

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Permanganometri

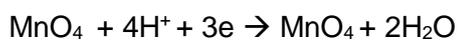
Permanganometri merupakan metode titrasi dengan menggunakan kalium permanganat, yang merupakan oksidator kuat sebagai titran. Titrasi ini didasarkan atas titrasi reduksi dan oksidasi atau redoks. Permanganometri juga bisa digunakan untuk menentukan kadar belerang, nitrit, fosfit, dan sebagainya. Cara titrasi permanganometri ini banyak digunakan dalam menganalisa zat-zat organik. Kalium permanganat telah digunakan sebagai pengoksidasi secara meluas lebih dari 100 tahun. Reagensia ini mudah diperoleh, murah dan tidak memerlukan indikator kecuali bila digunakan larutan yang sangat encer. Permanganat bereaksi secara beraneka, karena mangan dapat memiliki keadaan oksidasi +2, +3, +4, +6, dan +7 (Day, 1999).

Titrasi permanganometri dilakukan dengan bantuan pemanasan ( $\pm 70^{\circ}\text{C}$ ) untuk mempercepat reaksi. Pada awal reaksi titrasi, warna merah mantap untuk beberapa saat yang menandakan reaksi berlangsung lambat. Pada pembuatan titran selanjutnya, warna merah hilang makin cepat karena ion mangan (II) yang terjadi berfungsi sebagai katalis untuk mempercepat reaksi. Selanjutnya titran dapat ditambahkan lebih cepat sampai titik akhir titrasi tercapai yaitu sampai pada tetesan dimana warna merah menjadi warna merah jambu. (Harjadi, W. 1990)

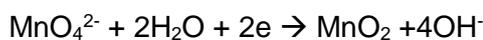
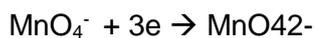
Dalam reaksi ini, ion  $\text{MnO}_4^-$  bertindak sebagai oksidator. Ion  $\text{MnO}_4^-$  akan berubah menjadi ion  $\text{Mn}^{2+}$  dalam suasana asam. Teknik titrasi ini biasa

digunakan untuk menentukan kadar oksalat atau besi dalam suatu sample. Kalium permanganat adalah oksidator yang paling baik untuk menentukan kadar besi yang terdapat dalam sampel dalam suasana asam menggunakan larutan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

Reaksi dalam suasana netral :



Kenaikan konsentrasi ion hidrogen akan menggeser reaksi kekanan. Reaksi dalam suasana Alkalis :



Reaksi ini lambat dalam larutan asam, tetapi sangat cepat dalam larutan netral. Karena alasan ini larutan kalium permanganat jarang dibuat dengan melarutkan jumlah-jumlah yang ditimbang dari zat padatnya yang sangat dimurnikan misalnya proanalisis dalam air, lebih lazim adalah untuk memanaskan suatu larutan yang baru saja dibuat sampai mendidih dan mendingkannya diatas penangas uap selama satu /dua jam lalu menyaring larutan itu dalam suatu penyaring yang tak mereduksi seperti wol kaca yang telah dimurnikan atau melalui krus saring dari kaca maser. Permanganat bereaksi secara cepat dengan banyak agen pereduksi berdasarkan pereaksi ini, namun beberapa pereaksi membutuhkan pemanasan.

## 2.2 Prinsip Titrasi Permanganometri

Prinsip titrasi permanganometri adalah reaksi oksidasi reduksi pada suasana asam yang melibatkan elektron dengan jumlah tertentu, dibutuhkan suasana asam ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) untuk mencapai tingkat oksidasi dari  $\text{KMnO}_4$  yang paling tinggi dan bilangan oksidasi +7 menjadi +2. Pada proses titrasi tidak dibutuhkan indikator lain. Karena  $\text{KMnO}_4$  sudah mampu memberikan perubahan warna saat titik akhir titrasi yang ditandai dengan terbentuknya warna merah muda. Sifat dari  $\text{KMnO}_4$  ini dikenal sebagai autoindikator.

## 2.3 Ion Exchanger

### 2.3.1 Pengertian Ion Exchanger

Pertukaran ion merupakan suatu metode yang digunakan untuk memisahkan ion-ion yang tidak dikehendaki berada dalam larutan, untuk dipindahkan kedalam media padat yang disebut dengan media penukar ion, dimana media penukar ion ini melepaskan ion lain kedalam larutan. Sedangkan untuk alatnya disebut ion exchanger.

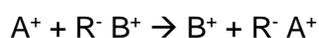
Mekanisme Pertukaran Ion :

Jika suatu larutan yang mengandung anion atau kation dikontakkan dengan media penukar ion, maka akan terjadi pertukaran anion dengan mekanisme reaksi sebagai berikut :

1. Mekanisme pertukaran anion



2. Mekanisme pertukaran kation



A = ion yang akan dipisahkan ( pada larutan )

B = ion yang menggantikan ion A (pada padatan/media penukar ion )

R= bagian ionic / gugus fungsional pada penukar ion. (Ruliasih Marsidi, 2001)

## 2.4 Jenis-jenis Resin Penukar Ion

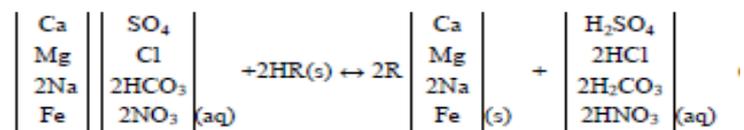
Resin penukar ion ( ion exchange ) yang merupakan media penukar ion sintetis pertama kali dikembangkan oleh Adam dan Holmes. Penemuan ini membuka jalan pembuatan resin hasil polimerisasi styrene dan divinil benzena. Bentuk resin penukar ion ini bermacam – macam yaitu dapat berupa butiran, powder, membrane atau fiber.

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

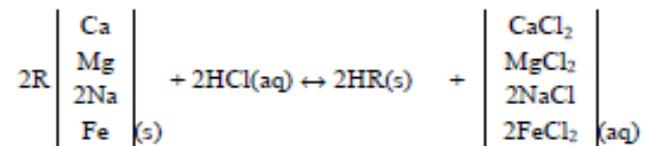
1. resin penukar kation asam kuat
2. resin penukar kation asam lemah
3. resin penukar anion basa kuat, dan
4. resin penukar anion basa lemah

### 1. Resin Penukar Kation Asam Kuat

Resin penukar kation asam kuat yang beroperasi dengan siklus H, regenerasi dilakukan menggunakan asam HCl atau H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Reaksi tahap layanan sebagai berikut:



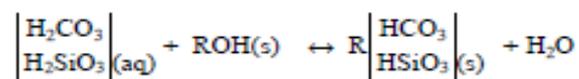
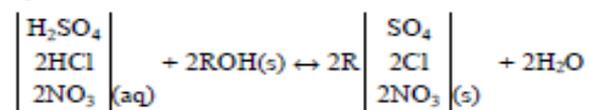
Konsentrasi asam keseluruhan yang dihasilkan oleh reaksi diatas disebut Free Mineral Acid (FMA). Jika nilai FMA turun, berarti kemampuan resin mendekati titik habis dan regenerasi harus dilakukan, reaksi tahap regenerasi sebagai berikut:



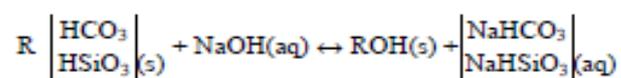
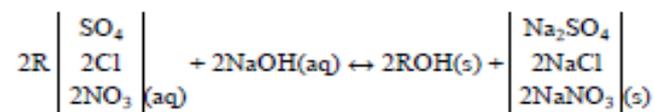
## 2. Resin Penukar Kation Asam Lemah

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

Operasi layanan :



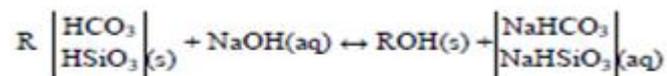
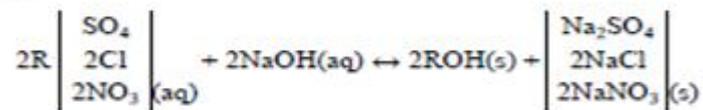
Regenerasi :



### 3. Resin Penukar Anion Basa Kuat

Resin penukar kation basa kuat siklus hidrogen akan mengubah garam-garam terlarut menjadi asam, 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 generasi sebagai berikut:

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.



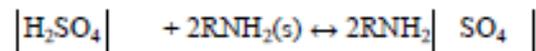
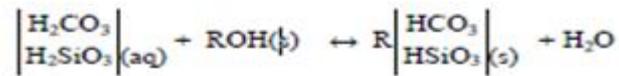
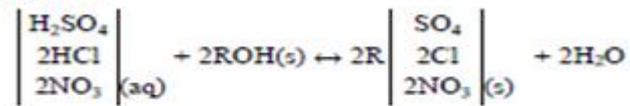
Biasanya resin tipe II digunakan dalam pemurnian air, karena murah. Namun, mereka tidak secara efektif menghilangkan silika, dan juga rentan terhadap pencemar organik.

### 4. Resin Penukar Anion Basa Lemah

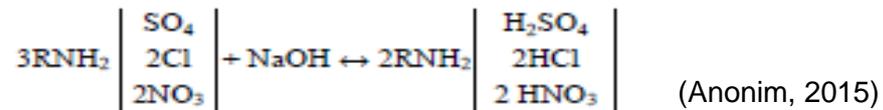
Resin penukar anion basa lemah hanya dapat memisahkan asam kuat seperti HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, tetapi tidak dapat menghilangkan asam lemah seperti asam silikat dan asam karbonat, oleh sebab itu resin penukar anion basa lemah

sering kali disebut sebagai *acid adsorbers*. Reaksi-reaksi yang terjadi pada tahap layanan adalah sebagai berikut :

Operasi layanan :



Resin penukar anion basa lemah dapat diregenerasi dengan NaOH, NH<sub>4</sub>OH atau N<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> seperti ditunjukkan oleh reaksi di bawah ini :

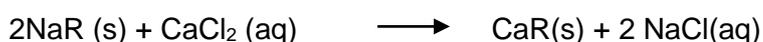


## 2.5 Prinsip Pertukaran Ion

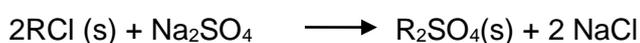
Pertukaran ion adalah proses fisika-kimia. Pada proses tersebut senyawa yang tidak larut, dalam hal ini resin menerima ion positif atau negatif tertentu dari larutan dan melepaskan ion lain kedalam larutan tersebut dalam jumlah ekuivalen yang sama. Jika ion yang dipertukarkan berupa kation, maka resin 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 pertukaran kation menyatakan bahwa larutan yang mengandung  $\text{CaCl}_2$  diolah dengan resin penukar kation NaR, dengan R menyatakan resin. Proses penukaran kation yang diikuti dengan penukaran anion untuk mendapatkan air yang bebas dari ion-ion penyebab kesadahan.

Konstanta disosiasi air sangat kecil dan reaksi dari  $\text{H}^+$  dengan  $\text{OH}^-$  sangat cepat. Ketika semua posisi pertukaran yang awalnya dipegang  $\text{H}^+$  atau ion  $\text{OH}^-$  yang menempati  $\text{Na}^+$  atau  $\text{Cl}^-$  (kation atau anion lain) yang masing-masing resin dikatakan habis. Resin kemudian dapat diregenerasi dengan ekuilibrasi menggunakan asam atau basa yang sesuai (Anonim, 2015).

## 2.6 Operasi Sistem Pertukaran Ion

Operasi sistem pertrukaran ion dilakukan dalam empat tahap, yaitu :

### 1. Tahap Layanan

Tahap layanan adalah tahap dimana terjadi reaksi pertukaran ion. Sifat dari tahap ini ditentukan oleh kosentrasi ion yang dihilangkan terhadap waktu atau volume air produk yang dihasilkan. Hal yang perlu diperhatikan pada tahap layanan ini adalah kapasitas bahan pertukaran ion (*Ion exchange load*). Tahap layanan ini dilakukan dengan cara mengalirkan air dari atas (*down flow*).

### 2. Tahap Pencucian balik

Tahap ini dilakukan jika kemampuan resin telah mencapai titik jenuh dan kotor. Pencucian balik dilakukan dengan mengalirkan air produk dari bawah ke atas (*up flow*). Pencucian balik mempunyai sasaran sebagai berikut :

- a) Pemecahan resin yang menggumpal.
- b) Penghilangan partikel halus yang terperangkap dalam ruang resin.
- c) Penghilangan kantong – kantong gas yang terdapat dalam reaktor.

d) Pembentukan ulang lapisan resin bed dengan pengembangan bed antara 50%.

### 3. Tahap Regenerasi

Tahap regenerasi adalah operasi penggantian ion yang telah jenuh dengan ion awal yang semula berada dalam matriks resin dan pengembalian kapasitas ke tingkat yang diinginkan. Larutan regenerasi harus dapat menghasilkan titik puncak dari ion yang digantikan. Larutan regenerasi untuk kation menggunakan HCl atau  $H_2SO_4$ , sedangkan untuk anion menggunakan larutan NaOH. Operasi regenerasi

dilakukan dengan mengalirkan larutan regenerasi dari atas. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses regenerasi antara lain :

- a) Konsentrasi larutan harus selalu konstan
- b) waktu pengaliran larutan regenerasi harus tepat.

### 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 dilakukan dalam dua tingkat, yaitu :

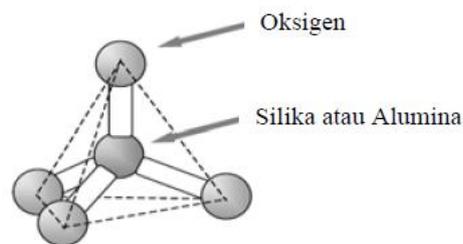
- a) Tingkat laju alir rendah untuk menghilangkan larutan regenerasi.
- b) Tingkat laju alir tinggi untuk menghilangkan sisa ion.

## 2.7 Zeolit

Zeolit adalah mineral kristal alumina silikat berpori terhidrat yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi, terbentuk dari tetrahedral  $[SiO_4]^{4-}$  dan  $[AlO_4]^{5-}$ . Kedua tetrahedral diatas dihubungkan oleh atom-atom oksigen, menghasilkan struktur tiga dimensi terbuka dan berongga yang didalamnya diisi oleh atom-atom

logam biasanya logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas. (Breck,1974)

Umumnya struktur zeolit adalah suatu polimer anorganik berbentuk tetrahedral unit  $TO_4$  dimana T adalah  $Si^{4+}$  atau  $Al^{3+}$  dengan atom O berada diantara 2 atom T.



Gambar 1. Struktur kimia Zeolit

Dewasa ini dikenal 2 jenis zeolit, yakni zeolit alam dan zeolit sintesis, namun sekarang zeolit yang paling banyak digunakan adalah zeolit sintesis.

## 2.8 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 aktivisasi 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 luaspermukaan 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-kapiler yang sangat kecil, dan mengubah permukaan dalam dari struktur pori. Menghasilkan volume yang besar, berasal dari kapiler-kapiler yang sangat kecil, dan mengubah permukaan dalam dari struktur pori. (Anonim, 2015)

## 2.9 Logam Berat Besi (Fe)

Besi (Fe) adalah logam berwarna putih keperakan dan dapat dibentuk. Fe di dalam susunan unsur berkala termasuk logam golongan VIII dengan berat atom 56 g/mol, nomor atom 26 dan bervalensi 2 dan 3 (Anonim, 2015).

Besi merupakan salah satu elemen yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat di bumi, pada semua lapisan geologis dan semua badan air. Pada umumnya besi yang ada di dalam air dapat bersifat terlarut sebagai senyawa garam ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ) atau garam ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) yang tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter < 1) dan bergabung dengan zat organik atau zat padat anorganik. Fe berada dalam tanah dan batuan sebagai ferioksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan ferihidroksida ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ). Dalam air, besi berbentuk ferobikarbonat ( $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ ). Ferohidroksida ( $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ), ferosulfat ( $\text{FeSO}_4$ ) dan besi organik kompleks. Air tanah mengandung besi terlarut berbentuk ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Jika air tanah dipompakan keluar dan kontak dengan udara (oksigen) maka besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) akan teroksidasi menjadi ferihidroksida ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ). Ferihidroksida dapat mengendap dan berwarna kuning kecoklatan. Hal ini dapat menodai peralatan porselen dan cucian (Erlinda, 2014) .