

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pertukaran Ion

Pertukaran ion adalah proses dimana satu bentuk ion dalam senyawa dipertukarkan untuk beberapa bentuk, yaitu kation ditukar dengan kation dan anion ditukar dengan anion. Pertukaran ion berlangsung secara reversibel dan dapat diregenerasi atau diisi dengan ion-ion yang diinginkan melalui pencucian dengan ion-ion yang berlebih. Pertukaran ion secara luas digunakan untuk pengolahan air dan limbah cair, terutama digunakan pada proses penghilangan kesadahan dan dalam proses demineralisasi air. Kapasitas penukaran ion ditentukan oleh jumlah gugus fungsional per-satuan massa resin. Dalam hal ini, bentuk pertukaran ion terbagi menjadi 3 macam, yaitu:

1. Penukar kation yaitu pertukaran ion yang bermuatan positif (kation)
2. Penukar anion yaitu pertukaran ion yang bermuatan negative (anion)
3. Pertukaran atmosfer yaitu dapat melakukan pertukaran baik kation maupun anion secara simultan.

Proses pertukaran ion terjadi secara kontinyu sampai resin telah jenuh dengan ion yang ditukarkan. Oleh karena itu, jika resin telah jenuh dengan ion yang dipertukarkan, maka dapat diregenerasi dengan asam atau basa (Ita Ulfin, 2013).

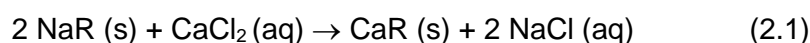
2.2 Prinsip-prinsip Pertukaran Ion

Pertukaran ion adalah sebuah proses fisika-kimia. Pada proses tersebut senyawa yang tidak larut, dalam hal ini resin, menerima ion positif atau negatif

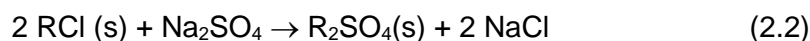
tertentu dari larutan dan melepaskan ion-ion lain ke dalam larutan tersebut dalam jumlah ekuivalen yang sama. Jika ion-ion yang dipertukarkan berupa kation, maka resin tersebut dinamakan dengan resin penukar kation, sedangkan jika ion-ion yang dipertukarkan berupa anion, maka resin tersebut dinamakan dengan resin penukar anion.

Contoh reaksi pertukaran kation dan reaksi pertukaran anion disajikan pada reaksi (2.1) dan (2.2) di bawah ini:

Reaksi pertukaran kation:



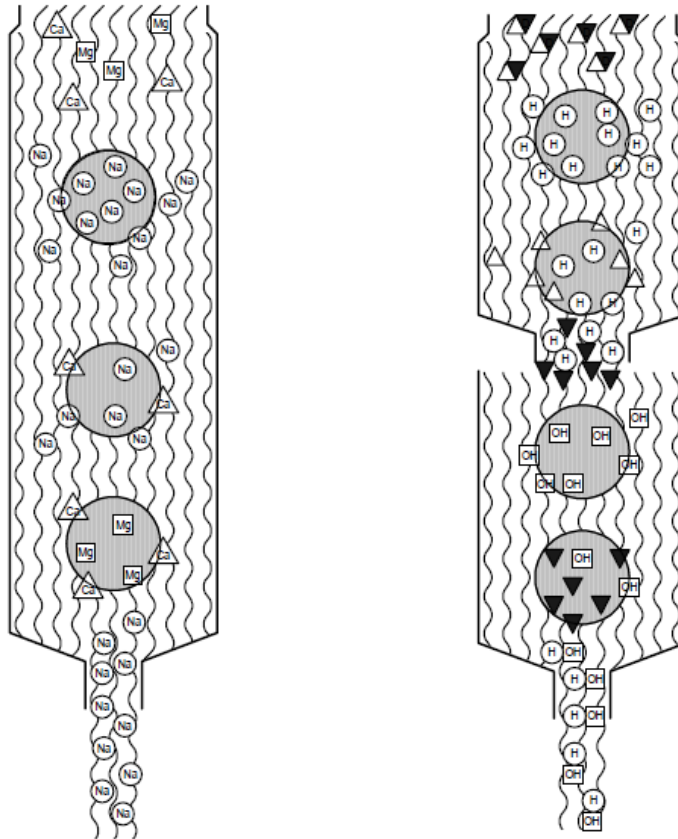
Reaksi pertukaran anion:



Reaksi (2.1) menyatakan bahwa larutan yang mengandung CaCl_2 diolah dengan resin penukar kation NaR, dengan R menyatakan resin. Resin mempertukarkan ion Na^+ larutan dan melepaskan ion Na^+ yang dimilikinya ke dalam larutan. Secara ilustratif hal ini diberikan pada Gambar 1. Proses penukaran kation yang diikuti dengan penukaran anion untuk mendapatkan air demin (*demineralized water*) diberikan pada Gambar 2. Tahap terjadinya reaksi pertukaran ion disebut tahap layanan (*service*).

Jika resin tersebut telah mempertukarkan semua ion Na^+ yang dimilikinya, maka reaksi pertukaran ion akan terhenti. Pada saat itu resin dikatakan telah mencapai titik habis (*exhausted*), sehingga harus diregenerasi dengan larutan yang mengandung ion Na^+ seperti NaCl. Tahap regenerasi merupakan kebalikan dari tahap layanan. Reaksi yang terjadi pada tahap regenerasi merupakan kebalikan reaksi (2.1). Resin penukar kation yang mempertukarkan ion Na^+ tahap tersebut di atas dinamakan resin penukar kation dengan siklus Na. Resin

penukar kation dengan siklus H akan mempertukarkan ion H^+ pada tahap layanan dan regenerasi (Tjandra Setiadi, 2007).



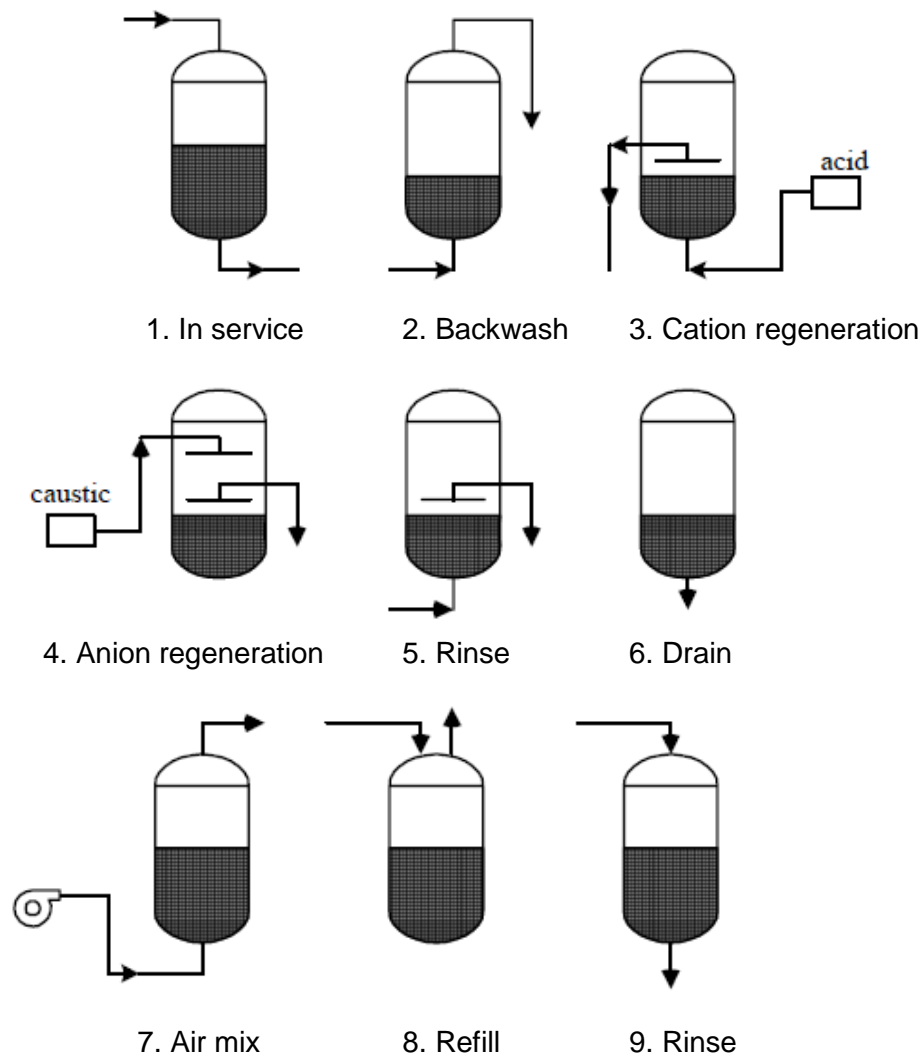
Gambar 1. Proses penukaran ion Ca dengan Na (Pelunakan) dan Gambar 2. Proses Demineralisasi

2.3 Operasi Sistem Pertukaran Ion

Operasi sistem pertukaran ion dilaksanakan dalam empat tahap, yaitu:

1. Tahap layanan (*service*),
2. Tahap pencucian balik (*backwash*),
3. Tahap regenerasi, dan
4. Tahap pembilasan.

Tahapan-tahapan tersebut dapat pula dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahapan-tahapan operasi dalam sistem pertukaran ion

2.3.1 Tahap Layanan

Tahap layanan adalah tahap dimana terjadi reaksi pertukaran ion, seperti ditunjukkan oleh reaksi-reaksi (2.3), (2.5), (2.6), (2.7) dan (2.10) di atas. Sifat tahap layanan ditentukan oleh konsentrasi ion yang dihilangkan terhadap waktu, atau volume air produk yang dihasilkan.

Hal yang penting pada tahap layanan adalah kapasitas (teoritik dan operasi) dan beban pertukaran ion (*ion exchange load*). Kapasitas pertukaran teoritik didefinisikan sebagai jumlah ion secara teoritik yang dapat dipertukarkan

oleh resin per satuan massa atau volume resin. Kapasitas pertukaran ion teoritik ditentukan oleh jumlah gugus fungsi yang dapat diikat oleh matriks resin. Kapasitas operasi adalah kapasitas resin aktual yang digunakan untuk reaksi pertukaran pada kondisi tertentu. Beban pertukaran ion adalah berat ion yang dihilangkan selama tahap layanan dan diperoleh dari hasil kali antara volume air yang diolah selama tahap layanan dengan konsentrasi ion yang dihilangkan. Tahap layanan ini dilakukan dengan cara mengalirkan air umpan dari atas.

2.3.2 Tahap Pencucian Balik

Tahap pencucian balik dilakukan jika kemampuan resin telah mencapai titik habis. Sebagai pencuci digunakan air produk. Pencucian balik mempunyai sasaran sebagai berikut:

1. Pemecahan resin yang tergumpal
2. Penghilangan partikel halus yang terperangkap dalam ruang antar resin
3. Penghilangan kantong-kantong gas dalam unggun, dan
4. Pembentukan ulang lapisan resin

Pencucian balik dilakukan dengan pengaliran air dari bawah ke atas (*up flow*). Pada tahap ini terjadi pengembangan unggun antara 50 hingga 70%.

2.3.3 Tahap Regenerasi

Tahap regenerasi adalah operasi penggantian ion yang terserap dengan ion awal yang semula berada dalam matriks resin dan pengembalian kapasitas ke tingkat awal atau ke tingkat yang diinginkan.

Larutan regenerasi harus dapat menghasilkan titik puncak (mengembalikan waktu regenerasi dan jumlah larutan yang digunakan). Jika sistem dapat dikembalikan ke kemampuan pertukaran awal, maka ekivalen ion yang digantikan harus sama dengan ion yang dihilangkan selama tahap layanan.

Jadi secara teoritik, jumlah larutan regenerasi (dalam ekivalen) harus sama dengan jumlah ion (dalam ekivalen) yang dihilangkan (**kebutuhan larutan regenerasi teoritik**). Operasi regenerasi agar resin mempunyai kapasitas seperti semula sangat mahal, oleh sebab itu maka regenerasi hanya dilakukan untuk menghasilkan sebagian dari kemampuan pertukaran awal. Upaya tersebut berarti bahwa regenerasi ditentukan oleh **tingkat regenerasi** (*regeneration level*) yang diinginkan. Tingkat regenerasi dinyatakan sebagai jumlah larutan regenerasi yang digunakan per volume resin. Perbandingan kapasitas operasi yang dihasilkan pada tingkat regenerasi tertentu dengan kapasitas pertukaran yang secara teoritik yang dapat dihasilkan pada tingkat regenerasi itu disebut **efisiensi regenerasi**.

Efisiensi regenerasi resin penukar kation asam kuat yang diregenerasi dengan H_2 anion basa kuat yang diregenerasi dengan NaOH antara 20-50%, oleh sebab itu pemakaian larutan regenerasi 2-5 kali lebih besar dari kebutuhan teoritik. Pada resin penukar kation asam lemah dan resin penukar anion basa lemah efisiensi dapat mendekati harga 100%, atau dengan kata lain kebutuhan larutan regenerasi untuk resin penukar golongan lemah lebih sedikit. Hal tersebut dapat dijelaskan dengan dua alasan. Pertama, kekariban resin golongan lemah dengan ion H dan ion OH lebih besar dibandingkan dengan resin golongan kuat. Kedua, nilai koefisien selektivitas untuk regenerasi adalah kebalikan dari koefisien selektivitas untuk pertukaran awal.

Besaran untuk menyatakan tingkat efisiensi penggunaan larutan regenerasi adalah **nisbah regenerasi** (*regeneration ratio*) yang didefinisikan sebagai berat larutan regenerasi dinyatakan dalam ekivalen atau gram $CaCO_3$ dibagi dengan beban pertukaran ion yang dinyatakan dalam satuan yang sama.

Semakin rendah nisbah regenerasi, semakin efisien penggunaan larutan regenerasi. Harga nisbah regenerasi merupakan kebalikan harga efisiensi regenerasi. Operasi regenerasi dilakukan dengan mengalirkan larutan regenerasi dari atas.

2.3.4 Tahap Pembilasan

Tahap pembilasan dilakukan untuk menghilangkan sisa larutan regenerasi yang terperangkap oleh resin. Pembilasan dilakukan menggunakan air produk dengan aliran *down flow* dan dilaksanakan dalam dua tingkat, yaitu:

1. Tingkat laju alir rendah untuk menghilangkan larutan regenerasi, dan
2. Tingkat laju alir tinggi untuk menghilangkan sisa ion. Limbah pembilasan tingkat laju alir rendah digabungkan dengan larutan garam dan dibuang, sedangkan limbah pembilasan tingkat laju alir tinggi disimpan dan digunakan sebagai pelarut senyawa untuk regenerasi (Tjandra Setiadi, 2007).

2.4 Resin Penukar Ion

Resin adalah senyawa hidrokarbon terpolimerisasi sampai tingkat yang tinggi yang mengandung ikatan-ikatan hubung silang (*cross-linking*) serta gugusan yang mengandung ion-ion yang dapat dipertukarkan (Lestari, 2007).

2.4.1 Jenis-jenis Resin Penukar Ion

Berdasarkan jenis gugus fungsi yang digunakan, resin penukar ion dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu:

1. Resin penukar kation asam kuat
2. Resin penukar kation asam lemah
3. Resin penukar anion basa kuat, dan

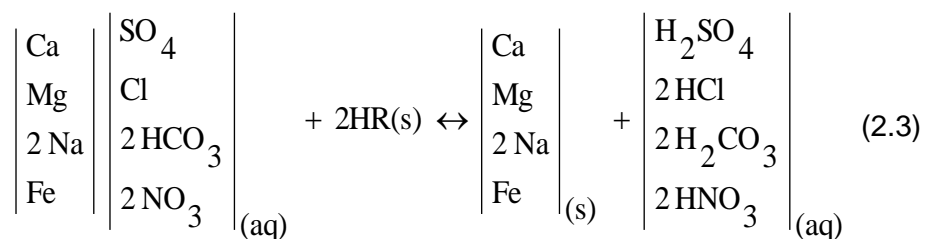
4. Resin penukar anion basa lemah.

Resin penukar kation mengandung gugus fungsi seperti sulfonat (R-SO₃H), fosfonat (R-PO₃H₂), phenolat (R-OH), atau karboksilat (R-COOH), dengan R menyatakan resin. Gugus fungsi pada resin penukar ion asam kuat adalah asam kuat seperti sulfonat, fosfonat, atau phenolat, dan gugus fungsi pada resin penukar asam lemah adalah karboksilat.

Gugus fungsi pada resin penukar anion adalah senyawa amina (primer/R-NH₂, sekunder/R-N₂H, tersier/R-R'₂N) dan gugus ammonium kuartener (R-NR'₃/tipe I, R-R'₃N+OH/tipe II), dengan R' menyatakan radikal organik seperti CH₃. Resin anion yang mempunyai gugus fungsi ammonium kuartener disebut resin penukar anion basa kuat dan resin penukar anion basa lemah mempunyai gugus fungsi selain ammonium kuartener.

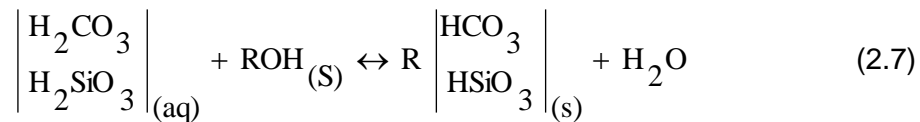
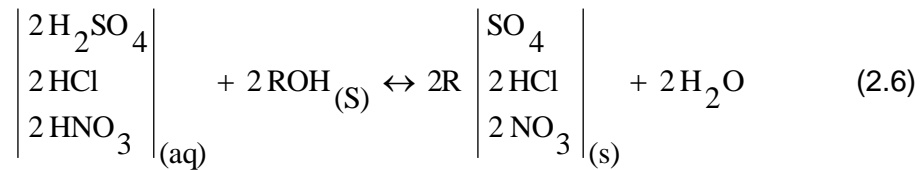
2.4.1.1 Resin Penukar Kation Asam Kuat

Resin penukar kation asam kuat yang beroperasi dengan siklus H, regenerasi dilakukan menggunakan asam HCl atau H₂SO₄. Reaksi pada tahap layanan adalah sebagai berikut:

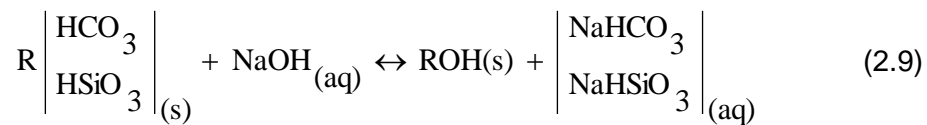
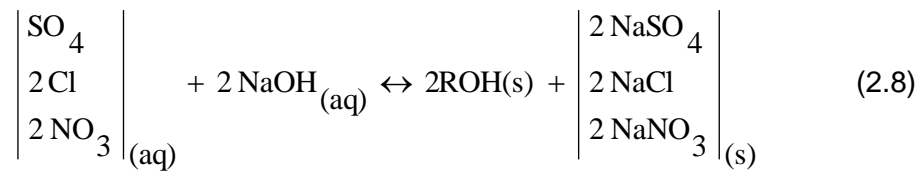


Konsentrasi asam keseluruhan yang dihasilkan oleh reaksi (2.3) disebut *Free Mineral Acid* (FMA). Jika nilai FMA turun, berarti kemampuan resin mendekati titik-habis dan regenerasi harus dilakukan. Reaksi pada tahap regenerasi adalah sebagai berikut:

Tahap layanan:

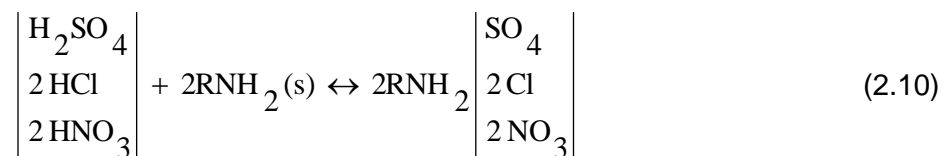


Tahap Regenerasi:

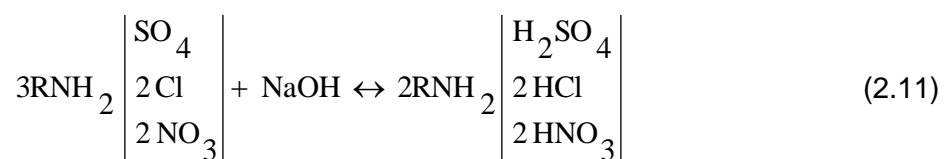


2.4.1.4 Resin Penukar Anion Basa Lemah

Resin penukar anion basa lemah hanya dapat memisahkan asam kuat seperti HCl dan H₂SO₄, tetapi tidak dapat menghilangkan asam lemah seperti asam silikat dan asam karbonat, oleh sebab itu resin penukar anion basa lemah acap kali disebut sebagai *acid adsorbers*. Reaksi-reaksi yang terjadi pada tahap layanan adalah sebagai berikut:



Resin penukar anion basa lemah dapat diregenerasi dengan NaOH, NH₄OH atau N₂CO₃ seperti ditunjukkan oleh reaksi di bawah ini:



2.4.2 Sifat-sifat Penting Resin Penukar Ion

Sifat-sifat penting resin penukar ion adalah sebagai berikut:

1. Kapasitas Penukaran ion

Sifat ini menggambarkan ukuran kuantitatif jumlah ion-ion yang dapat dipertukarkan dan dinyatakan dalam mek (milliekivalen) per gram resin kering dalam bentuk hydrogen atau kloridanya atau dinyatakan dalam milliekivalen tiap milliliter resin (meq/ml).

2. Selektivitas

Sifat ini merupakan suatu sifat resin penukar ion yang menunjukkan aktifitas pilihan atas ion tertentu. Hal ini disebabkan karena penukar ion merupakan suatu proses stoikiometrik dan dapat balik (*reversible*) dan memenuhi hukum kerja massa. Faktor yang menentukan selektivitas terutama adalah gugus ionogenik dan derajat ikat silang. Secara umum selektivitas penukaran ion dipengaruhi oleh muatan ion dan jari-jari ion. Selektivitas resin penukar ion akan menentukan dapat atau tidaknya suatu ion dipisahkan dalam suatu larutan apabila dalam larutan tersebut terdapat ion-ion bertanda muatan sama, demikian juga dapat atau tidaknya ion yang telah terikat tersebut dilepaskan.

3. Derajat ikat silang (*cross linking*)

Sifat ini menunjukkan konsentrasi jembatan yang ada di dalam polimer. Derajat ikat silang tidak hanya mempengaruhi kelarutan tetapi juga kapasitas pertukaran, perilaku mekaran, perubahan volume, selektivitas, dan oksidasi.

4. Porositas

Nilai porositas menunjukkan ukuran pori-pori saluran-saluran kapiler. Ukuran saluran-saluran ini biasanya tidak seragam. Porositas berbanding langsung derajat ikat silang, walaupun ukuran saluran-saluran kapilernya tidak seragam.

Jalanan resin penukar mengandung rongga-rongga, tempat air terserap masuk. Porositas mempengaruhi kapasitas dan selektivitas. Bila tanpa pori, hanya gugus ionogenik di permukaan saja yang aktif.

5. Kestabilan resin

Kestabilan penukar ion ditentukan juga oleh mutu produk sejak dibuat. Kestabilan fisik dan mekanik terutama menyangkut kekuatan dan ketahanan gesekan. Ketahanan terhadap pengaruh osmotik, baik saat pembebanan maupun regenerasi, juga terkait jenis monomernya. Kestabilan termal jenis makropori biasanya lebih baik daripada yang gel, walau derajat ikat silang serupa. Akan tetapi lakukan panas penukar kation makropori agak mengubah struktur kisi ruang dan porositasnya (Lestari, 2007).

2.5 Kesadahan

Kesadahan berasal dari kata sadah yang berarti mengandung kapur, jadi kesadahan air adalah adanya kandungan kapur yang berlebih yang terdapat dalam air yang disebabkan oleh lapisan tanah kapur yang dilaluinya. Air sadah adalah air yang memiliki kadar mineral yang tinggi, sedangkan air lunak adalah air dengan kadar mineral yang rendah. Dalam air sadah, sabun tidak akan menghasilkan busa atau menghasilkan sedikit sekali busa. Sedangkan dalam air lunak, sabun akan menghasilkan busa yang banyak. Jenis sumber air yang banyak mengandung sadah adalah air tanah khususnya air tanah dalam. Hal ini terjadi karena air tanah mengalami kontak dengan batuan kapur dimana lapisan tanahnya dilalui oleh air. Pada umumnya kesadahan disebabkan oleh adanya logam-logam atau kation bervalensi 2, seperti Fe, Sr, Mn tetapi penyebab utama dari kesadahan adalah Kalsium (Ca^{2+}) dan magnesium (Mg^{2+}) (Rahmania, 2006).

2.5.1 Jenis Kesadahan

Berdasarkan sifatnya, kesadahan dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu:

1. Air sadah sementara

Air sadah sementara adalah air sadah yang mengandung ion bikarbonat (HCO_3^-), atau boleh jadi air tersebut mengandung senyawa kalsium bikarbonat ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) dan atau magnesium bikarbonat ($\text{Mg}((\text{HCO}_3)_2)$). Air yang mengandung ion atau senyawa-senyawa tersebut disebut air sadah sementara karena kesadahannya dapat dihilangkan dengan cara pemanasan air, sehingga air tersebut terbebas dari ion Ca^{2+} dan atau Mg^{2+} .

2. Air sadah tetap

Air sadah tetap adalah air sadah yang mengandung anion selain ion bikarbonat, misalnya dapat berupa ion Cl^- , NO_3^- dan SO_4^{2-} . Berarti senyawa yang terlarut dalam air boleh jadi berupa kalsium klorida (CaCl_2), kalsium nitrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), kalsium sulfat (CaSO_4), magnesium klorida (MgCl_2), magnesium nitrat ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$), dan magnesium sulfat (MgSO_4). Air sadah tetap tidak bisa dihilangkan dengan cara pemanasan. Untuk membebaskan air tersebut dari kesadahan maka harus dilakukan dengan cara kimia, yaitu dengan mereaksikan air tersebut dengan zat-zat kimia tertentu. Pereaksi yang digunakan adalah larutan karbonat, yaitu Na_2CO_3 atau K_2CO_3 . Penambahan larutan karbonat ini dimaksudkan untuk mengendapkan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} (Rahmania, 2006).

2.5.2 Tipe-tipe Kesadahan

Secara lebih rinci kesadahan dibagi dalam dua tipe, yaitu:

1. Kesadahan umum atau "**General Hardness (GH)**"

Merupakan ukuran yang menunjukkan jumlah ion kalsium (Ca^{2+}) dan ion magnesium (Mg^{2+}) dalam air. Ion-ion lain sebenarnya ikut pula mempengaruhi

nilai GH, akan tetapi pengaruhnya diketahui sangat kecil dan relatif sulit diukur sehingga diabaikan. Kesadahan umum (GH) pada umumnya dinyatakan dalam satuan ppm (part per million/satu persepjuta bagian) kalsium karbonat (CaCO_3), tingkat kekerasan (dH), atau dengan menggunakan konsentrasi molar CaCO_3 . Satu satuan kesadahan Jerman atau dH sama dengan 10 mg CaO (kalsium oksida) perliter air. Kesadahan pada umumnya menggunakan satuan ppm CaCO_3 , dengan demikian satu satuan Jerman (dH) dapat diekspresikan sebagai 17,8 ppm CaCO_3 . Sedangkan satuan konsentrasi molar dari 1 mill ekuivalen = 2,8 dH = 50 ppm. Berikut adalah kriteria selang kesadahan yang biasa dipakai:

0 – 40 dH, 0 – 70 ppm : sangat rendah (sangat lunak)

4 – 8 dH, 70 – 140 ppm : rendah (lunak)

8 – 12 dH, 140 – 210 ppm : sedang

12 – 18 dH, 210 – 320 ppm : agak tinggi (agak keras)

– 30 dH, 320 – 530 ppm : tinggi (keras)

2. Kesadahan Karbonat atau "Carbonate Hardness (KH)"

Merupakan besaran yang menunjukkan kandungan ion bikarbonat (HCO_3^-) dan karbonat (CO_3^{2-}) di dalam air. Dalam aquarium air tawar, pada kisaran pH netral, ion bikarbonat lebih dominan, sedangkan pada aquarium air laut ion karbonat lebih berperan. KH sering disebut sebagai alkalinitas yaitu suatu ekspresi dari kemampuan air untuk mengikat kemasaman (ion-ion yang mampu mengikat H^+). Oleh karena itu, dalam sistem air tawar, istilah **kesadahan karbonat**, pengikat kemasaman, kapasitas pem-bufferan asam, dan alkalinitas sering digunakan untuk menunjukkan hal yang sama. Dalam hubungannya dengan kemampuan air mengikat kemasaman, KH berperan sebagai agen pem-bufferan yang berfungsi untuk menjaga kestabilan pH. KH pada umumnya sering

dinyatakan sebagai derajat kekerasan dan diekspresikan dalam CaCO_3 seperti hanya GH (Rahmania, 2006).

2.6 Zeolit

Zeolit merupakan suatu mineral yang dihasilkan dari proses hydrothermal pada batuan beku basa. Mineral ini biasanya ditemukan dalam celah – celah ataupun rekahan batuan. Selain itu zeolit juga merupakan endapan dari aktifitas vulkanik yang banyak mengandung silika. Adanya zeolit di alam berkontribusi dalam pembersihan lingkungan khususnya dalam mereduksi pencemaran air. Karena sifat yang dimiliki oleh zeolit, maka mineral ini dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, secara umum zeolit mampu menyerap, menukar ion dan menjadi katalis.

Sifat zeolit sebagai adsorben dan penyaring molekul, dimungkinkan karena struktur zeolit yang berongga, sehingga zeolit mampu menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran lebih kecil atau sesuai dengan ukuran rongganya. Selain itu kristal zeolit yang telah terdehidrasi merupakan adsorben yang selektif dan mempunyai efektivitas adsorpsi yang tinggi. Sedangkan sifat zeolit sebagai penukar ion karena adanya kation logam alkali dan alkali tanah. Kation tersebut dapat bergerak bebas didalam rongga dan dapat dipertukarkan dengan kation logam lain dengan jumlah yang sama. Akibat struktur zeolit berongga, anion atau molekul ukuran lebih kecil atau sama dengan rongga dapat masuk dan terjebak.

Pengolahan zeolit secara garis besar dapat dibagi dalam dua tahap, yaitu:

1) Tahapan preparasi

Zeolit diperlakukan sedemikian rupa agar mendapatkan zeolit yang siap olah. Tahap ini berupa pengecilan ukuran dan pengayakan. Tahapan ini

dapat menggunakan mesin secara keseluruhan atau dengan cara sedikit konvensional.

2) Tahapan aktivasi

Aktivasi zeolit dapat dilakukan dengan cara pemanasan atau penambahan pereaksi kimia baik asam maupun basa:

- (a) Aktivasi pemanasan, dilakukan zeolit dalam pengering putar menggunakan bahan umpan yang mempunyai kadar air sekitar 40%, dengan suhu tetap 230°C dan waktu pemanasan selama tiga jam.
- (b) Penambahan pereaksi kimia, dilakukan di dalam bak pengaktifan dengan NaOH dan H₂SO₄. Hal ini dimaksudkan untuk memperoleh temperatur yang dibutuhkan dalam aktivasi. Zeolit yang telah diaktivasi perlu dikeringkan terlebih dahulu, pengeringan ini dapat dilakukan dengan cara menjemurnya di bawah sinar matahari (Wahyu Nughroho, 2013).

2.7 Karbon Aktif

Karbon berpori atau lebih dikenal dengan nama karbon aktif, digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan warna, pengolahan limbah, pemurnian air. Karbon aktif adalah arang yang telah mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimianya karena dilakukan perlakuan aktifisasi dengan aktifator bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi. Karbon aktif akan membentuk amorf yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas dan memiliki permukaan dalam yang berongga, warna hitam, tidak berbau, tidak berasa, dan mempunyai daya serap yang jauh lebih besar dibandingkan dengan karbon yang belum menjalani proses aktivasi.

Secara umum, aktivasi adalah mengubah karbon dengan daya serap rendah menjadi karbon yang mempunyai daya serap tinggi. Untuk menaikkan luas permukaan dan memperoleh karbon yang berpori, karbon diaktivasi, misalnya dengan menggunakan uap panas, gas karbondioksida dengan temperatur antara 700-1100°C, atau penambahan bahan-bahan mineral sebagai aktivator. Selain itu aktivasi juga berfungsi untuk mengusir tar yang melekat pada permukaan dan pori-pori karbon. Aktivasi menaikkan luas permukaan dalam (internal area), menghasilkan volume yang besar, berasal dari kapiler-kepiler yang sangat kecil, dan mengubah permukaan dalam dari struktur pori. Menghasilkan volume yang besar, berasal dari kapiler-kepiler yang sangat kecil, dan mengubah permukaan dalam dari struktur pori (Wahyu Nughroho, 2013).