

# Engineering Design Consideration

Pembelian hubungi:  
**PureWaterCare**  
**Water Treatment Management**  
 Office : Apartemen Sentra Timur Residence  
 Tower Hijau Retail H08 EB Pulo Gebang Jakarta Timur  
 Workshop : Jl. Nusa Indah Raya Blok 37 No 10  
 Perumnas Klender Jakarta Timur  
 Telp: 021-7053-8248 , Fax : 021-862-2375  
 Fax : 021-4870-3967 , Hp : 0852-1830-0576  
 Website: www.purewatercare.com  
 Email: purewatercare@gmail.com

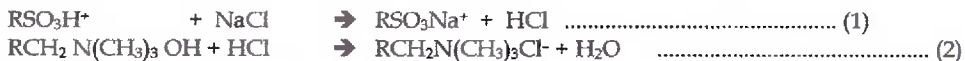
**Title**  
**Prinsip Penentuan Kapasitas Resin Sistem Demineralisasi Air**

**I. Pendahuluan**

Pertukaran Ion (*Ion Exchange*) dengan menggunakan resin penukar ion adalah proses penghilangan ion positif (kation) dan ion negatif (anion) dari air dengan menukar ion-ion tersebut dengan gugus aktif resin penukar ion positif dan negatif. Proses ini merupakan proses kimia yang terjadi antara ion dalam fasa cair (air baku) dan ion dalam fasa padat (resin).

Ion-ion yang terdapat dalam air baku tersebut yang menyebabkan tingginya kandungan padatan terlarut dalam air (TDS tinggi) dan menyebabkan daya hantar listrik pada air (*conductivity*). Ion-ion tersebut ditukar dengan ion yang terdapat dalam gugus aktif resin yang tidak menyebabkan tingginya TDS dan Conductivity, yaitu ion H<sup>+</sup> dan ion OH<sup>-</sup> dimana komposisi keduanya menghasilkan H<sub>2</sub>O.

Persamaan berikut akan menjelaskan proses yang terjadi pada pertukaran ion.



Dari persamaan (1), ion Na<sup>+</sup> dalam senyawa NaCl sebagai influent di tukar oleh gugus aktif resin kation (H<sup>+</sup>). Ion H<sup>+</sup> bertemu dengan ion Cl<sup>-</sup> membentuk HCl sehingga air akan bersifat asam. Proses berikutnya adalah pertukaran ion di kolom penukar anion dimana ion Cl<sup>-</sup> pada HCl akan ditukar dengan ion OH<sup>-</sup> pada gugus aktif resin membentuk H<sub>2</sub>O. Proses pada persamaan (1) adalah proses pemisahan garam mineral, sedangkan proses pada persamaan (2) adalah proses pertukaran dan netralisasi

Setelah kesetimbangan terjadi dimana kemampuan resin untuk menukar ion telah jenuh maka resin penukar ion harus diaktivasi kembali (*regenerasi*) dengan larutan regenerant yaitu asam kuat untuk Kation dan basa kuat untuk anion.

**II. Penentuan Kapasitas Resin**

Penentuan kapasitas resin untuk demineralisasi secara sederhana dapat dilakukan dengan 2 (dua) pendekatan: (1) Pendekatan Volume Produk (waktu); (2) Pendekatan Volume Resin

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung kapasitas resin adalah

$$V_R = \frac{Q \cdot t \cdot \text{TDS}_{\text{feed}} \cdot 15,45}{\text{TEC} \cdot 35,34 \cdot \eta} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$V_R = \frac{Q \cdot t \cdot TDS_{feed} \cdot 0,43718}{TEC \cdot \eta} \dots\dots\dots (4)$$

$$V_P = Q \cdot t \dots\dots\dots (5)$$

$$V_R = \frac{V_P \cdot TDS_{feed} \cdot 0,43718}{TEC \cdot \eta} \dots\dots\dots (6)$$

**Dimana :**

- $V_R$  = Volume Resin (liter)
- $Q$  = Debit (m<sup>3</sup>/jam)
- $t$  = Lamanya waktu (jam)
- $TDS_{feed}$  = Jumlah Total Kation atau Anion air baku (mg/l CaCO<sub>3</sub>)
- $TEC$  = Kapasitas Resin Penukar Ion (kgr/ft<sup>3</sup>)  
(40 kgr/ft<sup>3</sup> untuk Cation dan 21.9 kgr/ft<sup>3</sup> untuk Anion)
- $\eta$  = efisiensi resin (80 – 90 %)
- $V_P$  = Volume Produk (m<sup>3</sup>)
- 35,34 = faktor konversi ft<sup>3</sup>/M<sup>3</sup>
- 15,45 = faktor konversi kgr/M<sup>3</sup>

**(1) Pendekatan Volume Produk (waktu)**

Penentuan kapasitas resin dengan pendekatan volume produk berarti kita harus menentukan terlebih dahulu debit atau laju aliran (Q) dan lamanya siklus regenerasi dalam jam (t). Setelah kita menentukan debit dan waktu, kita akan mendapatkan jumlah resin yang diperlukan (dalam liter) berdasarkan jumlah kandungan ion (impurity) yang terkandung dalam air baku yang dapat diketahui dari hasil analisis ion air baku dan kapasitas penukar ion (*total exchange capacity*) resin yang digunakan.

Kapasitas penukar ion resin ini diketahui dari produsen pembuatnya. Angka kapasitas resin menunjukkan kemampuan resin penukar ion untuk menukar ion yang diinginkan dengan gugus aktif resinnya. Semakin tinggi kemampuannya, semakin banyak ion yang dapat ditukar dan semakin lama waktu regenerasinya. Saat ini resin penukar ion di pasaran rata-rata mempunyai kemampuan penukaran ion 1.9 eq/l ( $\pm 39$  kgr/ft<sup>3</sup>) untuk Cation H<sup>+</sup> form dan 1.0 eq/l ( $\pm 21.9$  kgr/ft<sup>3</sup>) untuk Anion OH<sup>-</sup> form. (Untuk softener 2.0 eq/l ( $\pm 41$  kgr/ft<sup>3</sup>) untuk Cation Na<sup>+</sup> form dan 1.2 eq/l ( $\pm 26.2$  kgr/ft<sup>3</sup>) untuk Anion Cl<sup>-</sup> form).

Pendekatan ini lebih bersifat individu yang berarti konsumen dapat menentukan sendiri jumlah produk yang ingin didapatkan dalam satu siklus regenerasi.

**Contoh Soal 2.1**

Dari hasil analisis lab diketahui kandungan ion Na<sup>+</sup> = 25 mg/l, Ca<sup>2+</sup> = 15 mg/l, Mg<sup>2+</sup> = 10 mg/l, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> = 45 mg/l, Cl<sup>-</sup> = 40 mg/l, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 35mg/l. Tentukan volume resin yang dibutuhkan apabila jumlah produksi yang diinginkan tiap siklus adalah 48 m<sup>3</sup> dan tentukan lamanya siklus regenerasi apabila laju aliran yang diinginkan adalah 4 m<sup>3</sup>/jam? (TEC Kation = 39 kgr/ft<sup>3</sup> dan TEC Anion = 21,9 kgr/ft<sup>3</sup>)

Jawab:

Dari hasil lab diketahui:

Cation:

- Na<sup>+</sup> = 25 mg/l = 25 x 2,174 ppm as CaCO<sub>3</sub> = 54,4 ppm as CaCO<sub>3</sub>
- Ca<sup>2+</sup> = 15 mg/l = 15 x 2,500 ppm as CaCO<sub>3</sub> = 37,5 ppm as CaCO<sub>3</sub>
- Mg<sup>2+</sup> = 10 mg/l = 10 x 4,107 ppm as CaCO<sub>3</sub> = 41,1 ppm as CaCO<sub>3</sub> +
- Total Kation = 133,0 ppm as CaCO<sub>3</sub>

**Contoh Soal 2.1**

Dari hasil analisis lab diketahui kandungan ion  $\text{Na}^+ = 25 \text{ mg/l}$ ,  $\text{Ca}^{2+} = 15 \text{ mg/l}$ ,  $\text{Mg}^{2+} = 10 \text{ mg/l}$ ,  $\text{SO}_4^{2-} = 45 \text{ mg/l}$ ,  $\text{Cl}^- = 40 \text{ mg/l}$ ,  $\text{HCO}_3^- = 35 \text{ mg/l}$ . Tentukan jumlah air yang mampu diproduksi apabila resin yang

disediakan adalah 70 liter resin kation dan 100 liter resin anion dan tentukan lamanya siklus regenerasi apabila laju aliran yang diinginkan adalah  $4 \text{ m}^3/\text{jam}$ ? (TEC Kation =  $39 \text{ kgr/ft}^3$  dan TEC Anion =  $21,9 \text{ kgr/ft}^3$ )

Jawab:

Dari hasil lab diketahui:

Cation:

$$\begin{aligned} \text{Na}^+ &= 25 \text{ mg/l} &= 25 \times 2,174 \text{ ppm as CaCO}_3 &= 54,4 \text{ ppm as CaCO}_3 \\ \text{Ca}^{2+} &= 15 \text{ mg/l} &= 15 \times 2,500 \text{ ppm as CaCO}_3 &= 37,5 \text{ ppm as CaCO}_3 \\ \text{Mg}^{2+} &= 10 \text{ mg/l} &= 10 \times 4,107 \text{ ppm as CaCO}_3 &= 41,1 \text{ ppm as CaCO}_3 + \\ \text{Total Kation} &&&= 133,0 \text{ ppm as CaCO}_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SO}_4^{2-} &= 46 \text{ mg/l} &= 46 \times 1,042 \text{ ppm as CaCO}_3 &= 47,9 \text{ ppm as CaCO}_3 \\ \text{Cl}^- &= 40 \text{ mg/l} &= 40 \times 1,408 \text{ ppm as CaCO}_3 &= 56,3 \text{ ppm as CaCO}_3 \\ \text{HCO}_3^- &= 35 \text{ mg/l} &= 35 \times 0,820 \text{ ppm as CaCO}_3 &= 28,7 \text{ ppm as CaCO}_3 + \\ \text{Total Anion} &&&= 133,0 \text{ ppm as CaCO}_3 \end{aligned}$$

$$\text{Total Kation} = \text{Total Anion}^*$$

Berdasarkan data diketahui, jumlah produksi yang diinginkan per siklus adalah  $48 \text{ m}^3$  maka digunakan persamaan (6)

Volume Produksi Kation:

$$V_R = \frac{V_P \cdot \text{TDS}_{\text{feed}} \cdot 0,43718}{\text{TEC} \cdot \eta} \rightarrow V_P = \frac{V_R \cdot \text{TEC} \cdot \eta}{\text{TDS}_{\text{feed}} \cdot 0,43718}$$

$$V_P = \frac{70 \cdot 39 \cdot 80\%}{133 \cdot 0,43718} = 37,5 \text{ M3}$$

Volume Produksi Anion:

$$V_P = \frac{V_R \cdot \text{TEC} \cdot \eta}{\text{TDS}_{\text{feed}} \cdot 0,43718} = V_P = \frac{100 \cdot 21,9 \cdot 80\%}{133 \cdot 0,43718} = 30,1 \text{ M3}$$

Dari hasil perhitungan di atas, ambil angka terkecil yaitu  $30 \text{ m}^3$

Volume produk = Debit x waktu

$$\rightarrow \text{Waktu} = \text{Volume produk} / \text{Debit} = 30 \text{ m}^3 / 4 \text{ m}^3/\text{jam} = 7,5 \text{ jam}^{**}$$

Jadi lamanya waktu siklus regenerasi untuk kondisi di atas adalah tiap 7,5 jam kontinyu.

\*) = Total Kation dan Total Anion dalam air selalu sama (ekuilibrium) apabila data ion tidak lengkap atau tidak ada pendekatan lain yang dapat digunakan adalah angka TDS dalam  $\text{CaCO}_3$  (bukan  $\text{mg/l TDS}$ ) dibagi 2.

\*\*\*) = Apabila sistem tidak kontinyu, maka lebih baik digunakan water meter atau Conductivity Meter untuk mengetahui kapan regenerasi harus dilakukan. Pada kenyataannya, jumlah produksi dan waktu bervariasi tergantung dari kualitas air baku, kualitas air produk dan kontinuitas produksi.

$$\begin{aligned}
 \text{SO}_4^{2-} &= 46 \text{ mg/l} &= 46 \times 1,042 \text{ ppm as CaCO}_3 &= 47,9 \text{ ppm as CaCO}_3 \\
 \text{Cl}^- &= 40 \text{ mg/l} &= 40 \times 1,408 \text{ ppm as CaCO}_3 &= 56,3 \text{ ppm as CaCO}_3 \\
 \text{HCO}_3^- &= 35 \text{ mg/l} &= 35 \times 0,820 \text{ ppm as CaCO}_3 &= 28,7 \text{ ppm as CaCO}_3 + \\
 \text{Total Anion} &&&= 133,0 \text{ ppm as CaCO}_3
 \end{aligned}$$

Total Kation = Total Anion\*

Berdasarkan data diketahui, jumlah produksi yang diinginkan per siklus adalah 48 m<sup>3</sup> maka digunakan persamaan (6)

Volume Resin Kation:

$$V_R = \frac{V_P \cdot \text{TDS}_{\text{feed}} \cdot 0,43718}{\text{TEC} \cdot \eta} = \frac{48 \cdot 133 \cdot 0,43718}{39 \cdot 80\%} = 89 \text{ liter}$$

Ditentukan resin kation = 90 liter

Volume Resin Anion:

$$V_R = \frac{V_P \cdot \text{TDS}_{\text{feed}} \cdot 0,43718}{\text{TEC} \cdot \eta} = \frac{48 \cdot 133 \cdot 0,43718}{21,9 \cdot 80\%} = 159 \text{ liter}$$

Ditentukan resin kation = 160 liter

Mencari lamanya siklus regenerasi

Volume produk = Debit x waktu

→ Waktu = Volume produk / Debit = 48 m<sup>3</sup> / 4 m<sup>3</sup>/jam = 12 jam \*\*

Jadi lamanya waktu siklus regenerasi untuk kondisi di atas adalah tiap 12 jam kontinyu.

\*) = Total Kation dan Total Anion dalam air selalu sama (ekuilibrium) apabila data ion tidak lengkap atau tidak ada pendekatan lain yang dapat digunakan adalah angka TDS dalam CaCO<sub>3</sub> (bukan mg/l TDS) dibagi 2.

\*\*) = Apabila sistem tidak kontinyu, maka lebih baik digunakan water meter untuk mengetahui kapan regenerasi harus dilakukan. Pada kenyataannya, jumlah produksi dan waktu bervariasi tergantung dari kualitas air baku, kualitas air produk dan kontinuitas produksi.

## (2) Pendekatan Volume Resin

Penentuan kapasitas resin dengan pendekatan volume resin berarti jumlah resin yang digunakan ditentukan terlebih dahulu kemudian jumlah produk atau lamanya regenerasi akan diketahui.

Hal ini berlaku apabila konsumen menginginkan produk jadi (pasaran) yang telah difabrikasi di pabrik pembuatnya. Dalam hal ini, manufaktur tidak menghitung jumlah impurity yang terdapat dalam air baku melainkan berdasarkan tetapan baku yang sudah ditetapkan oleh pembuat sehingga performanya bervariasi tergantung dari kualitas air baku. Semakin baik air bakunya, performanya semakin baik dan siklus regenerasinya pun semakin lama.

Untuk mengetahui berapa banyak air yang dapat diproduksi dalam satu siklus atau lamanya regenerasi dapat dilihat contoh berikut:

### III. Penutup

Berdasarkan penjelasan dan contoh-contoh di atas, kami berharap konsumen mendapatkan bekal pengetahuan praktis yang bermanfaat. Apabila konsumen memerlukan informasi yang lebih jelas, silakan menghubungi kami melalui:

Pembelian hubungi:

**PureWaterCare**

**Water Treatment Management**

Office : Apartemen Sentra Timur Residence Tower Hijau Retail H08 EB Pulo Gebang Jakarta Timur

Workshop : Jl. Nusa Indah Raya Blok 37 No 10 Perumnas Klender Jakarta Timur

Telp: 021-7053-8248 , Fax : 021-862-2375, Fax: 021-4870-3967 , Hp : 0852-1830-0576

Website: www.purewatercare.com | Email : purewatercare@gmail.com

### Referensi:

- (1) Reynold, Tom D. 1982. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*. PWS Publishers, Massachusetts
- (2) Fair, Gordon M, *et.al.* 1968. *Water and Wastewater Engineering. Vol 2*. John Wiley & Sons, New York
- (3) Kalvin Lo. *Aquamatic Product: Technology and Sizing*. Osmonics Technical Paper.
- (4) *Properties of Ion Exchange Resin*, DOW Chemical Presentation
- (5) *Fundamental of Ion Exchange Resin*, DOW Chemical Presentation
- (6) *Deminalization with Ion Exchange Resins*, DOW Chemical Presentation
- (7) *Water Chemistry in Ion Exchange*, DOW Chemical Presentation