



## STUDI TEKNOLOGI MEMBRAN MIKRO UNTUK PEMURNIAN AIR UMPAN *BOILER* DIPUSAT PENGUMPUL PRODUKSI (PPP) PERTAMINA EP ASSET 2 *FIELD* PRABUMULIH

Aan Safentri<sup>1)</sup>, Husnah<sup>2)</sup>, Fahron Habib<sup>3)</sup>

<sup>1,2)</sup>Dosen Program Studi Teknik Kimia Universitas PGRI Palembang

<sup>3)</sup>Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas PGRI Palembang

email : husnahpgri2@gmail.com

email: aanseventri@yahoo.co.id

email: fahronhabib@gmail.com

### ABSTRAK

Salah satu metode yang digunakan dalam pemurnian air umpan *boiler* adalah metode teknologi membran mikro. Membran separasi yaitu suatu teknik pemisahan campuran dua atau lebih komponen dengan bantuan tekanan dan selaput semi-permeabel. Proses pemisahan dengan membran berdasarkan perbedaan sifat fisik dan kimia dari membran serta komponen yang dipisahkan. Komponen-komponen akan terpisah berdasarkan ukuran dan bentuknya. Penelitian ini dilakukan dengan metode perancangan alat membran mikro dan uji laboratorium sampel air umpan *boiler* sebelum menggunakan membran mikro dan setelah menggunakan membran mikro. Penelitian ini mengacu pada standar baku yang ditetapkan oleh Chemtreat,inc. Dari hasil data uji sampel di laboratorium diperoleh data awal untuk air sungai modong TDS/TS 47,600 Mg/L , Kekeruhan 41,100 NTU , Salinitas 0,050 ‰ , TSS 0,300 Mg/L , Suhu 22,700C , Besi (Fe) 158,321 µg/L , kesadahan total 41,41 Mg/L , pH 6,71. Untuk air WTP TDS/TS 75,1 Mg/L , Kekeruhan 29,100 NTU , Salinitas 0,070 ‰ , TSS 0,200 Mg/L , Suhu 22,800C , Besi (Fe) 61,744 µg/L , kesadahan total 24,000 Mg/L , pH 6,50.3. Sedangkan hasil data uji sampel setelah air umpan boiler menggunakan membran mikro yaitu TDS/TS 75,900 Mg/L , Kekeruhan 1,890 NTU , Salinitas 0,070 ‰ , TSS 0,600 Mg/L , konduktivitas (DHL) 160,200 µS , Besi (Fe) 51,860 µg/L , kesadahan total 48,480 Mg/L , pH 6,73.

Kata Kunci:Membran Mikro, Studi Teknologi Membran Mikro.

### PENDAHULUAN

Di Pusat Pengumpul Produksi Pertamina EP Asset 2 Field Prabumulih Terdapat dua boiler yang dioperasikan secara berkala. Kedua *boiler* ini merupakan *boiler* tipe pipa api (*fire tube boiler*). Dalam proses operasinya, kedua *boiler* ini akan merubah air umpan *boiler* yang berasal dari *Water treatment plant* (WTP) menjadi uap *steam*. Air umpan *boiler* yang berasal dari *water Treatment Plant* (WTP) merupakan air sungai yang diperoleh dari Sungai Modong Kecamatan Lembak Kabupaten Muara Enim. S

Air umpan *boiler* yang digunakan masih mengandung mineral-mineral atau garam-garam (biasanya berupa garam bikarbonat, klorida, sulfat, nitrat, kalsium sulfat, karbonat, dan silikat) yang bisa menyebabkan pengendapan, korosi, *carry over*, dan terbentuknya kerak di dalam *boiler*. Selain masalah

pada air umpan *boiler*, terdapat juga beberapa masalah yang terjadi pada peralatan boiler, diantaranya terjadinya penyumbatan pada *tube sigh glass*, *level sigh glass* sering terjadi pengkaratan pada dinding bagian dalam, terjadinya panas yang berlebih saat *boiler* dimatikan yang menyebabkan butuh waktu pendinginan yang lama pada boiler untuk bisa dioperasikan kembali, adanya deposit atau endapan yang keluar saat *boiler* di *blowdown*, terdapat kerak pada pipa alir steam ke tanki *crude oil*.

Untuk mengurangi masalah-masalah pada sistem boiler yang dapat disebabkan oleh air umpan boiler di Pusat Pengumpul Produksi (PPP) Pertamina EP Asset 2 *Field* Prabumulih ini, maka air untuk umpan *boiler* harus dilakukan pengolahan air (*water treatment*). Salah satu metode yang digunakan dalam permurnian air umpan boiler pada penelitian ini adalah metode teknologi membran mikro.

Prinsip kerja dari sistem membran ini adalah untuk mengubah air umpan *boiler* yang mengandung berbagai mineral yang tidak diinginkan serta mikroorganisme yang dapat mengganggu stabilitas air. Sebelum masuk ke membran mikro, air akan melewati berbagai proses. Urutan proses yang sistematis di yakini mampu untuk mendapatkan air umpan boiler yang memenuhi standard baku penggunaan air umpan *boiler*.

Sifat selektif dari membran ini dapat digunakan dalam proses pemisahan. Teknologi pemisahan dengan menggunakan membran senantiasa berkembang, karena teknologi membran memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan teknologi pemisahan konvensional lain. Keunggulan teknologi membran yaitu aplikasinya yang cukup sederhana dan bersifat ramah lingkungan. Pemakaian membran pada industri misalnya untuk pengolahan air bersih, pengolahan limbah, energi, pemisahan bahan organik, kesehatan dan medis (Mulder, 1996).

## TINJAUAN PUSTAKA

*Boiler* adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau steam. Air panas atau steam pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Jika air dididihkan sampai menjadi steam, volumenya akan meningkat sekitar 1.600 kali, menghasilkan tenaga yang menyerupai bubuk mesiu yang mudah meledak, sehingga boiler merupakan peralatan yang harus dikelola dan dijaga dengan sangat baik (Muhriyah Fatimura, 2015).

Sistem air umpan boiler (*boiler feed water*) harus memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan agar tidak menimbulkan masalah-masalah pada pengoperasian boiler. Air tersebut harus bebas dari mineral-mineral yang tidak diinginkan serta pengotor-pengotor lainnya yang dapat menurunkan efisiensi kerja dari *boiler*. Air yang disuplai ke *boiler* untuk dirubah menjadi *steam* disebut air umpan (Muhriyah Fatimura, 2015).

Suatu *boiler* atau pembangkit uap yang dioperasikan tanpa kondisi air yang baik, cepat atau lambat akan menimbulkan masalah-masalah yang berkaitan dengan kinerja dan kualitas dari sistem pembangkit uap. Banyak masalah-masalah yang ditimbulkan akibat dari kurangnya penanganan dan perhatian khusus terhadap penggunaan air umpan *boiler*. Akibat dari kurangnya penanganan terhadap air umpan *boiler* akan menimbulkan masalah-masalah sebagai berikut (Muhriyah Fatimura, 2015).

- a. Pembentukan kerak
- b. Peristiwa korosi
- c. Pembentukan deposit
- d. Terjadinya terbawanya uap (*steam carry over*)

Ada beberapa cara yang dilakukan untuk mengolah air umpan *boiler*. Tergantung dengan tujuan dari pengolahan air umpan tersebut. Salah satu pengolahan eksternal air umpan *boiler* adalah menggunakan metode membran mikro.

**Tabel 1. Baku Mutu Air Umpan Boiler**

| Parameter        | Satuan   | Ukuran                       |
|------------------|----------|------------------------------|
| pH               | unit     | 10,5-11,5                    |
| Conductivity     | μmhos/cm | 5000, max                    |
| TDS              | ppm      | 3500, max                    |
| P-Alkalinity     | ppm      | -                            |
| M-Alkalinity     | ppm      | 800, max                     |
| O-Alkalinity     | ppm      | 2,5 x SiO <sub>2</sub> , min |
| T Hardness       | ppm      | -                            |
| Silika           | ppm      | 150, max                     |
| Besi             | ppm      | 2, max                       |
| Phospat residual | ppm      |                              |
| Sulfite residual | ppm      | 20-50                        |
| pH condensate    | unit     | 8,0-9,0                      |

(Sumber : Chemtreat.inc:Muhrinsyah Fatimura,2015)

**Tabel 2. Standar ASME Untuk Water Tube Boiler Untuk Reliable Continuous Operation Berdasarkan Tekanan di Drum Boiler.**

| <i>Boiler Feed Water</i>      |                  |                    |  |
|-------------------------------|------------------|--------------------|--|
| <i>Drum pressure</i><br>(psi) | Besi (Fe)<br>Ppm | Copper (Cu)<br>Ppm | Total Hardness (CaCO <sub>3</sub> )<br>ppm |
| 0-300                         | 0.1              | 0.05               | 0.3  |
| 301-450                       | 0.05             | 0.025              | 0.3  |
| 451-600                       | 0.03             | 0.02               | 0.2  |
| 601-750                       | 0.025            | 0.02               | 0.2  |
| 751-900                       | 0.02             | 0.015              | 0.1  |
| 901-1000                      | 0.02             | 0.015              | 0.05                                       |
| 1001-1500                     | 0.01             | 0.01               | 0.0  |
| 1501-2000                     | 0.01             | 0.01               | 0.0  |

(Sumber: Altret Performance Chemicals Gujarat Pvt.Ltd:Muhrinsyah Fatimura,2015)

Membran berasal dari bahasa Latin “membrana” yang berarti kulit kertas. Saat ini kata “membran” telah diperluas untuk menggambarkan suatu lembaran tipis fleksibel atau film, bertindak sebagai pemisah selektif antara dua fase karena bersifat semi permeabel.

(Kesting, RE, 1971) mendefinisikan membran sebagai suatu media berpori, berbentuk film tipis, bersifat semipermeabel yang berfungsi untuk memisahkan partikel dengan ukuran molekuler (spesi) dalam

suatu sistem larutan. Spesi yang memiliki ukuran yang lebih besar dari pori membran akan tertahan sedangkan spesi dengan ukuran yang lebih kecil dari pori membran akan lolos menembus pori membran.

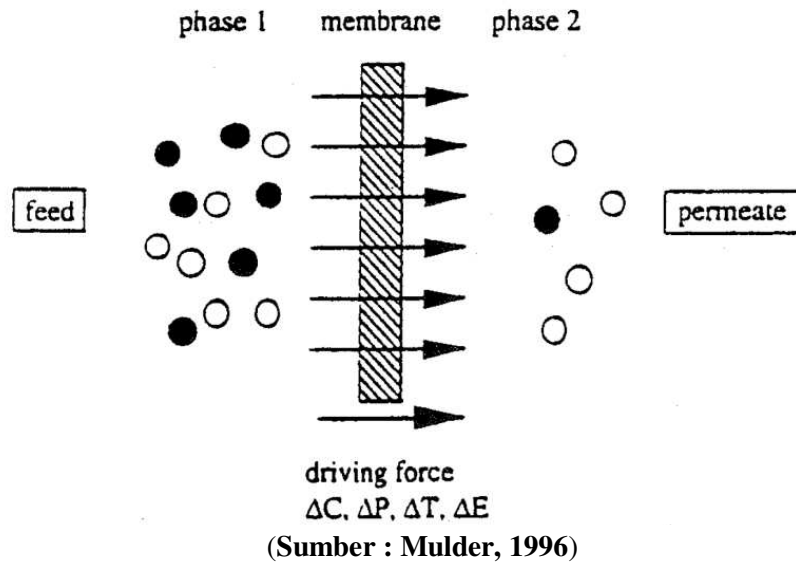
Membran yang digunakan dalam pemisahan molekul dapat diklasifikasikan berdasarkan morfologi, kerapatan pori, fungsi, struktur, dan bentuknya.

1. Berdasarkan Morfologinya
  - a. Membran Asimetrik
  - b. Membran Simetrik
2. Berdasarkan Bahan Yang Digunakan
  - a. Membran Polimer
  - b. Membran Anorganik
  - c. Membran Biologi
3. Berdasarkan Kerapatan Pori
  - a. Membran rapat (Membran tak berpori)
  - b. Membran berpori
4. Berdasarkan Fungsinya
  - a. Reverse Osmosis
  - b. Ultrafiltrasi
  - c. Mikrofiltrasi
  - d. Dialisa
  - e. Elektrodialisa
  - f. Pervaporasi
5. Berdasarkan Strukturnya
  - a. Membran Homogen
  - b. Membran Heterogen
6. Berdasarkan Bentuknya
  - a. Membran Datar
  - b. Membran spiral
  - c. Membran Tubular

Untuk memahami proses pemisahan dengan membran, akan ditentukan karakteristik membran yang dalam hubungannya dengan sifat dan struktur membran seperti kandungan air, ukuran pori, jumlah pori, luas membran, dan ketebalan membran.

1. Kandungan Air
2. Ukuran dan Jumlah pori
3. Ketebalan Membran
4. Luas Membran

Proses Pemisahan dengan menggunakan media membran dapat terjadi karena membran mempunyai sifat selektifitas yaitu kemampuan untuk memisahkan suatu partikel dari campurannya. Hal ini dikarenakan partikel memiliki ukuran lebih besar dari pori membran. Untuk lebih jelasnya mengenai proses pemisahan dengan menggunakan membran dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. Skema Pemisahan Dengan Membran

*Upstream* merupakan sisi umpan terdiri dari bermacam-macam molekul (komponen) yang akan dipisahkan, sedangkan *downstream* adalah sisi permeat yang merupakan hasil pemisahan. Pemisahan terjadi karena adanya gaya dorong (*driving force*) sehingga molekul-molekul berdifusi melalui membran yang disebabkan adanya perbedaan tekanan ( $\Delta P$ ), perbedaan konsentrasi ( $\Delta C$ ), perbedaan energi ( $\Delta E$ ), perbedaan temperature ( $\Delta T$ ).

Faktor-faktor yang berpengaruh dalam proses pemisahan dengan membran meliputi :

- Interaksi membran dengan larutan
- Tekanan
- Temperatur, dan
- Konsentrasi polarisasi

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode perancangan alat membran mikro dan uji laboratorium sample air umpan *boiler* sebelum menggunakan membran mikro dan setelah menggunakan membran mikro. Penelitian sampel air umpan *boiler* ini mengacu pada standar baku yang ditetapkan oleh Chemtreat.inc, tetapi tidak semua parameter diuji. Parameter yang diuji hanya parameter pH, TDS/TSS, kesadahan total dan kandungan besi (Fe).

Tempat penelitian ini akan dilaksanakan di:

- Pusat Pengumpul Produksi (PPP) Pertamina EP Asset 2 Field Prabumulih.
- Balai Besar Laboratorium Kesehatan (BBLK) Palembang.
- Universitas PGRI Palembang.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

- Housing filter* membran mikro ukuran 10 inch 4 pcs. *Housing Filter* merupakan rumah *catridge filter* (katrid). *Housing filter* memiliki drat input output 1/2 inch. Tiap *housing filter* memiliki dimensi ukuran: Panjang 10 cm X Lebar 10 cm X Tinggi 26 cm, Volume 204 gram tiap housing.

2. Membran selulosa bentuk spiral ukuran 10 inch 3 pcs dengan kerapatan pori 0.5 mikron, 0.3 mikron dan 0.1 mikron. Material 100% Polypropylene, memiliki dimensi ukuran: Panjang 7 cm X Lebar 7 cm X Tinggi 25 cm, Volume 166 gram tiap cartridge filter membran.
3. Filter karbon aktif ukuran 10 inch 1 pcs. Bahan dari *Carbon actived (Coconut)*, memiliki dimensi ukuran: Panjang 7 cm X Lebar 7 cm X Tinggi 25 cm, Volume 204 gram tiap cartridge filter karbon aktif.
4. Bracket & kunci housing filter.
5. Pipa PVC ½ inch ± 2 meter.
6. Shock drat luar (SDL) pipa PVC ukuran ½ inchi 8 pcs .
7. Elbow pipa PVC ukuran ½ inch 1 pcs.
8. Lem pipa PVC.
9. Wadah sampel berukuran 2 L 3 pcs.
10. *Seal tape*
11. Amplas pipa PVC
12. Gergaji Pemotong pipa PVC
13. Tali ikat doublet

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air umpan *boiler* yang ada didalam tanki penampung air umpan *boiler*. Air ini berasal dari sungai modong yang terlebih dahulu sudah diolah di *Water treatment plant (WTP)*.

#### **Prosedur Merangkai Alat Membran Mikro**

1. Persiapkan semua alat instalasi membran mikro.
2. Potong pipa PVC menjadi 5 bagian dengan panjang masing-masing 10 cm.
3. Amplas kedua ujung pipa PVC yang telah dipotong.
4. Pasang bracket housing ke katup housing.
5. Masukkan cartridge membran 0.5, 0.3, 0.1 serta cartridge karbon aktif kedalam housing filter kemudian tutup dengan katup housing selanjutnya kencangkan housing filter dengan kunci housing.
6. Hubungkan semua shock drat luar ke input dan output housing filter di katup housing filter.
7. Pipa yang telah diampas kemudian diberi lem pipa PVC dan selanjutnya hubungkan ke shock drat luar pipa PVC.
8. Langkah menghubungkan pipa ini dilakukan mulai dari input housing filter 0.5 mikron selanjutnya output housing membran 0.5 mikron.
9. *Housing filter* membran filter 0.5 mikron yang telah dihubungkan dengan pipa PVC selanjutnya dihubungkan ke input housing membran 0.3 mikron dan pasang pipa PVC ke output housing membran 0.3 mikron.
10. *Housing filter* membran filter 0.3 mikron yang telah dihubungkan dengan pipa PVC selanjutnya dihubungkan ke input housing membran 0.1 mikron dan pasang pipa PVC ke output housing membran 0.1 mikron.
11. *Housing filter* membran filter 0.1 mikron yang telah dihubungkan dengan pipa PVC selanjutnya dihubungkan ke input housing karbon aktif dan pasang pipa PVC ke output housing karbon aktif beserta elbow pipa PVC.
12. Rangkaian yang telah tersusun kemudian letakkan pada besi penyangga dengan cara mengikatkan bracket pada katup tiap-tiap housing filter dengan tali ikat doublet.

13. Setelah semua rangkaian terhubung, hubungkan input pada housing membran 0.5 mikron ke output filter pasir dengan menggunakan selang ukuran 1/2inch yang sudah terpasang pada keran output filter pasir.
14. Rangkaian alat yang telah terhubung dengan filter pasir siap digunakan untuk penelitian, gambar rangkaian dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



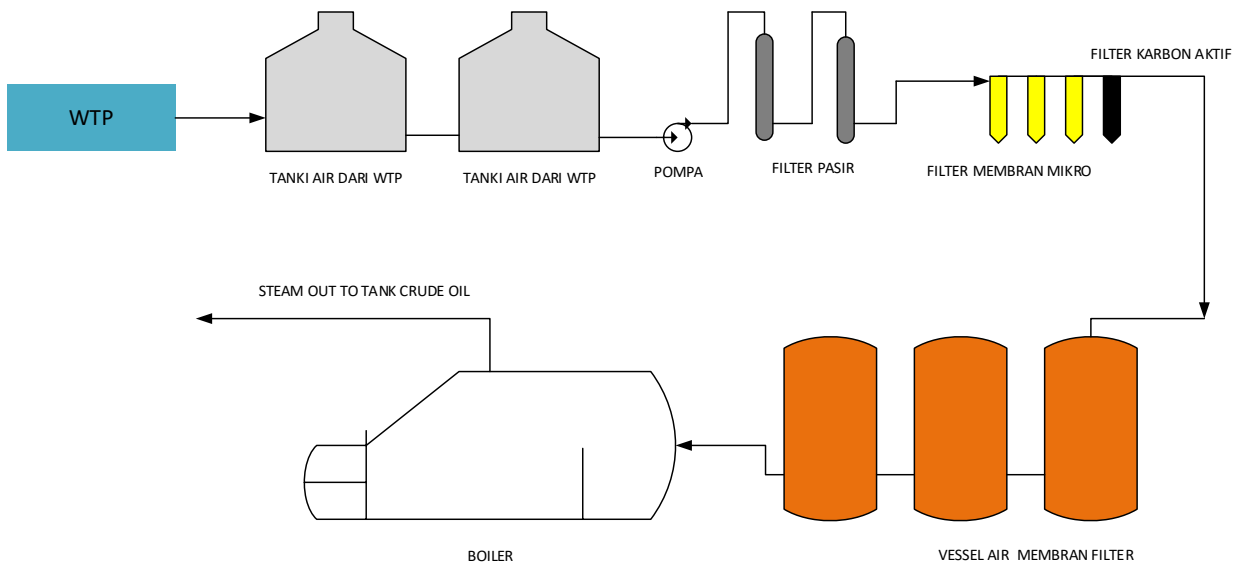
Gambar 2. Rangkaian alat filter membran mikro

### Prosedur Kerja Alat Membran Mikro

Secara umum penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu:

1. Saringan pasir cepat
2. Pengolahan lanjutan dengan membran mikro
3. Saringan karbon aktif

proses separasi air umpan boiler dengan membran mikro ditunjukkan dalam flow diagram dibawah ini:



Gambar 3. Flowchart Separasi Air Umpan Boiler Dengan Membran Mikro

### Prosedur Analisa Sampel

1. Analisa pH dengan metode SNI 06-6989.11-2004
2. Analisa TDS/TSS dengan metode Gravimetri/ Potensiometri
3. Analisa Kesadahan dengan metode SNI 06-6989.12.2004

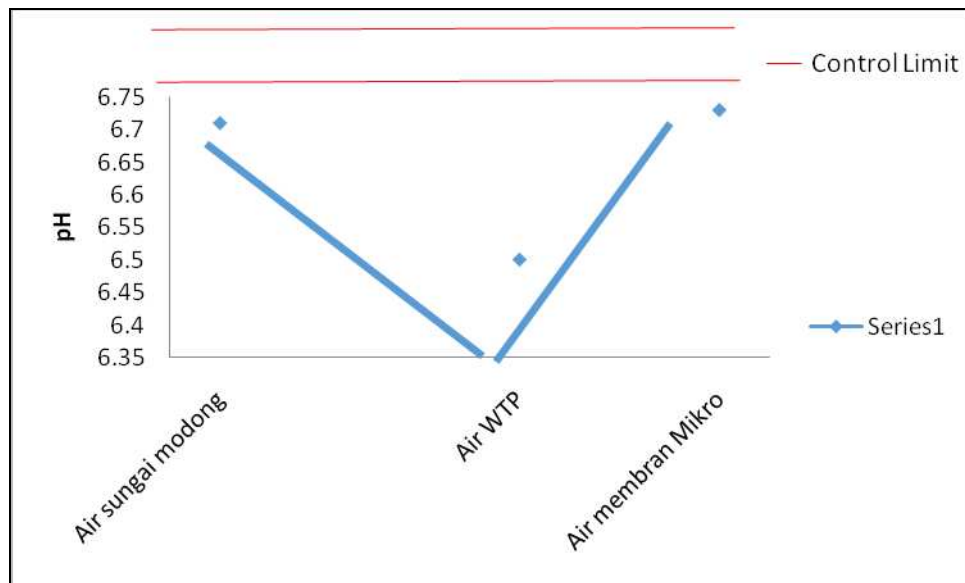
4. Analisa Besi (Fe) dengan metode APHA 3120 : 2017

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Tabel 5. Data Perbandingan Hasil Analisa Laboratorium Sampel Air Umpan Boiler Terhadap Standar Baku Chemtreat.inc**

| No | Parameter       | Sampel Air sungai Modong | Sampel Air WTP | Sampel Air Membran Mikro | Control Limit Chemtreat.inc |
|----|-----------------|--------------------------|----------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1  | pH              | 6,71                     | 6,50           | 6,73                     | 10,5-11,5                   |
| 2  | TDS (ppm)       | 47,600                   | 75,100         | 75,900                   | 3500,max                    |
| 3  | Kesadahan (ppm) | 41,100                   | 24,000         | 48,480                   | -,max                       |
| 4  | Besi (Fe) (ppm) | 158,321                  | 61,744         | 51,860                   | 2,max                       |

**Analisa pH**

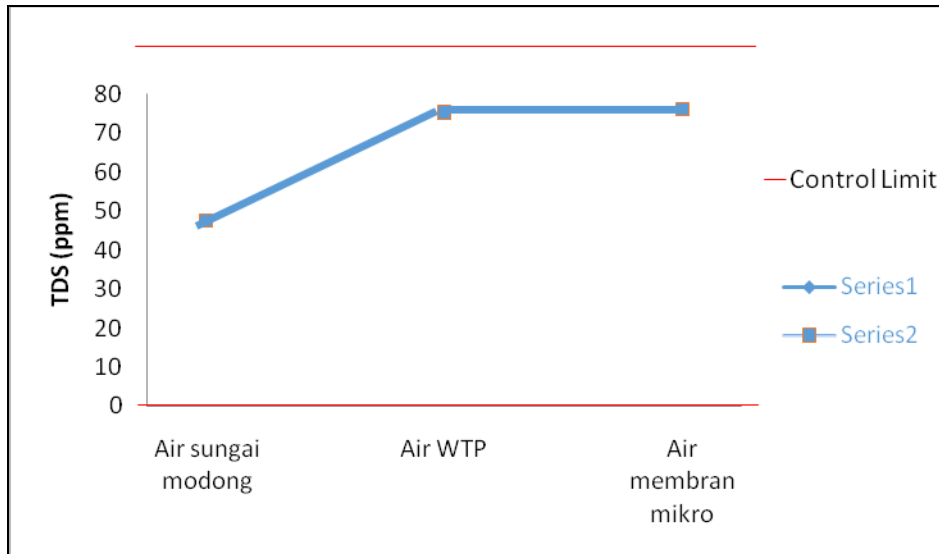


Gambar 4. Grafik analisa sampel air sungai modong, air WTP, air membran mikro Terhadap pH

Dari gambar 4 Grafik analisa sampel air sungai modong, air WTP, air membran mikro Terhadap pH didapatkan nilai pH Yang terukur masih dibawah standar yang di tetapkan Chemtreat.inc yaitu 10.5-11.5 .Bila pH di bawah atau di atas standar yang ditetapkan maka laju korosi semakin besar maka perlu di tambahkan alkali boster agar pH naik dan apabila pH diatas standar yang ditetapkan maka lakukan *blow down* supaya pH air turun (Muhriyah Fatimura:2016).



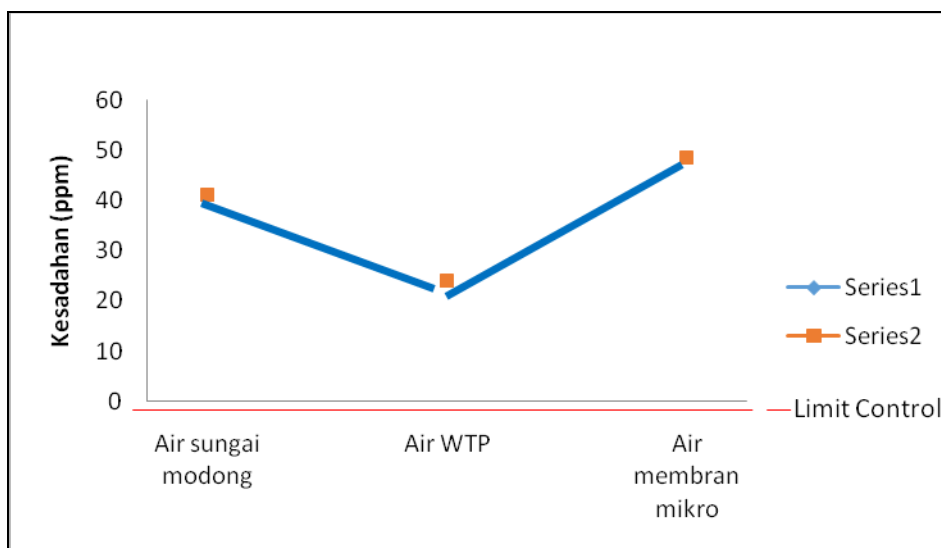
### Analisa TDS



Gambar 5. Grafik analisa sampel air sungai modong, air WTP, air membran mikro Terhadap nilai TDS

Pada parameter TDS di dapatkan data hasil analisa laboratorium rata-rata 47,6 ppm untuk air sungai modong, 75,1 ppm untuk air WTP dan 75,9 ppm untuk air membran mikro. Hasil ini sudah dapat dikatakan memenuhi standar air umpan boiler yang ditetapkan oleh Chemtreat.inc. Kadar TDS yang rendah dapat mengurangi pembentukan kerak, karena ini menandakan ion-ion terlarut sangat sedikit sehingga daya hantar panas pada pipa sangat baik, Bila parameter TDS berada diatas standar maka air boiler akan di blowdown.

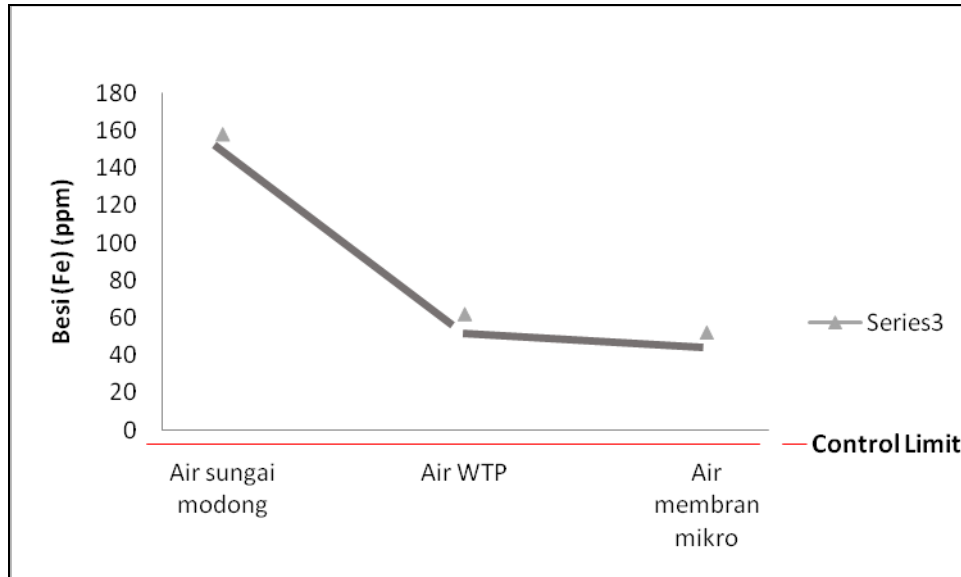
### Analisa Kesadahan



Gambar 6. Grafik analisa sampel air sungai modong, air WTP, air membran mikro Terhadap nilai kesadahan

Dari analisa sampel air sungai modong, air WTP, air membran mikro Terhadap kesadahan didapatkan nilai kesadahan Yang terukur masih dibawah standaryaitu 0 ppm . Kerugian yang dapat timbul akibat adanya kesadahan dalam air industri diantaranya adalah pembentukan kerak dalam ketel dan sistem pendingin .

### Analisa Besi (Fe)



Gambar 7. Grafik analisa sampel air sungai modong, air WTP, air membran mikro Terhadap nilai kandungan besi (Fe)

Pada analisa sampel air sungai modong, air WTP, air membran mikro terhadap nilai kandungan besi (Fe). Nilai kandungan besi (Fe) yang didapatkan masih melebihi standard, residu Fe yang melebihi batas yang ditetapkan dapat menyebabkan korosi pada boiler, penggunaan bahan kimia oxygen scavanger yang berfungsi mengikat oxygen yang lolos ke dalam boiler dengan menambahkan Natrium Sulfit sehingga tidak terjadi masalah korosi pada boiler karena Natrium Sulfit akan bereaksi dengan oksigen membentuk endapan Natrium sulfat (Muhriyah Fatimura, 2016).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### KESIMPULAN

Berdasarkan proses dan hasil penelitian maka dapat disimpulkan:

- Rancangan instalasi membran mikro dapat dirancang dengan cara yang sederhana dengan menghubungkan semua komponen alat yang ada kemudian dilem dengan lem pipa PVC, setelah semua alat dan komponen telah tersusun dapat dihubungkan dengan instalasi pra filter (filter pasir) selanjutnya peralatan instalasi bisa digunakan sebaik-baiknya untuk proses penelitian.
- Dari hasil data uji sampel di laboratorium diperoleh data awal untuk air sungai modong TDS/TS 47,600 Mg/L , Kekeruhan 41,100 NTU , Salinitas 0,050 ‰ , TSS 0,300 Mg/L , Suhu 22,70°C , Besi (Fe)

158,321 µg/L , kesadahan total 41,41 Mg/L , pH 6,71. Sedangkan untuk air WTP TDS/TS 75,1 Mg/L , Kekeruhan 29,100 NTU , Salinitas 0,070 ‰ , TSS 0,200 Mg/L , Suhu 22,80<sup>0</sup>C , Besi (Fe) 61,744 µg/L , kesadahan total 24,000 Mg/L , pH 6,50.

- Dari hasil data uji sampel di laboratorium diperoleh data setelah air umpan boiler menggunakan membran mikro yaitu TDS/TS 75,900 Mg/L , Kekeruhan 1,890 NTU , Salinitas 0,070 ‰ , TSS 0,600 Mg/L , konduktivitas (DHL) 160,200 µS , Besi (Fe) 51,860 µg/L , kesadahan total 48,480 Mg/L , pH 6,73.

#### **SARAN**

- Dari hasil uji laboratorium terhadap sampel air umpan *boiler*, perlu dilakukan treatment dan analisis lanjut terhadap baku mutu air umpan boiler sehingga dapat menghasilkan air umpan boiler yang memenuhi standar yang berlaku.
- Perlu diadakan penelitian lanjutan untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik lagi.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Kesting,R.E.1971.*Synthetic Polymeric Membranes*. NewYork: McGraw-HillBook Company.

Muhrinsyah Fatimura. 2015.Tinjauan Teoritis Permasalahan *Boiler Feed Water* Pada Pengoperasian Boiler Yang Dipergunakan Dalam Industri.Jurnal Media Teknik Universitas PGRI Palembang Volume 1,Palembang.

Muhrinsyah Fatimura. 2016.*Study Analisa Kualitas Air Boiler Menggunakan Standar American Society of Mechanical Engineers(ASME)*.Jurnal Redoks Universitas PGRI Palembang Volume 1,Palembang.

Mulder,N.1991.*Basic Princilple of Membrane Technology*. Kluwer Academic Publition. Netherland.