

BAB II

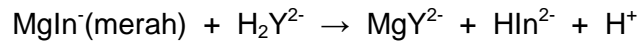
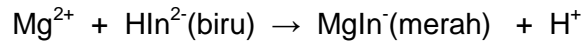
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kesadahan

Kesadahan atau hardness adalah salah satu sifat kimia yang dimiliki oleh air. Penyebab air menjadi sadah adalah karena adanya ion-ion Ca^{2+} , Mg^{2+} , atau dapat juga disebabkan karena adanya ion-ion lain dari polyvalent metal (logam bervalensi banyak) seperti Al, Fe, Mn, Sr dan Zn dalam bentuk garam sulfat, klorida dan bikarbonat dalam jumlah kecil. Kesadahan air adalah kandungan mineral-mineral tertentu di dalam air, umumnya ion kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) dalam bentuk garam karbonat. Air sadah atau air keras adalah air yang memiliki kadar mineral yang tinggi, sedangkan air lunak adalah air dengan kadar mineral yang rendah. Selain ion kalsium dan magnesium, penyebab kesadahan juga bisa merupakan ion logam lain maupun garam-garam bikarbonat dan sulfat. Metode paling sederhana untuk menentukan kesadahan air adalah dengan sabun. Dalam air lunak, sabun akan menghasilkan busa yang banyak. Pada air sadah, sabun tidak akan menghasilkan busa atau menghasilkan sedikit sekali busa. Kesadahan air total dinyatakan dalam satuan ppm berat per volume (w/v) dari CaCO_3 .

Cara untuk mengetahui air yang selalu anda gunakan adalah air sadah atau bukan adalah melalui titrasi Baik kalsium atau magnesium dapat bereaksi dengan EDTA membentuk senyawa kompleks. Apabila dalam suatu sampel air terdapat ion-ion magnesium saja kemudian ditambahkan indikator EBT maka ion magnesium(II) akan mengikat indikator EBT. (H_3In) menghasilkan kompleks berwarna merah (Mg-In), apabila larutan magnesium dititrasi dengan EDTA maka kompleks Mg-In akan terputus dan membentuk kompleks Mg-EDTA yang lebih

stabil daripada kompleks Mg-In, sedangkan In berada dalam keadaan bebas berwarna biru. Titrasi dihentikan ketika warna biru jelas telah terbentuk.



Ion kalsium(II) juga dapat bereaksi dengan EBT menghasilkan kompleks Ca-In, tetapi kompleks ini kurang stabil jika dibandingkan dengan kompleks Mg-In. Sebaliknya kompleks Ca-EDTA lebih stabil jika dibandingkan dengan kompleks Mg-EDTA. Ini berarti bahwa jika dalam larutan hanya terdapat ion kalsium (II), dan kemudian dititrasi dengan EDTA maka perubahan warna akan terjadi jauh sebelum titik akhir tercapai. Untuk mengatasi kekurangan ini maka pada analisis kalsium ditambahkan sedikit magnesium yang akan mengikat indikator lebih stabil.

Pembagian Jenis Kesadahan Air sadah digolongkan menjadi dua jenis, berdasarkan jenis anion yang diikat oleh kation (Ca^{2+} atau Mg^{2+}), yaitu air sadah sementara dan air sadah tetap. Berdasarkan sifatnya, *kesadahan* dapat dibedakan menjadi dua 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 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 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 yang mengandung senyawa-senyawa tersebut disebut air sadah tetap, karena kesadahnannya tidak bisa dihilangkan hanya dengan cara pemanasan. (Fauzan, 2012)

2.2 Penggunaan Zeolit

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk pengolahan limbah adalah dengan adsorpsi. Berbagai macam adsorben yang dapat digunakan untuk adsorpsi antara lain silika gel, kitin, kitosan, asam humat maupun zeolit. Zeolit merupakan suatu kelompok mineral yang dihasilkan dari proses hidrotermal. Unit pembentuk utama yang membangun struktur mineral zeolit adalah SiO_2 dan Al_2O_3 yang membentuk tertrahedral dimana setiap atom oksigen berada pada keempat sudutnya. Struktur rangka utama zeolit ditempati oleh atom silikon atau aluminium dengan empatatom oksigen di setiap sudutnya. Struktur seperti ini merupakan sisi aktif zeolit yang menyebabkan zeolit memiliki kemampuan sebagai adsorben (Kundari, 2008).

Zeolit adalah aluminosilikat berhidrat, alami atau buatan, dengan struktur Kristal berdimensi tiga terbuka, yang di dalam kisinya terdapat molekul air. Air dapat diusir lewat pemanasan dan zeolit kemudian dapat menyerap molekul lain yang ukurannya cocok. Zeolit digunakan untuk memisahkan campuran lewat penyerapan terpilih (selektif). (Fauzan, 2012)

2.5 Karbon Aktif

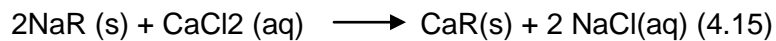
Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya dengan melakukan proses karbonisasi dan aktivasi. Pada proses tersebut terjadi penghilangan hidrogen, gas-gas dan air dari permukaan karbon sehingga terjadi perubahan fisik pada permukaannya. Aktivasi ini terjadi karena terbentuknya gugus aktif akibat adanya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen. Karbon aktif terdiri dari 87 - 97 % karbon dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur dan nitrogen serta senyawa-senyawa lain yang terbentuk dari proses pembuatan. Volume pori-pori karbon aktif biasanya lebih besar dari 0,2 cm³/gram. Pada dasarnya karbon aktif dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung karbon baik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, binatang maupun barang tambang seperti berbagai jenis kayu, sekam padi, tulang binatang, batu bara, kulit biji kopi, tempurung kelapa, tempurung kelapa sawit dan lain-lain. Bahan-bahan alami tersebut dipreparasi dengan cara karbonisasi dan aktivasi sehingga menghasilkan karbon aktif. Karbon aktif digunakan pada berbagai bidang aplikasi sesuai dengan jenisnya (Anonim.2014).

2.4 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 lain ke dalam larutan tersebut dalam jumlah ekuivalen yang sama. Jika ion yang dipertukarkan berupa kation, maka resin tersebut dinamakan resin penukar kation, dan jika ion yang dipertukarkan

berupa anion, maka resin tersebut dinamakan resin penukar anion. Contoh reaksi pertukaran kation dan reaksi pertukaran anion disajikan pada reaksi :

Reaksi pertukaran kation :



Reaksi pertukaran anion :



Reaksi (4.15) menyatakan bahwa larutan yang mengandung CaCl_2 diolah dengan resin penukar kation NaR, dengan R menyatakan resin. 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 (4.15). 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.

(Alfonsina,2012)

2.5 Resin

Resin ion exchange atau resin penukar ion dapat didefinisi sebagai senyawa hidrokarbon terpolimerisasi, yang mengandung ikatan silang (*crosslinking*) serta gugus-gugus fungsional yang mempunyai ion-ion yang dapat dipertukarkan. Sebagai zat penukar ion, resin mempunyai karakteristik yang berguna dalam analisis kimia, antara lain kemampuan menggelembung (*swelling*), kapasitas

penukaran dan selektivitas penukaran. Pada saat dikontakkan dengan resin penukar ion, maka ion terlarut dalam air akan teresap ke resin penukar ion dan resin akan melepaskan ion lain dalam kesetaraan ekivalen, dengan melihat kondisi tersebut maka kita dapat mengatur jenis ion yang diikat dan dilepas. Sebagai media penukar ion, maka resin penukar ion harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Kapasitas total yang tinggi. Maksudnya resin memiliki kapasitas pertukaran ion yang tinggi.
2. Kelarutan yang rendah dalam berbagai larutan sehingga dapat digunakan berulang-ulang. Resin akan bekerja dalam cairan yang mempunyai sifat melarutkan, karena itu resin harus tahan terhadap air
3. Kestabilan kimia yang tinggi. Resin diharapkan dapat bekerja pada range pH yang luas serta tahan terhadap asam dan basa. Demikian pula terhadap oksidasi dan radiasi.
4. Kestabilan fisik yang tinggi. Resin diharapkan tahan terhadap tekanan mekanis, tekanan hidrostatik cairan serta tekanan osmosis. (David, 2012)

2.5.1 Jenis-Jenis Resin Penukar Ion

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

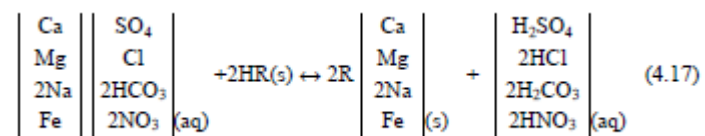
- a. resin penukar kation asam kuat
- b. resin penukar kation asam lemah
- c. resin penukar anion basa kuat, dan
- d. resin penukar anion basa lemah

Resin penukar kation mengandung gugus fungsi seperti sulfonat ($\text{R-SO}_3\text{H}$), fosfonat ($\text{R-PO}_3\text{H}_2$), phenolat (R-OH), atau karboksilat (R-COOH),

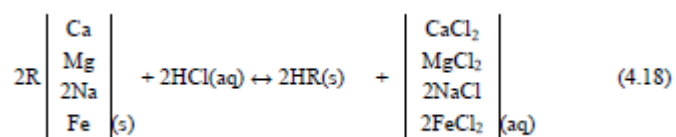
dengan R menyatakan resin. Gugus fungsi pada resin penukar anion adalah senyawa amina (primer/R-NH₂, sekunder/R-N₂H, tersier/R-R'₂N) dan gugus ammonium kuartener (R-NR'₃/tipe I, R-R'₃N+OH/tipe II), dengan R' menyatakan radikal organik seperti CH₃. Resin anion yang mempunyai gugus fungsi ammonium kuartener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

a) 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 sebagai berikut :



Konsentrasi asam keseluruhan yang dihasilkan oleh reaksi (4.17) 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 :

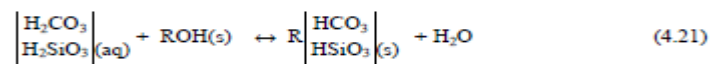
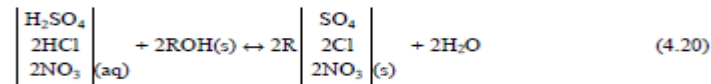


b) Resin Penukar Kation Asam Lemah

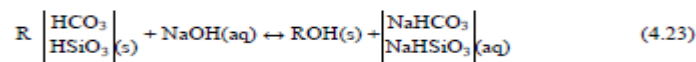
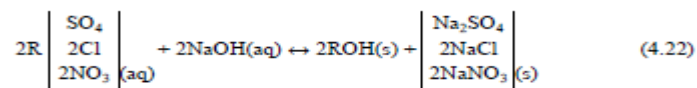
Gugus fungsi pada resin penukar kation asam lemah adalah karboksilat (RCOOH). Jenis resin ini tidak dapat memisahkan garam yang berasal dari asam kuat dan basa kuat, tetapi dapat menghilangkan kation yang berasal dari garam bikarbonat untuk membentuk asam karbonat, atau dengan kata lain resin ini

hanya dapat menghasilkan asam yang lebih lemah dari gugus fungsinya. Reaksi-reaksi yang terjadi pada tahap layanan untuk resin penukar kation asam lemah dengan siklus H, dinyatakan oleh reaksi-reaksi berikut ini :

Operasi layanan :



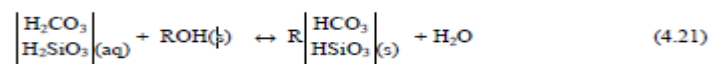
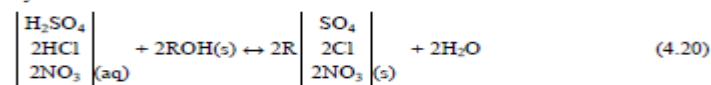
Regenerasi :



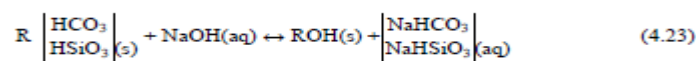
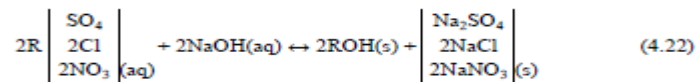
c) Resin Penukar Anion Basa Kuat

Resin penukar kation asam kuat siklus hidrogen akan mengubah garam-garam terlarut menjadi asam (reaksi 4.18), dan resin penukar anion basa kuat akan menghilangkan asam-asam tersebut, termasuk asam silikat dan asam karbonat. Reaksi reaksi yang terjadi pada tahap layanan dan regenerasi adalah sebagai berikut :

Operasi layanan :



Regenerasi :



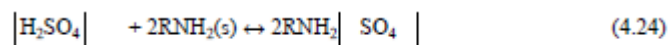
Terdapat dua tipe penukar anion basa kuat. Tipe I dan tipe II. Keduanya memiliki kelompok ammonium kuartener sebagai bagian aktif penukar. Dalam tipe I, kelompok melekat pada nitrogen biasanya kelompok alkil, sementara pada tipe II, salah satu dari kelompok adalah alkanol.



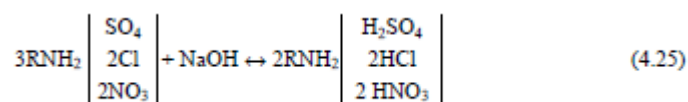
Biasanya resin tipe II digunakan dalam pemurnian air, karena murah. Namun, mereka tidak secara efektif menghilangkan silika, dan juga rentan terhadap pencemar organik.

d) 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 :



2.5.2 Sifat Resin Penukar Ion

Sebuah referensi telah dibuat sebelumnya untuk menentukan sifat resin penukar ion:

a. Kapasitas penukar ion. Kapasitas didefinisikan sebagai jumlah pertukaran yang ada terhadap satu mol resin. Ditunjukkan sebagai milliequivalents per gram (meq/gm) pada resin kering. Karena resin selalu dibuat untuk digunakan dalam kondisi basah, kapasitas selalu kurang dari nilai dalam keadaan kering. Kapasitas dalam keadaan basah ditentukan secara ekperimental dan biasanya 65% dari keadaan kering.

b. Derajat *crosslinking*, berhubungan terhadap perentase agen ikatan hubung silang (*crosslinking*). Hal ini jelas bahwa semakin besar ikatan hubung silang (*crosslinking*), semakin besar kekuatan mekanik resin dan karenanya adanya penggelembungan (*swelling*). Hal tersebut juga menentukan pori dan ukuran saluran.

c. Karakteristik fisika pada penukar ion adalah densitas, ukuran bead, dan keseragaman koefisien dan persentase seluruh bead dalam material.

Ketika resin sedang digunakan, resin mengalami siklus yang berbeda pada treatment selama jangka waktu yang lama. Hal ini menyebabkan penggelembungan berkala dan kontraksi bead resin, setidaknya sekali dalam 24 jam. (Sharfina,2012)

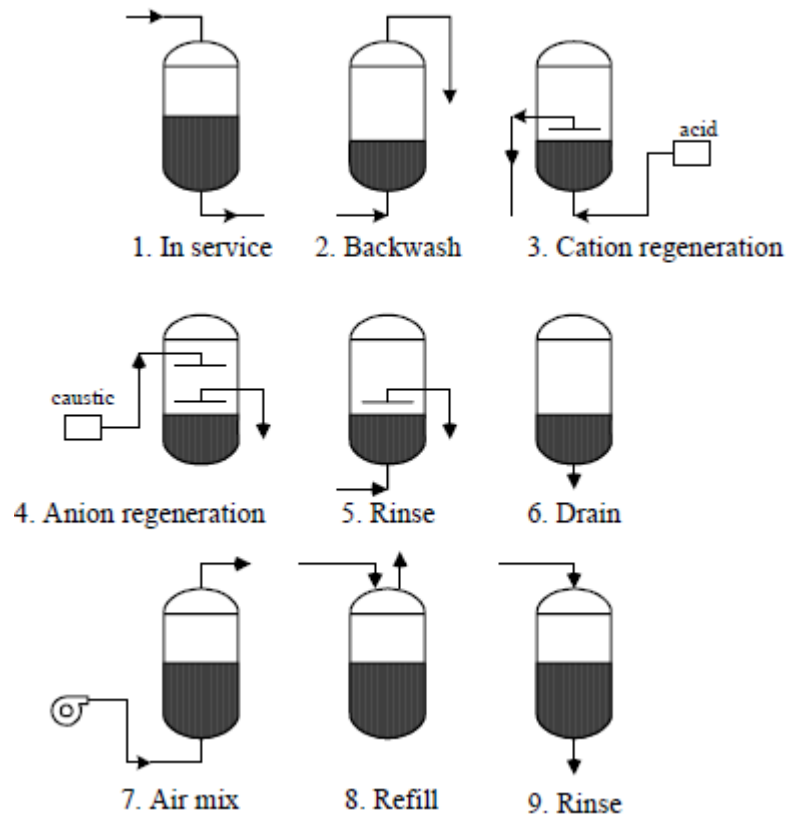
2.6 Operasi Sistem Pertukaran Ion

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 3.4.1



Gambar 1. Tahapan-tahapan operasi dalam sistem pertukaran ion

1. Tahap Layanan

Tahap layanan adalah tahap dimana terjadi reaksi pertukaran ion. 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 (*down flow*).

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 :

- a. pemecahan resin yang tergumpal
- b. penghilangan partikel halus yang terperangkap dalam ruang antar resin
- c. penghilangan kantong-kantong gas dalam reaktor, dan
- d. pembentukann ulang lapisan resin

Pencucian balik dilakukan dengan pengaliran air dari bawah ke atas (*up flow*).

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 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. 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.

Proses regenerasi unit dilakukan dengan menginjeksi regeneran pada masing-masing unit. Regeneran untuk kation adalah HCl dan untuk anion NaOH.

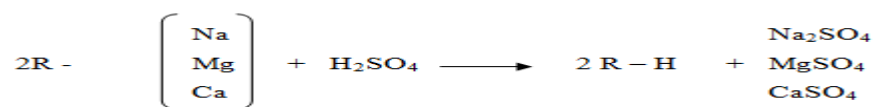
Proses regenerasi :

- Backwash, yaitu mengalirkan air bersih ke arah berlawanan melalui tangki kation atau anion sampai air keluarannya bersih
- Melakukan *slow rinse*, yaitu mengalirkan air pelan-pelan untuk menghilangkan regeneran dalam resin

- *Fast rinse*, yaitu membilas unit dengan laju yang lebih cepat untuk menghilangkan sisa regeneran sebelum operasi.

1. Regenerasi kation

Regenerasi kation dilakukan dengan cara mengganti kembali ion H^+ yang telah jenuh dengan merekasikannya dengan H_2SO_4 .



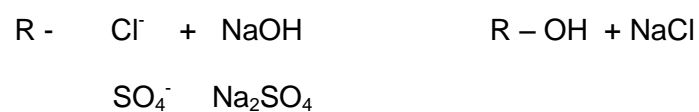
Ada beberapa tahapan yang dilakukan pada proses regenerasi kation :

- Backwash* adalah suatu proses yang bertujuan untuk membuang/menghilangkan deposit kotoran yang menempel di resin.
- Pemberian asam tahap 1 yaitu dengan menginjeksikan H_2SO_4 1,75%
- Pemberian asam tahap 2 yaitu dengan menginjeksikan H_2SO_4 3,5%
- Pemberian asam tahap 3 yaitu dengan menginjeksikan H_2SO_4 5,25%
- Slow rinse* dimaksudkan untuk pembilasan dan pengangkatan kotoran yang telah di proses.
- Fast rince* sama dengan *slow rinse* hanya saja melakukannya dengan debit air yang besar.

2. Regenerasi anion

Regenerasi resin penukar anion sama dengan regenerasi kation, jika sudah jenuh maka dapat dikembalikan ke keadaan dengan menggunakan alkali.

Soda kaustik dipakai sebagai penukar anion dari basa kuat.



Sama dengan regenerasi pada kation, pada anion juga terdapat beberapa tahapan. Tahap-tahap yang dilakukan pada proses regenerasi anion :

a. *Backwash* adalah suatu proses yang bertujuan untuk membuang/menghilangkan deposit kotoran yang menempel di resin.

b. *Preheat bed*

c. *Caustic injection* yaitu penambahan kaustik dengan cara menginjeksi NaOH 4%.

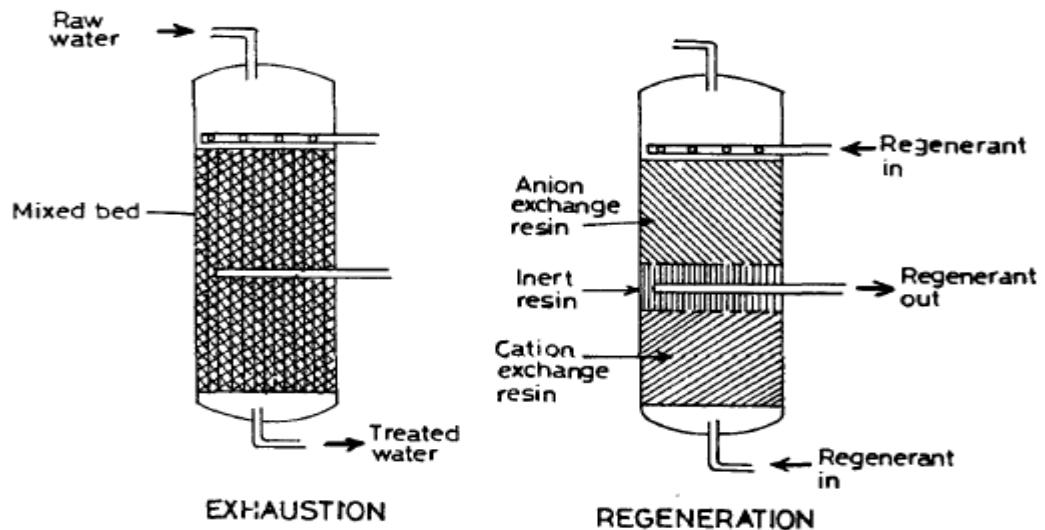
d. *Slow rinse* dimaksudkan untuk pembilasan dan pengangkatan kotoran yang telah di proses.

e. *Fast rince* sama dengan *slow rinse* hanya saja melakukannya dengan debit air yang besar.

Selama proses regenerasi, limbah air yang dihasilkan ditampung pada bak penampung regenerasi (*neutral basin*) untuk dinetralkan sebelum akhirnya dibuang ke sungai. Biasanya regenerasi dilakukan dengan melewati regenerasi melalui bed resin penukar ion pada arah yang sama dengan air baku yang diolah; proses ini disebut regenerasi '*co-current*'. Jika regenerasi *co-current* (aliran ke bawah) terjadi, lapisan bawah kolom diregenerasi dengan buruk, kecuali jika digunakan regenerasi asam atau basa dalam jumlah yang sangat besar. Di sisi lain, jika regenerasi dilakukan *counter-current* (dengan arah yang berlawanan), lapisan bawah resin yang jenuh lebih efektif diregenerasi. Proses ini terjadi pada pengurangan kebocoran natrium (pada penukar kation) dan silika (pada penukar anion) hingga tingkat pengurangannya sangat rendah selama siklus pertukaran.

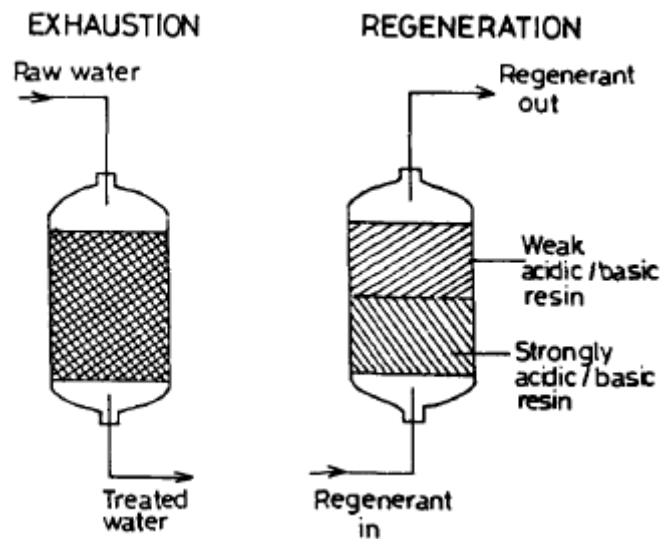
Pada studi lebih lanjut, teknik fluidisasi telah digunakan untuk demineralisasi. Pada proses ini, air mentah diolah dengan mengalirkan ke atas

dan regenerasi dilakukan oleh regeneran (zat peregenerasi) melalui aliran ke bawah .



Gambar 2. Diagram Skematis Sistem 3-Resin Mixed Bed

Dalam produksi air deionisasi dapat dicapai dengan menggunakan bed bertingkat yang terdiri dari lapisan resin yang ditumpangkan dengan polaritas yang sama. Salah satu diantaranya asam atau basa lemah, sementara lainnya asam atau basa kuat. Selama regenerasi, resin asam lemah, yang lebih ringan dari resin asam kuat ditempatkan pada atas bed (Gambar 3). Aliran counter-current regeneran kemudian menuju ke atas melalui bed dan bertemu pertama kali dengan resin asam kuat, diikuti resin asam lemah. Sehingga regenerasi terjadi secara menyeluruh.



Gambar 3. Diagram Skematis Bed Bertingkat

Dibandingkan dengan penukar tunggal (lemah atau kuat), regenerasi dengan aliran counter-current, bed bertingkat memiliki kapasitas pemasangan operasi per liter lebih besar. Resin kurang, karena itu diperlukan pengolahan volume air yang sama, dan efisiensi proses ditingkatkan dalam pengurangan konsumsi regeneran.

Rasio volume resin asam lemah (karboksilat) dengan volume bed total (pada Bed Bertingkat) akan lebih besar, waktu siklus yang lebih singkat dan semakin tinggi alkalinitas/zat padat terlarut dan rasio kesadahan total. Kinerja Bed Bertingkat juga bergantung pada pemisahan yang baik antara dua penukar. Ini berarti bahwa pola aliran dalam kolom harus optimum agar pemisahan antara dua resin selama regenerasi terlihat jelas, yang mana ukuran partikel dari dua resin dipilih dengan hati-hati.

Beberapa kasus khusus ditemui di mekanisme demineralisasi. Pada unit aliran counter-current, hal yang sangat penting untuk menjaga kekompakan resin sepanjang waktu selama regenerasi dan lebih baik juga selama proses layanan. Pengganggu lainnya dari kation bed selalu mengarah ke kebocoran natrium. Unit

aliran counter-current harus dioperasikan sedemikian rupa sehingga titik akhir natrium dan silika untuk unit kation dan anion tidak berlebih. Hal ini penting karena umpan untuk pabrik demineralisasi setelah pengolahan awal harus bebas dari berbagai residu klorin.

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:

- a. tingkat laju alir rendah untuk menghilangkan larutan regenerasi, dan
- b. 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.

5. Penghilangan Gas (Deaerator)

Penghilangan gas dilakukan sebelum air keluaran kolom kation diolah di kolom resin penukar anion dimaksudkan untuk mengurangi beban pertukaran pada kolom penukar anion, yang berarti juga mengurangi penggunaan larutan regenerasi. Air yang diolah di kolom *degasifier* mengandung karbon dioksida yang ekuivalen dengan alkalinitas bikarbonat ditambah dengan jumlah karbon dioksida yang larut dalam air tersebut. Kandungan CO₂ dalam air menggunakan udara yang dihembuskan oleh *blower* atau secara vakum. Pemakaian kolom *degasified* dapat mengurangi kandungan karbon dioksida menjadi 5 mg/l.

(Sisca,2012)