

## **Pengolahan Air Produk Reverse Osmosis Sebagai Umpan Boiler Dengan Menggunakan Ion exchange**

Abdul Malik Maulana, Ariyanto S. Widodo

Pembimbing : Ir. Kristinah Haryani, MT

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Kampus Tembalang – Semarang 50239

### **Abstrak**

Air merupakan penunjang yang digunakan pada setiap sektor industri seperti untuk air umpan boiler. Persyaratan air umpan boiler dapat ditinjau dari harga pH, konduktivitas, dan *Total Dissolved Solids* (TDS), sehingga air yang akan digunakan harus diolah terlebih dahulu. Salah satu alternatif pengolahan adalah dengan mengkombinasikan antara *reverse osmosis* dan *ion exchange*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi perbandingan resin terhadap pH, konduktivitas, dan *Total Dissolved Solids* (TDS) dari air produk. Peralatan yang digunakan adalah *reverse osmosis* dan *ion exchange*. Proses kombinasi *reverse osmosis* dan *ion exchange* ini dijalankan pada tekanan konstan 5 bar dan temperatur 30°C. Dari hasil analisa pada perbandingan 5:5 diperoleh perubahan nilai konduktivitas dari 19 µS/cm-3,2 µS/cm, TDS awal 21 mg/l – 4 mg/l, hasil perbandingan resin 3 : 7 diperoleh perubahan nilai konduktivitas dari 19 µS/cm – 3,7 mg/l, TDS awal 21 mg/l – 3 mg/l sedangkan pada perbandingan 4:6 diperoleh perubahan nilai konduktivitas 19 µS/cm – 4,1 µS/cm, TDS awal 21 mg/l – 4 mg/l.

**Kata kunci : air, reverse osmosis, ion exchange, membran.**

### **Abstract**

Water used in every industrial sector for example feed boiler. The conditions of boiler feed water can be evaluated from pH, conductivity, and the Total Dissolved Solids (TDS) value, so that water have to be processed, one of alternative the processing is combining reverse osmosis and ion exchange. The aim of the research to know the influence of composition of the resin affect to pH, conductivity, and Total Dissolved Solids ( TDS) of product water. Equipments to have the used of reverse osmosis and ion exchange. The combinations process of reverse osmosis and ion exchange is run at constant pressure 5 bar and temperature 30°C. From the analysis resulted at 5:5 comparison obtained change of conductivity value from 19 µ S / cm-3,2 µ S / cm, first TDS 21 mg / l - 4 mg / l, result of comparison of resin 3 : 7 obtained change of conductivity value from 19 µ S / cm - 3,7 mg / l, first TDS 21 mg / l - 3 mg / l while at 4:6 comparison obtained change of conductivity value 19 µ S / cm - 4,1 µ S / cm, first TDS 21 mg / l - 4 mg / l.

**Keyword : water, reverse osmosis, ion exchange, membrane.**

## PENDAHULUAN

Air merupakan zat yang sangat dibutuhkan disetiap sektor industri termasuk pemanfaatan untuk kebutuhan energi dan pemanasan. Kebutuhan energi dan pemanasan di industri umumnya dipenuhi dengan cara memanfaatkan steam yang dibangkitkan pada suatu ketel (boiler). Air yang digunakan sebagai umpan boiler dapat diperoleh dari berbagai sumber, yaitu danau, sungai, laut, maupun sumur. Persyaratan yang harus dipenuhi sebagai air umpan boiler sangat ketat, antara lain tidak korosif, tidak menyebabkan pembentukan kerak, dan tidak menyebabkan pembentukan buih.

Metode pemurnian air dapat dilakukan dengan menggunakan membran secara *reverse osmosis*, menggunakan mikroorganisme, destilasi, elektrolisis, maupun *ion exchange*. Metode yang lain yaitu dengan menggunakan metode kombinasi *reverse osmosis* dan *ion exchange*.

### **Metode kombinasi *reverse osmosis* dan *ion exchange***

Osmosis merupakan proses perpindahan air dari larutan yang konsentrasinya rendah menuju larutan yang konsentrasinya tinggi dikarenakan adanya tekanan osmosis. Proses perpindahan ini melalui membran semipermeabel, dimana proses perpindahan air akan berhenti setelah konsentrasi kedua larutan sama. RO membutuhkan tekanan hidrostatis lebih besar daripada perbedaan tekanan osmotiknya sehingga air bisa mengalir dari larutan yang konsentrasinya lebih tinggi melalui membran semipermeabel.

Sistem RO umumnya terdiri dari 4 proses, yaitu :

#### 1. Pengolahan Awal (pretreatment)

Air umpan terlebih dahulu diolah agar sesuai dengan kondisi membran dengan menghilangkan padatan tersuspensi, menyesuaikan pH operasi dan menambahkan inhibitor untuk *control scaling* yang disebabkan konstituen-konstituen seperti kalsium sulfat.

#### 2. Pemberian Tekanan

Air umpan yang sudah diolah dinaikkan tekanannya dengan pompa sampai tekanan operasi yang diinginkan agar sesuai dengan membran dan kadar garam air umpan.

#### 3. Separasi Membran

Membran semipermeabel menghambat jalannya air umpan yang melewatinya. Air hasil keluaran dari membran berupa air bersih yang disebut *permeate*, dan yang tertahan pada membran disebut *concentrate*. Namun, karena tidak ada membran yang dapat bekerja 100% sempurna, maka ada sebagian kecil garam yang masih dapat melewati membran.

#### 4. Stabilisasi

Air hasil keluaran membran (air produk) biasanya disesuaikan pHnya terlebih dahulu sebelum ditransfer ke sistem distribusi.

#### **Kelebihan dan kekurangan sistem RO, yaitu :**

##### 1. Kelebihan

- Proses RO tergolong mudah
- Biaya instalasi rendah
- Tanpa material non-metalik dalam konstruksi
- Energi yang digunakan untuk mengolah air payau antara 1-3 kWh tiap 1 m<sup>3</sup> air produk
- Dapat menghasilkan rasio kapasitas produksi yang besar, antara 25.000 – 60.000 liter per hari per m<sup>2</sup>
- Teknologi RO dapat digunakan untuk menghilangkan kontaminan-kontaminan organik maupun inorganik
- Tidak mempunyai dampak terhadap lingkungan

##### 2. Kekurangan

- Membran sensitif atau tidak efisien bila digunakan berlebihan
- Air umpan harus diolah terlebih dahulu untuk menghilangkan partikulat-partikulat
- Operasi RO membutuhkan material dan alat dengan kualitas standar yang tinggi
- Ada kemungkinan terjadi pertumbuhan bakteri pada membran itu sendiri

Ion exchange merupakan suatu proses dimana ion-ion dari suatu larutan elektrolit diikat pada permukaan bahan padat. Sebagai pengganti ion-ion tersebut, ion-ion dari bahan padat diberikan ke dalam larutan. Pertukaran hanya dapat terjadi di antara ion-ion yang sejenis dan berlangsung dalam waktu yang singkat, yaitu pada saat terjadi kontak antara larutan dengan penukar ion.

#### **PELAKSANAAN PENELITIAN**

##### **Bahan Dan Alat**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air sumur. Sedangkan resin yang dipakai adalah resin Lewatit S-100 sebagai resin kation, dan resin Lewatit M-504 sebagai resin anion. Dengan variabel-variabel sebagai berikut :

##### 1. Variabel Tetap

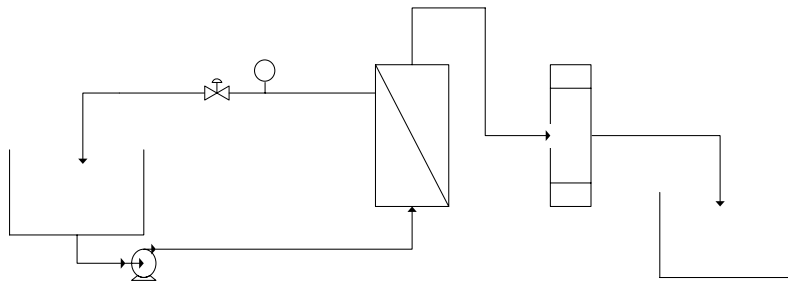
- a. Modul membran : *spiral wound*
- b. Tekanan : 5 bar
- c. Temperatur : 30°C

d. Jenis resin : Resin Lewatit S-100 sebagai resin kation  
Resin Lewatit M-504 sebagai resin anion

## 2. Variabel Bebas

Komposisi perbandingan resin kation : anion = 5 : 5 ; 4 : 6 ; 3 : 7

Penelitian ini diawali dengan melakukan pretreatment terlebih dahulu terhadap air umpan yang berupa air sumur yaitu dengan dilewatkan melalui cartridge filter. Setelah mengatur tekanan operasi dengan menggunakan katup pengatur tekanan, larutan umpan kemudian dialirkan dengan pompa melewati modul membran dan selanjutnya kolom penukar ion. Air produk yang diperoleh ditampung di dalam tangki produk.



Keterangan :

- |                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| 1. Tangki umpan      | 5. Modul RO          |
| 2. Pompa umpan       | 6. Kolom Penukar Ion |
| 3. Valve             | 7. Tangki Produk     |
| 4. Indikator tekanan |                      |

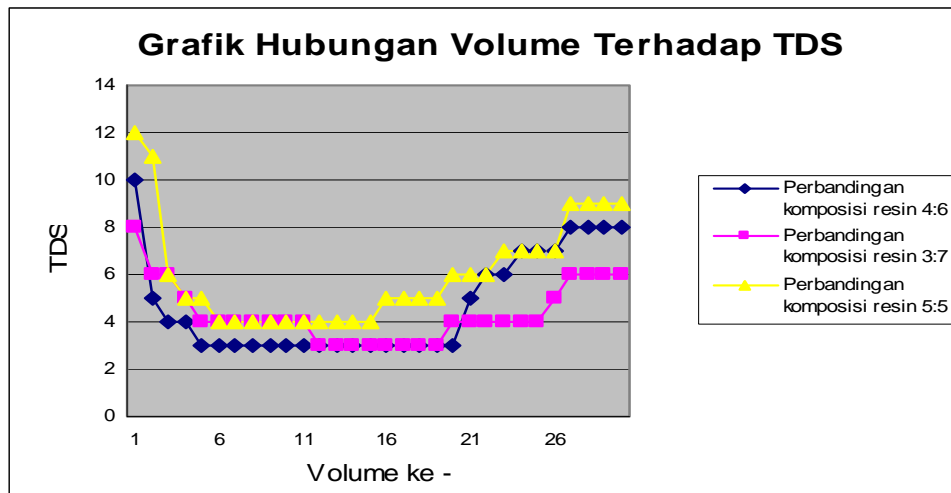
**Gambar 1.** Skema Rangkaian Peralatan RO dan Ion Exchange

Analisa yang dilakukan terhadap umpan yaitu dengan pengukuran pH, konduktivitas, dan TDS. pH dianalisa dengan menggunakan pHmeter, sedangkan konduktivitas dan TDS dianalisa menggunakan konduktometer.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Perbandingan Resin Terhadap TDS air produk

Perbandingan resin terhadap TDS akan mempengaruhi air produk sehingga TDS mengalami penurunan dari awal umpan 21 mg/l hingga kemudian mencapai titik konstan yaitu sebesar 4 mg/l untuk komposisi perbandingan resin 5 : 5 dan sebesar 3 mg/l untuk komposisi perbandingan resin 3 : 7 dan 4 : 6 hal ini dapat dilihat pada gambar berikut:

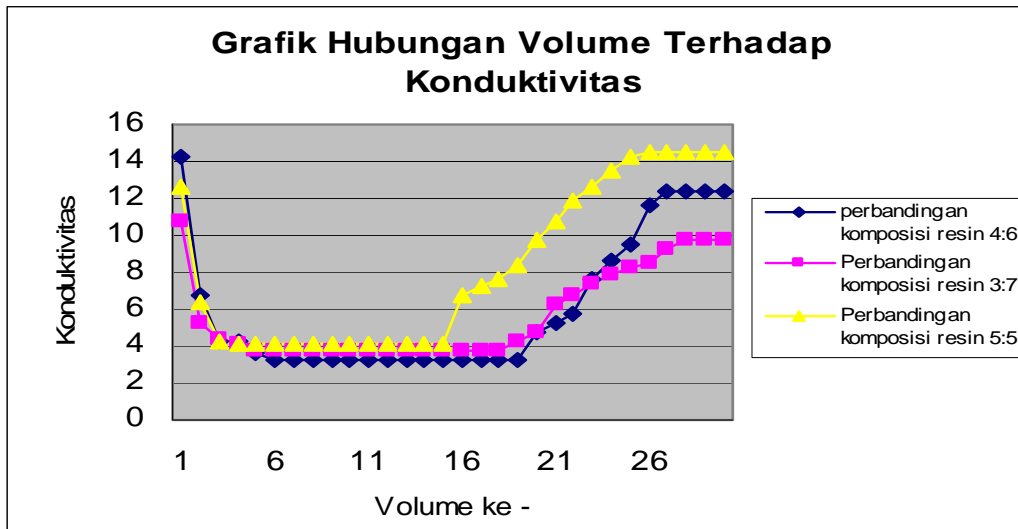


**Gambar 2.** Grafik Hubungan Volume terhadap TDS dengan Parameter Komposisi Perbandingan Resin

Pada umumnya untuk komposisi perbandingan resin 4 : 6, 3 : 7, dan 5 : 5 menunjukkan penurunan TDS yang sama yaitu untuk umpan 1 liter pertama dapat menurunkan TDS dari 21 mg/l menjadi 9 mg/l, 1 liter berikutnya dari 21 mg/l menjadi 5 mg/l, kemudian dari 21 mg/l menjadi 4 mg/l dan seterusnya. Penurunan nilai TDS yang semakin lama semakin besar ini disebabkan karena pada awal operasi resin mengalami kebocoran, dalam artian resin belum mampu mengikat semua ion yang terdapat dalam air karena di dalam resin terdapat ion-ion seperti Na yang masih tersisa pada saat resin diregenerasi.

### **Pengaruh Perbandingan Resin Terhadap Konduktivitas Air Produk**

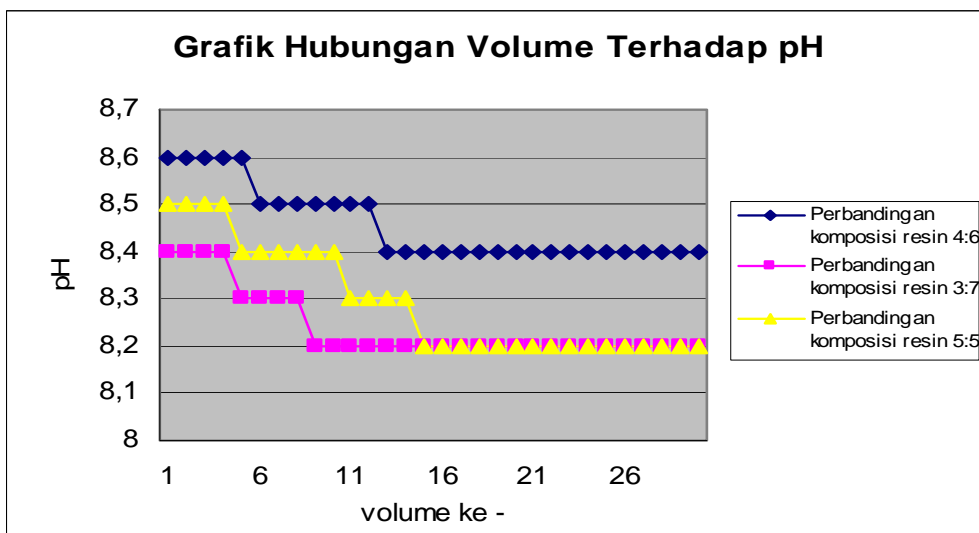
Pengaruh perbandingan resin terhadap konduktivitas mengalami penurunan dari nilai konduktivitas awal umpan. Dimana nilai konduktivitas awal umpan sebesar 19  $\mu\text{S/cm}$  hingga kemudian mencapai konstan yaitu sebesar 3.2  $\mu\text{S/cm}$ , 3.7  $\mu\text{S/cm}$ , dan 4,1  $\mu\text{S/cm}$  masing-masing untuk komposisi perbandingan resin 4 : 6, 3 : 7, dan 5 : 5. Hal ini berarti bahwa nilai konduktivitas untuk perbandingan komposisi resin 4 : 6 mempunyai nilai yang paling kecil dibandingkan dengan konduktivitas untuk komposisi perbandingan resin 3 : 7 dan 5 : 5. Penurunan nilai konduktivitas yang semakin lama semakin besar ini disebabkan seperti halnya pada penurunan nilai TDS. Sedangkan kenaikan nilai konduktivitas pada volume ke-20 untuk perbandingan 4:6, volume ke-19 untuk perbandingan 3:7 dan pada volume ke-16 untuk perbandingan 5:5.



**Gambar 3.** Grafik Hubungan Volume terhadap Konduktivitas dengan Parameter Komposisi Perbandingan Resin.

**Pengaruh Perbandingan Resin Terhadap pH Air Produk**

Perbandingan resin terhadap pH air produk pada perbandingan 4:6 mengalami kenaikan dari kondisi awal umpan. Dimana kondisi awal umpan mempunyai pH sebesar 8,1. Kenaikan pH juga terjadi pada kondisi air produk dengan komposisi perbandingan resin 3 : 7 dan 5 : 5.



**Gambar 4.** Grafik Hubungan Volume terhadap pH dengan Parameter Komposisi Perbandingan Resin

Setelah pH mengalami kenaikan dari kondisi awal, nilai pH akan sedikit mengalami penurunan dan mendekati konstan. Hal ini disebabkan tidak semua resin anion yang ada mampu untuk membasakan air dengan kandungan ion positif dari resin kation.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Air umpan boiler memiliki spesifikasi yang harus dipenuhi oleh air bakunya. Untuk memenuhi persyaratan tersebut dilakukan suatu pengolahan pada air baku dengan proses kombinasi *reverse osmosis* dan *ion exchange*. Dengan memvariasi komposisi perbandingan resin dapat dilihat pengaruh dari variabel tersebut. Air produk yang didapat memiliki TDS 3 mg/l, konduktivitas 3.4  $\mu\text{S/cm}$ , dan pH 8.4. Hal ini berarti air produk memenuhi spesifikasi air umpan boiler. Dari komposisi perbandingan resin kation : anion 4 : 6, 3 : 7, dan 5 : 5 didapatkan komposisi resin 4 : 6 mampu menghasilkan air produk dengan konduktivitas paling kecil, yaitu 3.4  $\mu\text{S/cm}$ .

### **Saran**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dipergunakan sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan penelitian selanjutnya, khususnya dalam mengkaji lebih jauh mengenai pengaruh komposisi perbandingan resin untuk lebih mengefisienkan proses pengolahan air dengan kombinasi *reverse osmosis* dan *ion exchange*.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Pada kesempatan ini kami ucapkan puji syukur kehadirat Allah yang maha kuasa atas petunjuk yang telah diberikan-Nya. Terima kasih kepada Ibu Ir. Kristinah Haryani, MT selaku dosen pembimbing dan Bapak DR. I Nyoman Widiasta, ST, MT. Atas bimbingan selama ini yang telah diberikan serta semua pihak yang membantu sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

[www.lenntech.com/boiler/boiler-feedwater.htm](http://www.lenntech.com/boiler/boiler-feedwater.htm)

<http://proquest.umi.com/pqdweb>

[http://www.angelfire.com/ak5/process\\_control/utility.html](http://www.angelfire.com/ak5/process_control/utility.html)

<http://www.hamadaboiler.com/en/water/water.html>

<http://ms.wikipedia.org/wiki/ph>

[http://www.jp.horiba.com/story\\_e/ph/ph01\\_03.htm](http://www.jp.horiba.com/story_e/ph/ph01_03.htm)

<http://chem.lapeer.org/Chem2Docs/pHfacts.html>

Sutrisno, Totok, *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, Rineka Cipta, Jakarta, 2004.

Effendi, Hefni, *Telaah Kualitas Air*, Kanisius, Yogyakarta, 2003.

Kemmer, F.N., *Boiler Water Treatment*, in *The Nalco Water Handbook*, 2<sup>nd</sup> edition, Mc Graw Hill Book Company, New York, 1988.

Fardiaz, Srikandi, *Polusi Air dan Udara*, Kanisius, Yogyakarta, 1992.

Maun, Sukmariah, *Kimia Universitas*, Binarupa Aksara, Jakarta, 1999.

Mulder, Marcel, *Basic Principles of Membrane Technology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1996.

Schroeder, D., Edward, *Water and Waste Water Treatment*, International Student Edition, Mc Graw Hill, Kogakusha, 1977.

Cappeline, G.A., *Drew Principles of Industrial Water Treatment*, 2<sup>nd</sup> edition, Drew Chemical Corporation, New Jersey, 1978.

Handojo, Lienda, *Teknologi Kimia*, PT Pradnya Paramita, Jakarta, 1995.

Bharwada, Upen, *Dowex Ion Exchange Resins*, The Dow Chemical Co., Midland, MI, USA, 1998