil analisa air minum dari air olahan sungai musui.

Parameter	Satuan	Air baku (sungai musui)	Tandar air minum yang diperbolehkan*	Air olahan membran ultrafiltrasi
pH	-	5,21	6,5 – 7,5	6,12
warna	Pt-co	Kuning kecoklatan	Tidak berwarna	Tidak berwarna
kekeruhan	NTU	47,7	5	1,89
TDS	Mg/l	438,9	250	3,55
Kesadahan	Mg/l	905	200	4,040
Cl	Mg/l	381,67	250	1,330
Fe	Mg/l	42,60	0,3	0,197
Mn	Mg/l	2,91	0,4	0,056
Cu	Mg/l	55,99	2,0	0,143
Amonia	Mg/l	112,33	1,5	1,023
Zn	Mg/l	13,77	3,0	0,156

#### **4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan maka dapatlah ditarik kesimpulan; instalasi air bersih menggunakan teknologi membran lebih ekonomis bila dibandingkan dengan metoda conventional. Unit pengolahan air bersih dan air minum yang telah dirancang dapat diterapkan untuk kebutuhan masyarakat sebagai teknologi tepat guna khususnya didaerah terpencil, pedesaan, industry dan laboratorium. Instalasi air bresih menggunakan membrane ultrafiltrasi dengan air baku sungai Musui mampu menurunkan parameter mencapai 80 – 90% dan dapat digunakan sebagai air baku olahan untuk memproduksi air minum. Pengolahan Air baku berupa air payau mampu menurunkan kandungan parameter hanya mencapai 32,6 % , sedangkan gambut mecapai 77,8 %.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Fane, A.G. 1995. An Introduction to Membrane Process by Assoc. Proceedings of The Fourth ASEAN, Workshop on Membranes Technology, Thailand.
- Hartomo, A.J. 1980. Teknologi Membran Pemurnian Air, Yogyakarta.

- Jitsuhara, S dan S. Kimura. 1998. Analysis of Solut Rejection in Ultrafiltration, Journal Eng. Japan.
- Jitsuhara, S, 2001, Characterization Membrane in Ultrafiltration, Journal membrane Science, Elsevier.
- Kesting, R.E. 1997. Synthetic Polymeric Membranes. Mc Graw-Hill, Co. New York.
- Kimura, S. 1998. Characterization of Ultrafiltration Membranes. Journal Polymer Science 23. 389, Japan.
- Levebre, M.S dan A.G. Fane, 1979. Permeability Parameter of Polyamide Membrane, Proceedings A.C.S. Symposium on Ultrafiltration.
- Mulder, M. 1991. Basic Principle of Membrane Technology. Kluwer Academic Publition. Netherland.
- Praptowidodo, V.S, 2002, Perancangan Alat Penjernih Air dan limbah Menggunakan Membran Cellulose Asetat dengan Konfigurasi Aliran Silang (*cross flow*) secara Ultrafiltrasi, ITB, Bandung.
- Radiman, C, 1997, Pembuatan Membran Polysulfon dan Penggunaannya Untuk Penjernihan Air Keruh, MIFA Kimia ITB, Bandung.
- Rautenbach, R dan R. Albrecht. 1989. Membrane processes. John Wiley & Sons Ltd. London.
- Yulianti, S, 2002, Pembuatan Membran Poliamid Untuk Pengoalhan Air Payau dan Gambut Secara Ultrafiltrasi, Hibah Bersaing, DIKTI Jakarta.
- Yulianti, S, 2004, Rancang Bangun Alat Air payau dan gambut Menggunakan Membran secara Ultrafiltrasi Dengan Konfigurasi Aliran *Dead End*, Dosen Muda, Dikti, Jakarta.
- Yulianti, S, 2007, Pembuatan membrane Polysulfon Serat Berongga (Hollow Fiber) Untuk Penurunan Kandungan Zat Warna dari Limbah Cair Industri Tekstil, Hibah Bersaing, Dikti, Jakarta
- Yulianti, S, 2009, Pembuatan Membran Polimer Berbasis polysulfon Untuk Penjernihan Air Gambut dan Payau Secara Osmosa Balik, Hibah Bersaing, Dikti, jakarta
- Wenten, I.G, 2002, Penentuan Fluks dan Rejeksi pada Proses Pengolahan Air Keruh dengan Membran Polysulfon serat berongga, ITB, Bandung