

BAB II

Tinjauan Pustaka

2.1 Demineralisasi

Proses demineralisasi adalah suatu proses penghilangan garam-garam mineral yang ada didalam air, sehingga air yang dihasilkan mempunyai kemurnian yang tinggi. Pada dasarnya proses ini seperti apa yang dilakukan didalam pelunakan air secara pertukaran ion. Bahan penukar ion yang digunakan terdiri dari penukar kation dan penukar anion. Penukar kation dikenal orang dengan sebutan Resin asam karena penukar ion-nya adalah ion hydrogen (H^+), sedangkan penukar anion dikenal dengan sebutan Resin basa karena penukar ion-nya adalah ion hidroksida (OH^-). Resin asam secara umum ditulis dengan simbol H_2R dan Resin basa dengan simbol $R(OH)_2$. Kedua macam Resin ini dapat ditempatkan secara terpisah pada dua buah bejana ataupun dalam satu buah bejana. Susunannya harus berurutan (seri) dimana yang pertama adalah Resin asam dan yang berikutnya (Ir. Kardjono SA, MT, 2007).

2.2 Air

Seperti juga energi dan bahan proses, air mutlak diperlukan dalam industri kimia. Air digunakan untuk bermacam-macam keperluan, misalnya:

- Sebagai media pemanas (air panas) dan media pendingin (air pendingin, es)
- Sebagai bahan baku untuk pembuatan kukus (air umpan ketel)
- Sebagai energi hidrolik (penggerak pada alat sentrifugasi, torak hidrolik)

- Sebagai bahan proses (melarutkan, mensuspensikan, mencuci, bahan baku sintesa)
- Sebagai air minum, bahan pembersih, pemadam api.

2.2.1 Air Alam

Air alam selalu mengandung beberapa macam pengotor, misalnya:

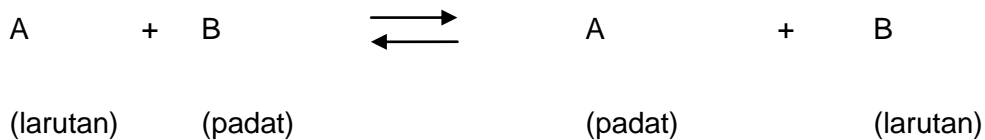
- Gas yang larut (O_2 , CO_2)
- Garam yang larut ($Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$, $CaSO_4$)
- Zat-zat organik yang larut
- Zat-zat tersuspensi dan mikroorganisme

Garam-garam kalsium dan magnesium yang larut di dalam air menunjukkan tinggi rendahnya kesadahan air, dengan sabun, garam-garam tersebut akan bereaksi menjadi garam-garam yang tak larut sehingga menjadi tidak berbusa. Ada dua macam kesadahan air, yaitu kesadahan sementara dan kesadahan tetap. (Bernasconi, G.).

2.3 Penukar Ion dalam Air

Proses penukar ion merupakan reaksi kimia antara ion dalam fase cair dan ion dalam fase padat [Reynold, T.D. 1977]. Misal dalam pelunakan air sadah dengan penukar ion, maka ion Mg dan Ion Ca dalam larutan akan dipindahkan oleh ion natrium. Reaksi kimia penukar ion ini berlangsung stoikiometri dan reversible serta mengikuti hukum kekekalan massa. Material penukar ion secara komersial yang pertama kali digunakan adalah zeolit alam untuk pelunakan air sadah, namun

dengan perkembangan teknologi, maka banyak digunakan senyawa organik penukar ion sintetis. Reaksi kimianya adalah



Konstanta kesetimbangannya adalah K , disebut selektivitas atau K_A . Penggantian zeolit alam dengan zeolit sintetis karena resin penukar organik sintetis memiliki kapasitas yang lebih besar. Resin penukar kation sintetis adalah polimer dengan gugus reaktif misal sulfonik, fenolik dan karbosiklik.

Proses penukar ion berlangsung pada proses batch atau fluidized bed reaktor atau dalam kolom, namun proses $vv = \text{batch}$ lebih sederhana jika dibandingkan dengan proses penukar ion dalam kolom. Penukar ion (ion exchanger) adalah proses kimia yang diungkap dalam bentuk persamaan dalam stoikiometri misalkan jika ion A dalam larutan menggantikan ion B dalam fase padat. [Brenann, J.G et al, 1969].

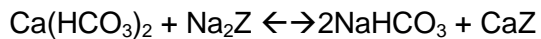
2.4 Tujuan Penukar Ion

Tujuan penukar ion adalah mempelajari landasan teori dan prinsip-prinsip penukar ion, jenis resin, padatan seperti CaSO_4 , MgCl_2 , MgSO_4 , CaCl_2 , Regenerasi resin Demineralisasi desalting air dan air limbah.

2.5 Jenis Resin Penukar Ion

Resin dibedakan menurut resin sintesis dan resin alam. Resin alam misal zeolit, pasir hijau (green sands) dan natrolites. Zeolit adalah senyawa kompleks

silikat. Zeolit alam mampu menukar ion Na^+ dengan Ca^{++} , Mg^+ , dan Fe^{++} dalam larutan.



Kation zeolit mampu menghilangkan kesadahan dalam air. Jika zeolit sudah jenuh dapat di regenerasi kembali dengan mengalirkan balik aliran dan melarutkan garam dapur NaCl .

Resin sintesis adalah resin yang dibuat oleh bahan matrik polimer dengan gugus fungsional ionik yang larut dan menempel pada rantai polimer. Resin terdapat dalam bentuk gel atau resin makroporus. Resin makroporus mempunyai volume lebih kecil jika dibandingkan dengan resin dalam bentuk gel. Resin penukar ion terdapat dalam bentuk granular atau manik manik (shaped) dengan ukuran sekitar 0,1 sampai 1,0 mm (Prof. Dr. Ign. Suharto, APU.2011).

2.6 Struktur dan Jenis Kimia Resin

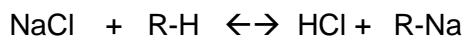
2.6.1 Resin Asam Kuat

Resin asam kuat strong acid resins berisi gugus asam sulfonik yang mempunyai efisiensi regenerasi sekitar 30% sampai 50%. Resin kation asam kuat mempunyai kekuatan reaksi dengan gugus sulfonik atau $-\text{SO}_3\text{H}$ dan resin ini mampu memindahkan semua kation. Regenerasi resin asam kuat biasa dilakukan dengan menggunakan asam sulfat atau asam klorida. Jenis resins asam kuat dapat dibagi menjadi resin berbasis nama dagang, yaitu :

- Resin dowex 50
- Resin asam kuat ($-\text{SO}_3\text{H}$) Penukar kation,

- Resin permutit q
- Resin amberlite IR-120
- Resin purolite C-100 dan
- Resin duolite C-20

Resin asam kuat yaitu , R-SO₃H merupakan resin asam kuat penukar kation [Reynold, T.D 1977]. Fungsi resin asam kuat penukar kation adalah mengubah garam netral menjadi asam yang sesuai. Jika resin yang digunakan merupakan resin tipe asam kuat dengan ion H⁺, maka reaksi kimia sebagai berikut sebagai berikut :



Reaksi kimia resin digunakan untuk pemisahan garam dan membedakan antara resin asam kuat penukar kation dan resin asam lemah penukar kation. Ion Na⁺ dan H⁺ merupakan jenis penukar ion. Ion H⁺ memindahkan seluruh kation yang berada dalam air. jika digunakan siklus ino Na⁺, maka air akan dilunakan dan akan menggantikan logam Fe²⁺ dan Mg dalam air.

2.6.2 Resin Asam Lemah

Resin asam lemah (weak acid resins) berisi gugus asam karbosiklik atau –COOH sebagai spesies Fungsional. Resin asam lemah stabil terhadap panas dan resin asam lemah diregenerasi oleh semua asam yang lebih kuat dari pada gugus fungsionalnya. Effisiensi regenerasi resin asam lemah hampir 100%. Kendala resin asam lemah ialah hanya digunakan dalam air dengan nilah pH lebih besar dari 7.

Resin asam lemah mempunyai kemampuan menukar kation sangat lemah misal gugus karbosiklik atau -COOH dan jenis resin ini memindahkan kation dari basa lemah Ca^{++} dan Mg^{++} Resin asam Lemah (RCOOH) , yaitu :

- Resin permutit H-70 da
- Resin amberlite IRC-50

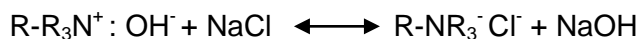
R-COOH merupakan resin asam lemah penukar kation,

2.6.3 Resin Basa Kuat

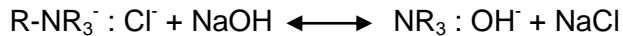
Resin basa kuat (strong base resins) berisi gugus amine kuartener sebagai spesies fungsional. Resin basa kuat mempunyai kemampuan memindahkan gugus ammonium kurtener dan semua anion. Resin basa kuat penukar anion, yaitu:

- Dowex-1
- Permutit S-1
- Amberlite IRA-4500, dan
- Purolite A-400
- $\text{R-R}_3\text{N}^+ \text{OH}^-$ = merupakan resin basa kuat penukar anion,

Fungsi resin basa kuat ialah untuk mengubah garam menjadi basa. Reaksi pada lawan ion OH^-



Resin basa kuat biasanya digunakan setelah penukar kation untuk proses demineralisasi air. Regenerasi dilakukan menggunakan NaOH dan reaksi kimia regeberasi resin basa kuat:



Regenerasi resin basa kuat dapat dilakukan dengan NaOH dengan efisiensi 30% sampai 50% (Prof. Dr. Ign. Suharto, APU.2011).

2.6.4 Resin Basa Lemah

Fungsi resin basa lemah (weak base resins) penukar ion ialah untuk menukar asam kuat dengan adsorpsi air yang tidak dapat menguraikan garam: Resin basa lemah berisi tersier (-NR₂), sekunder (-NHR), atau gugus amino primer (-NH₂) atau campurannya sebagai spesies fungsional. Nilai pH air diatur kurang dari 7. Resin basa lemah dapat diregenerasi dengan NaOH, Na₂CO₃ dan NH₄OH dengan efisiensi regenerasi hampir 100%. Resin basa lemah mampu memindahkan gugus amine dan memindahkan anion dari asam kuat seperti SO₄ dan Cl⁻. Resin penukar anion basa lemah:

- Dowex-3
- Permutit W
- Amberlite IRA-45
- R-NH₂⁻ merupakan resin basa lemah penukar anion

(Prof. Dr. Ign. Suharto, APU.2011).

2.7 Kesadahan

Air sadah berasal dari air hujan yang melewati formasi geologi atau lapisan batu kapur. Konsentrasinya berbeda-beda, ada yang besar dan kecil. Konsentrasi yang bernilai besar inilah yang harus diolah dengan cara pelunakan atau *softening*. Menurut definisinya, kesadahan ialah kehadiran kation multivalen (valensi 2 atau 3)

berkonsentrasi tinggi di dalam air. Penyebab utama dari sekian banyak kation adalah Ca dan Mg, yang lainnya ialah besi, mangan, timbal, barium, aluminium. Anion yang terlibat biasanya bikarbonat, sulfat, klorida, nitrat, dan silikat. Proses terjadinya air sadah ini tidak lepas dari siklus hidrologi. Air hujan yang sampai ke Bumi, ada yang melimpas (*run-off*) ada juga yang meresap (infiltrasi) ke dalam tanah lalu mengalami perkolasi (menyusup) di lapisan tanah dalam. Air ketika mengalir di lapisan tanah atas (*top-soil*), terjadi aktivitas mikroba yang menghasilkan gas karbondioksida (CO_2). Air dan CO_2 ini akan membentuk asam karbonat (H_2CO_3). Asam inilah yang kemudian bereaksi dengan batu kapur atau gamping (CaCO_3 , MgCO_3) menjadi kalsium bikarbonat, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan magnesium bikarbonat, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$.

(Gede H. Cahyana, 2010)

2.8 Jenis – Jenis Kesadahan

- Kesadahan Sementara

Kesadahan Sementara disebabkan oleh garam – garam karbonat (CO_3^{2-}) dan bikarbonat (HCO_3^-) dari kalsium dan magnesium. Kesadahan ini dapat dihilangkan dengan cara pemanasan atau dengan pembubuhan kapur tohor.

- Kesadahan Tetap

Kesadahan tetap disebabkan oleh adanya garam – garam klorida (Cl^-) dan sulfat (SO_4^{2-}) dari kalsium dan magnesium. Kesadahan ini disebut juga kesadahan non karbonat yang tidak dapat dihilangkan dengan cara pemanasan, tetapi dapat dihilangkan dengan cara periyukaran ion.

Tingkat kesadahan air biasanya digolongkan seperti ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Klasifikasi Tingkat Kesadahan

Mg/l CaCO ₃	Tingkat Kesadahan
0 – 75	Lunak (<i>soft</i>)
75 – 150	Sedang (<i>moderately hard</i>)
150 – 300	Tinggi (<i>hard</i>)
>300	Tinggi sekali (<i>very hard</i>)

Tingkat kesadahan air dapat dinyatakan dalam satuan mg/l CaCO₃ atau ppm CaCO₃ dalam satuan Grain atau derajat. Hubungan antara satuan – satuan tersebut adalah sebagai berikut :

1 grain per US gallon = 1 ° (derajat) = 17,1 ppm CaCO₃

100 ppm CaCO₃ = 40 ppm kalsium

1 derajat (Inggris) = 10 mg CaCO₃/ 0,7 l air

1 derajat (Jerman) = 10 mg CaCO₃ = 17,8 mg CaCO₃/ l air

1 derajat (Prancis) = 10 mg CaCO₃/ l air

(Nusa Idaman Said dan Ruliasih)