

Analisis Efisiensi Penukar Ion Sistem Demineralisasi Pada Pengolahan Air di Proses Produksi *Electroplating*

Muhamad Engkos Kosim^{1*}, Dwi Prambudi¹, Rini Siskayanti¹

*Program Studi Teknik Kimia, Universitas Muhammadiyah Jakarta, DKI Jakarta,

Jl.Cempaka Putih Tengah, Kota Jakarta Pusat, 10510

*Corresponding Author : engkos.kosim@umj.ac.id.

Abstrak

Resin penukar ion pada sistem demineralisasi merupakan media yang digunakan dalam proses pengolahan air baku untuk menghasilkan air bebas mineral yang digunakan untuk proses produksi khususnya proses *plating*. Kemampuan resin penukar ion dalam mengambil ion pengotor dalam air baku memiliki keterbatasan, sehingga setelah beberapa waktu tertentu resin penukar ion tidak mampu lagi mengambil ion pengotor dalam air baku sehingga perlu dilakukan regenerasi. Penelitian ini bertujuan untuk dapat meninjau efisiensi resin anion dan kation dalam pengolahan air di proses produksi *electroplating*. Dalam penelitian ini akan di analisis efisiensi resin penukar ion dengan menggunakan data pengamatan nilai konduktivitas air bahan baku dengan air hasil proses demineralisasi. Dari penelitian ini didapatkan nilai efisiensi pada proses pengolahan air demineralisasi memiliki nilai 51.41% untuk resin kation dan 83.47% untuk resin anion, lama siklus regenerasi resin yang di dapat adalah 50 jam untuk pemakaian secara terus menerus, resin anion sudah mengalami penurunan kualitas dikarenakan nilai efisiensi resin yang diperoleh di bawah 80% sehingga sudah mengalami kejenuhan. Sedangkan perolehan nilai efisiensi resin anion di atas 80% menunjukkan kualitas resin anion masih sangat baik.

Kata kunci: Demineralisasi, Resin, electroplating, Efisiensi Resin

Abstract

Ion exchange resin in the demineralization system is a medium used in the raw water treatment process to produce mineral-free water which is used for the production process, especially the plating process. The ability of ion exchange resins to take impurity ions in raw water has limitations, so that after a certain time the ion exchange resins are no longer able to take impurity ions in raw water, so regeneration is necessary. This study aims to be able to review the efficiency of anion and cation resins in water treatment in the electroplating production process. In this study, the efficiency of ion exchange resins will be analyzed using observational data on the conductivity value of raw material water and demineralized water. From this study, it was found that the efficiency value in the demineralized water treatment process has a value of 51.41% for cation resin and 83.47% for anion resin, the length of the resin regeneration cycle that can be obtained is 50 hours for continuous use, the anion resin has decreased in quality due to the efficiency value. Resin obtained is below 80% so that it has experienced saturation. While the acquisition of anion resin efficiency values above 80% indicates the quality of the anion resin is still very good..

Keywords : Demineralization, Resin, electroplating, Resin Efficiency

PENDAHULUAN

Dalam proses pembuatan ritsleting dilakukan proses pelapisan logam dengan metode *elektroplating*. Pada proses *elektroplating* diperlukan air yang memiliki

konduktivitas rendah agar proses pelapisan logam tidak terganggu, oleh karena itu dalam proses ini menggunakan air hasil proses demineralisasi. Pengolahan air di industri adalah hal umum yang sering dilakukan untuk

setiap perusahaan. Cara mengelola air untuk bisa digunakan sebagai air minum/baku maupun sebagai penunjang proses produksi juga bermacam- macam bergantung dari spesifikasi air yang ingin dicapai. Salah satu sistem pengolahan air adalah sistem demineralisasi.

Resin penukar ion pada sistem demineralisasi merupakan media yang digunakan dalam proses pengolahan air baku untuk menghasilkan air bebas mineral yang digunakan untuk proses produksi khususnya proses *plating*. Resin penukar ion ini berfungsi untuk mengambil ion pengotor air baku yang tidak dibutuhkan dan dapat mempengaruhi durabilitas alat proses dengan cara reaksi pertukaran ion yang mempunyai tanda muatan sama antara air sebagai bahan baku dengan resin penukar ion yang dilalui, dimana kation resin akan menukar kation pengotor pada air baku dan anion resin akan menukar anion pengotor pada air baku. Pertukaran terjadi dalam kolom/tangki resin penukar ion, di mana air baku dialirkan melewati resin penukar ion yang berada dalam tangki/kolom.

Kemampuan resin penukar ion dalam mengambil ion pengotor dalam air baku memiliki keterbatasan, sehingga setelah beberapa waktu tertentu resin penukar ion tidak mampu lagi mengambil ion pengotor dalam air baku. Dalam keadaan dimana resin penukar kation dan resin penukar anion tidak mampu lagi mengambil pengotor dalam air maka resin penukar ion dikatakan jenuh, sehingga perlu dilakukan regenerasi guna pengaktifan kembali gugus fungsional resin penukar ion yang berfungsi untuk mengambil atau mengikat ion-ion pengotor yang berada dalam air baku. Dengan dilakukannya regenerasi pada resin penukar ion diharapkan akan mengembalikan kemampuan resin penukar ion dalam mengambil pengotor dalam air baku sehingga kualitas air yang dihasilkan oleh sistem air demineralisasi sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Pengoperasian sistem air demineralisasi dilakukan untuk menjaga ketersediaan air bebas mineral pada tangki demineralisasi agar selalu dalam keadaan penuh dan pengoperasiannya terus menerus. Regenerasi resin penukar ion pada sistem demineralisasi apabila konduktivitas air

keluaran kolom resin penukar ion menunjukkan $\geq 20 \mu\text{S/cm}$.

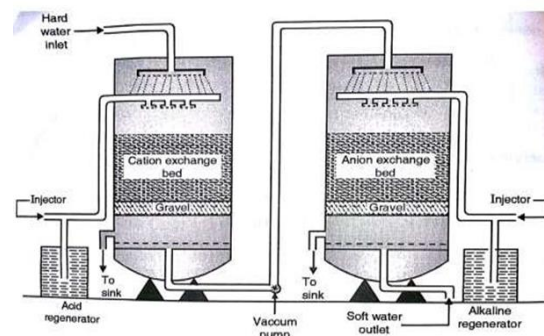
Dalam penelitian ini akan di analisis efisiensi resin penukar ion dengan menggunakan data pengamatan nilai konduktivitas air bahan baku dengan air hasil proses demineralisasi.

Landasan Teori

A. Demineralisasi

Demineralisasi adalah salahsatu teknologi proses pengolahan air untuk menghilangkan mineral dari air. Istilah Demineralisasi biasanya digunakan secara khusus untuk proses pertukaran ion untuk penghilangan total kontaminan mineral ion sampai mendekati angka nol. Seringkali, istilah Demineralisasi dan Deionisasi digunakan secara bergantian. Demineralisasi menggunakan resin penukar kation dan anion, di dalam dua tabung atau di dalam satu tabung secara bersama. Setelah Demineralisasi, air yang diolah akan memiliki tingkat kemurnian yang tinggi sebanding dengan air suling.

Proses regenerasi pada demineralisasi ion exchanger ini dapat dilakukan secara berurutan dari resin cation lalu resin anion atau dapat pula dilakukan bersamaan. Bila proses regenerasi cation dan anion dilakukan bersamaan, maka dibutuhkan minimal air hasil proses water softener untuk meregenerasi resin anion karena bila tidak menggunakan air softener maka pengendapan CaCO_3 akan terjadi dan resin akan rusak. Hal ini menyebabkan jarang orang melakukan regenerasi kation dan anion secara bersamaan karena dibutuhkan unit *water softener* tambahan.



Gambar 1 Sistem *Two Bed*
*Demineralizers***B. Resin Penukar Ion**

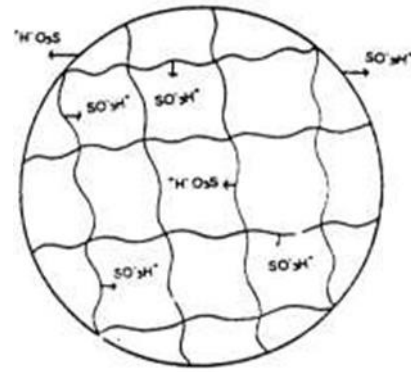
Resin penukar ion adalah suatu matriks yang tidak dapat larut, berupa butiran yang memiliki diameter $\pm 1-2$ mm. Resin tersebut pada umumnya terbuat dari suatu substrat polimer organik. Kebanyakan resin penukar ion terbuat dari polystyrene yang memiliki ikatan *crosslinker* pada umumnya dicapai dengan menanam-bahkan suatu proporsi kecil divinyl benzene kedalam styrene. *Non-crosslinker* polimer juga digunakan hanya saja jarang dipakai karena kecenderungan polimer tersebut untuk mengubah dimensi pada ikatan ion. Banyak sedikitnya ikatan *crosslinked* tergantung pada kapasitas resin dan memperpanjang waktunya dapat dicapai kesetimbangan ion dalam larutan dan resin, sehingga secara umum resin penukar ion didefinisikan sebagai senyawa hidrokarbon terpolimerisasi sampai tingkat yang tinggi yang mengandung ikatan-ikatan hubung silang (*cross-linking*) serta gugusan yang mengandung ion-ion yang dapat dipertukarkan. (Dyah dkk, 2012).

Terdapat 4 jenis resin yang sering digunakan dalam pengolahan air :

a) Resin kation asam kuat

Resin kation asam kuat terbuat dari plastik atau senyawa polimer yang direaksikan dengan beberapa jenis asam seperti asam sulfat, asam posphat, dan sebagainya. Resin kation asam kuat ini mempunyai ion hydrogen ($R-H^+$), dengan adanya ion H^+ yang bermuatan positif maka resin ini sering dipergunakan untuk mengambil ion-ion yang bermuatan positif. (Montgomery J.M dalam Pujiastuti C, 2008)

Dalam operasionalnya, resin kation asam kuat ini dapat dioperasikan dengan kondisi ($R-H^+$) maupun dalam kondisi $R-Na^+$. Pemilihan kondisi mana yang akan dioperasikan berpengaruh terhadap jenis ion yang diambil, bahan kimia yang akan dihasilkan dan bahan kimia untuk pengaktifan kembali (regenerasi). (Montgomery J.M dalam Pujiastuti C, 2008)



Gambar 2. Resin Kation

Mekanisme reaksi pertukaran ion yang terjadi pada kolom resin penukar kation adalah sebagai berikut.



(G. Bernasconi, 1995)

Dimana;

R : resin penukar ion

H^+ : kation dari resin penukar ion

K^+ : kation dari suatu larutan

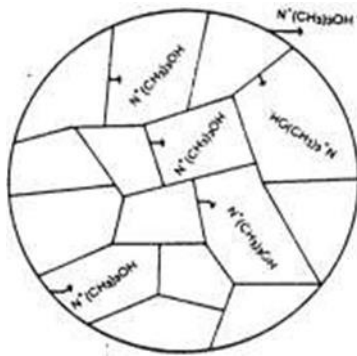
b) Resin kation asam lemah

Resin kation asam lemah terbuat dari plastik atau polimer yang direaksikan dengan group asam karbonik dengan demikian Group ($COOH^+$) sebagai penyusun resin. Resin kation asam lemah diperlukan kehadiran alkalinitis untuk melepas ion hydrogen dari resin. (Montgomery J.M dalam Pujiastuti C, 2008).

c) Resin anion basa kuat

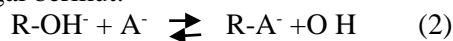
Resin anion basa kuat merupakan resin yang sering dipergunakan dalam mengambil ion-ion yang bermuatan negatif. Pada operasionalnya resin anion basa kuat ini dapat dioperasikan pada kondisi hidroksida ($R^+.Cl^-$). Apabila resin anion basa kuat dioperasikan pada kondisi hidroksida ($R^+.OH^-$), Maka resin anion basa kuat ini dapat mengambil hampir seluruh jenis ion negatif dan pada proses regenerasinya menggunakan larutan natrium hidroksida ($NaOH$), sedangkan apabila resin anion basa kuat dioperasikan pada kondisi klorida ($R^+.Cl^-$), maka ion-ion negatif yang dapat diambil seperti sulfat dan nitrat, dan pada proses regenerasinya

menggunakan larutan garam (NaCl). (Montgomery J.M dalam Pujiastuti C, 2008)



Gambar 3. Resin Anion

Mekanisme reaksi pertukaran ion yang terjadi pada kolom resin penukar kation adalah sebagai berikut.



(G. Bernasconi, 1995)

Dimana;

R : resin penukar ion

OH⁻ : anion dari resin penukar ion

A⁻ : anion dari suatu larutan

d) Resin anion basa lemah

Resin anion basa lemah dipergunakan untuk mengambil asam-asam seperti asam klorida (HCl) atau asam sulfat (H₂SO₄) sehingga resin dikenal sebagai pengadsorpsi asam (*acid adsorbers*). Proses regenerasi resin anion basa lemah ini dipergunakan larutan natrium hidroksida (NaOH), ammonium hidroksida (NH₄OH) atau natrium karbonat (Na₂CO₃) (Montgomery J.M dalam Pujiastuti C, 2008).

C. Faktor yang Mempengaruhi Pertukaran Ion

Adapun faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses pertukaran ion adalah :

a) pH

Penukar ion penguraian gugus *ionogenik* tidak memperhatikan pH, ada yang sangat dipengaruhi oleh pH sesuai kekuatan asam basanya. Gugus OH fenolik atau asam karboksilat tidak terurai pada pH rendah, maka

kapasitas penukarannya baru optimum pada pH larutan alkali. Range pH efektif penukar ion untuk jenis kation asam kuat adalah 0-14.

b) Kecepatan aliran

Kecepatan aliran mempengaruhi proses pertukaran ion. Semakin cepat debit aliran yang ditetapkan dalam proses pertukaran ion, semakin sedikit konsentrasi ion yang dapat dipertukarkan. Hal ini disebabkan waktu tinggal dan kontak antara air laut dengan resin semakin pendek.

c) Konsentrasi ion terlarut

Semakin banyak konsentrasi ion yang akan dipertukarkan, semakin lambat kecepatan berlangsungnya suatu reaksi pertukaran ion dan semakin sedikit konsentrasi ion yang akan dipertukarkan. Hal ini disebabkan karena resin memiliki kapasitas ion yang terbatas.

d) Tinggi media penukar ion

Semakin tinggi media penukar ion yang terdapat dalam kolom pertukaran, semakin banyak konsentrasi ion akan dipertukarkan Hal ini disebabkan semakin tinggi resin maka semakin banyak jumlah resin.

e) Suhu

Pertukaran ion dipengaruhi suhu, akan tetapi secara praktis peningkatan suhu tidak cukup untuk menyebabkan pertambahan laju proses. Operasi suhu tinggi baru bermanfaat bila larutan semula memang pada suhu tersebut atau bila larutan terlalu kental pada suhu ruang.

Penelitian ini bertujuan untuk dapat meninjau efisiensi resin anion dan kation dalam pengolahan produksi *electroplating*.

METODE

Penelitian ini dilakukan di proses produksi *electroplating* PT. YKK Zipco Indonesia pada bulan maret 2021. Penelitian ini dilakukan dengan metode studi literatur dan metode observasi lapangan selama bulan Maret 2021. Untuk menghitung efisiensi resin digunakan rumus sebagai berikut:

$$V_R = \frac{Q \times t \times TDS \text{ feed} \times 0,43718}{TEC \times n} \quad (3)$$

$$Efisiensi = \frac{Q \times t \times TDS \text{ feed} \times 0,43718}{TEC \times VR} \quad (4)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil data yang diperoleh untuk menentukan Efisiensi Resin pada sistem demineralisasi air PT YKK Zipco sebagai berikut :

Periode : Maret 2021

Debit : 0.083 m³/min

Tabel 1. Siklus Regenerasi PT YKK Zipco

No.	Tanggal	Volume Chemical (L)		Conductivity (µS/cm)	Volume Feed (m ³)
		HCl	NaOH		
1.	01/03/2021	160	180	60	251
2.	04/03/2021	160	180	60	259
3.	08/03/2021	160	180	60	258
4.	11/03/2021	160	180	60	250
5.	15/03/2021	160	180	60	248
6.	18/03/2021	160	180	60	253
7.	22/03/2021	160	180	60	247
8.	25/03/2021	160	180	60	253
9.	29/03/2021	160	180	60	244
10.	31/03/2021	160	180	60	246

Perhitungan Efisiensi Resin

1. Perhitungan rata-rata volume produk =

$$\frac{\text{jumlah total volume 1 bulan}}{\text{banyak frekuensi 1 bulan}} = \frac{2509}{10} = 250,9 \text{ m}^3$$

2. Konversi satuan konduktifitas

- 1 µS/cm nilai Konduktifitas air = 0.5 µS/cm nilai TDS
- 1 µS/cm = 0.5mg/L = 0.5 ppm
- 60 µS/cm = 30 ppm

3. Penentuan Efisiensi Resin

Rumus Kapasitas Resin :

$$V_R = \frac{Q \times t \times TDS \text{ feed} \times 0,43718}{TEC \times n}$$

$$Efisiensi = \frac{Q \times t \times TDS \text{ feed} \times 0,43718}{TEC \times VR}$$

- TEC = Kapasitas Resin Penukar Ion (kgr/ft³) (40 kgr/ft³ untuk Cation dan 21.9 kgr/ft³ untuk Anion)
- $V_p = Q \times t$

Maka :

- Nilai efisiensi untuk resin kation =

$$= \frac{250.9 \times 30 \times 0.43718}{40 \times 160} = 51.4\%$$

- Nilai efisiensi untuk resin anion =

$$= \frac{250.9 \times 30 \times 0.43718}{21.9 \times 180} = 83.47\%$$

4. Penentuan lama pemakaian resin kation dan anion:

- Debit = 0.083 m³/menit
- Debit dalam 1 jam
0.083 m³/menit x 60 = 5 m³/jam
- Lama periode regenerasi resin

$$= \frac{\text{Volume Produk}}{\text{Debit Produk}}$$

$$= \frac{250.9 \text{ m}^3}{5 \text{ m}^3/\text{jam}} = 50 \text{ jam}$$

Dalam pengolahan air, penukar ion merupakan metode yang umum digunakan dalam pelunakan air, demineralisasi atau pengambilan kembali ion-ion logam yang terdapat di dalam air. Bahan penukar ion merupakan suatu struktur organik/anorganik yang berupa gugus-gugus fungsional berpori. Kapasitas penukaran ion ditentukan oleh jumlah gugus fungsional per-satuan massa resin. Penukar ion positif (resin kation) ialah resin yang dapat mempertukarkan ion-ion positif dan penukar ion negatif ialah resin yang dapat mempertukarkan ion-ion negatif. Resin kation mempunyai gugus fungsi asam, seperti sulfonat, sementara resin anion mempunyai gugus fungsi basa, seperti Amina. Resin penukar ion dapat digolongkan atas bentuk gugus fungsi asam kuat, asam lemah, basa kuat, dan basa lemah. Resin kation mengandung ion-ion positif yang *mobile*,

seperti H^+ atau Na^+ yang terikat pada gugus-gugus fungsional asam yang immobile, seperti SO_3^- atau COO^- . Sedangkan resin anion dengan basa immobile, NH_4^+ yang terikat pada mobile anion, OH^- atau Cl^- . Dalam proses pertukaran ion apabila elektrolit terjadi kontak langsung dengan resin penukar ion akan terjadi pertukaran secara stokiometri yaitu sejumlah ion yang muatannya sama akan dipertukarkan dengan ion yang muatannya sama pula dengan jumlah yang sebanding. Karena pertukaran ion yang terjadi secara terus menerus maka resin penukar ion akan mengalami keadaan jenuh, yang mana ion-ion *mobile* pada resin telah habis bertukar dengan ion-ion pengotor pada larutan. Bila keadaan ini terjadi maka resin harus segera diregenerasi untuk menggantikan ion-ion mobile yang telah habis. Regenerasi dilakukan dengan mencampur resin yang telah jenuh dengan larutan asam atau basa yang tergantung pada jenis resin. Regenerasi dengan asam digunakan pada resin penukar kation sedangkan basa digunakan pada regenerasi resin penukar anion.

Pada proses pembuatan air demineralisasi di PT YKK Zipco Indonesia, pertama-tama softwater dipompakan melewati kolom *activated filter carbon* untuk menghilangkan chlorine dan membebaskan warna, rasa dan bau asing dan ditampung dalam tangki *filtered water* kemudian dilewatkan melalui kolom resin penukar kation dan kolom resin penukar anion. Nilai konduktifitas *softwater* pada input resin penukar kation dan resin penukar (Kern, 1965) (Kern, 1965) (Pujiastuti, September 2008) (Saroso, 2016) anion tidak diukur. Untuk nilai konduktifitas output dari resin penukar kation dan resin penukar anion di kontrol pada batas $< 60 \mu s/cm$.

Berdasarkan data yang diperoleh perhitungan kapasitas resin penukar ion, didapatkan hasil efisiensi untuk resin kation yakni memiliki nilai 51.41% dan nilai efisiensi untuk resin anion yakni memiliki nilai 83.47%. Pada nilai efisiensi resin kation memiliki nilai yang jauh lebih rendah dari nilai resin anion. Nilai efisiensi resin kation $< 80\%$, dimana nilai efisiensi yang baik diperoleh pada 80% (Nurbana, 2015). Hal ini disebabkan karena kondisi resin yang sudah jenuh dalam

penggunaannya sehingga memerlukan pemeliharaan lebih lanjut yakni dengan cara pembilasan dan regenerasi dengan larutan HCl 32% dan apabila resin tetap tidak berfungsi secara maksimal maka sebaiknya dilakukan penggantian terhadap resin kation. Nilai efisiensi yang diperoleh pada resin anion adalah $> 80\%$. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pertukaran ion pada resin anion masih sangat baik dan efisien.

SIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pembahasan yang telah dilakukan bahwa nilai efisiensi pada proses pengolahan air demineralisasi memiliki nilai 51.41% untuk resin kation dan 83.47% untuk resin anion, lama siklus regenerasi resin yang di dapat adalah 50 jam untuk pemakaian secara terus menerus, resin anion sudah mengalami penurunan kualitas dikarenakan nilai efisiensi resin yang diperoleh di bawah 80% sehingga sudah mengalami kejenuhan. Sedangkan perolehan nilai efisiensi resin anion di atas 80% menunjukkan kualitas resin anion masih sangat baik.

Saran untuk PT YKK ZIPCO Indonesia adalah sebagai berikut: Perlu dilakukan pembaruan resin kation dikarenakan resin sudah mengalami kejenuhan, Perlu dilakukan kalibrasi rutin terhadap conductivity meter pada indikator kontrol, untuk meminimalisir hasil produk yang berada di luar standar, Perlu dilakukan update prosedur kerja berkala, pemantauan pemakaian resin dan larutan kimia guna regenerasi resin.

DAFTAR PUSTAKA

- Dedy Priambodo, S. A. 2009. Studi Banding Sistem Demineralisasi Air Pada PLTN OPR 1000 dan AP. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir* Vol. 11 No. 2, Desember 2009, 83-91..
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Lestari, D. E., Utomo, S. B., & Harsono. 2012. Analisis Kemampuan Resin Penukar Ion Pada Sistem Air Bebas Mineral (GCA 01) RSG-GAS. *Prosiding*

- Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Reaktor Nuklir PPRSG*, 21-33.
- Montgomery, J. M. 1985. *Water Treatment Principles and Design*. A. Wiley Interscience Publication, John Wiley and Sons.
- Nurbana, A. 2015. *Menghitung Volume Resin Pada Demin Plant atau Sistem Ion Exchange*. Dipetik November 25, 2019, dari olah-air Web site: <http://www.olah-air.com>
- Pujiastuti, C. 2008. Kajian Penurunan Ca dan Mg Dalam Air Laut Menggunakan Resin (Dowex). *Jurnal Teknik Kimia*, Vol.3 No.1, 199-206.
- Saroso, H. (2016). Optimalisasi Pemakaian NaOH dan HCl untuk Regenerasi Resin Two Bed Water Treatment Plant . *Prosiding SENTIA 2016 – Politeknik Negeri Malang*, 17-22.