

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Sumber-sumber air

Sumber air dapat dikelompokkan menjadi 4 golongan yaitu :

1. Air permukaan

Air permukaan adalah air yang mengalir dipermukaan bumi pada umumnya air permukaan ini akan mendapat pengotoran selama mengalir, misalnya oleh lumpur, batang kayu, daun dan kotoran industri.

Beberapa pengotoran ini untuk masing masing air permukaan akan berbedabeda, tergantung pada daerah aliran permukaan ini. Jenis pengotornya merupakan pengotor fisik, kimia maupun biologi.

Air permukaan sendiri dibagi menjadi 3 yaitu :

a. Air sungai

Air sungai pada umumnya mempunyai derajat pengotor yang tinggi hal ini karena pada saat mengalir, partikel partikel padat seperti lumpur ikut terbawa arus sungai. Selain itu juga banyak bakteri serta kandungan bahan organik lainnya.

b. Air rawa

Kebanyakan air rawa ini berwarna yang disebabkan karena asamnya zat-zat organik yang telah membusuk, misalnya asam humus yang larut dalam air yang menyebabkan warna menjadi kuning coklat. Dengan adanya pembusukan kadar zat organik ini, maka umumnya

kadar Fe dan Mn akan dibagi pula dan dalam kelarutan O_2 yang kurang sekali (anaerob). Kemudian pada permukaan air akan tumbuh lumut karena kurang oksigen.

c. Air laut

Adalah air yang berada di lautan luas contohnya air laut yang berada dilautan.

2. Air tanah

Air tanah terbagi menjadi 3 golongan yaitu :

a. Air tanah dangkal

Air tanah dangkal terjadi karena proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan demikian pula sebagian bakteri sehingga air tanah akan jernih tetap lebih banyak mengandung garam-garam terlarut. Hal ini dikarenakan pada proses peresapan air ini melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah. Lapisan tanah ini sebagai filter, disamping penyaringan pengotoran juga terus berlangsung terutama pada muka air yang dekat dengan muka tanah. Setelah melewati lapisan ke atas air. Air ini yang biasanya dimanfaatkan menjadi sumur dangkal. Air tanah dangkal terletak kedalaman 15 m.

b. Air tanah dalam

Air tanah dalam terdapat setelah lapisan ke atas air yang pertama pengambilan air tanah dalam ini tak semudah pada air tanah dangkal.

Dalam hal ini digunakan bor dan memasukan pipa kedalamnya biasanya berada di kedalaman antara 100-300 m akan didapatkan suatu lapisan air.

Kualitas air tanah dalam umumnya lebih baik daripada air dangkal karena penyaringannya lebih sempurna dan bebas dari bakteri. Susunan unsur-unsur kimia tergantung pada lapisan tanah yang dilalui. Jika melalui tanah kapur maka air itu akan menjadi sadah karena mengandung $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Jika melalui batuan granit air itu lunak dan agresif karena mengandung gas CO_2 dan $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$.

Untuk mengurangi kadar Fe yang menyebabkan korosi maka harus diadakan pengolahan dengan jalan aerasi yaitu memberikan kontak dengan udara sebanyak –banyaknya agar $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Mengendap dan kemudian di saring kemudian untuk mengurangi kesadahan digunakan proses ion exchanger.

c. Mata air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air berasal dari tanah dalam hampir tidak berpengaruh oleh musim dan kualitasnya sama dengan air tanah dalam berdasarkan keluarnya ke permukaan tanah mata air di bagi menjadi :

- Rembesan, dimana air keluar dari lereng-lereng
- Umbul, dimana air keluar ke permukaan pada suatu dataran

3. Air Laut

Air laut mempunyai sifat asinhal ini dikarenakan air laut mengandung garam NaCl. Kadar garam NaCl yang ada dalam air laut sekitar 3%.

4. Air Atmosfer

Air atmosfer adalah air hujan dalam keadaan murni, sangat bersih namun keadaan berubah karena adanya pengotoran udara yang disebabkan oleh kotoran-kotoran industri dan lain sebagainya sehingga air hujan bisa mempunyai sifat agresif terutama terhadap pipa-pipa penyalur maupun bak reservoir sehingga hal ini akan mempercepat terjadinya korosi.

2.2 Prinsip Pertukaran Ion

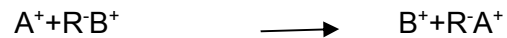
Pertukaran ion secara luas digunakan untuk mengolah air dan limbah cair terutama di gunakan pada proses penghilangan kesadahan dan dalam proses demineralisasi air, dikarenakan pertimbangan pengambilan kalsium industri di daerah pantai atau dekat dengan laut yang menyebabkan air tersebut banyak mengandung ion-ion. Kesadahan air terjadi karena adanya kation atau garam Mg^{+} atau Ca^{+} serta anion SO_4^{2-} atau CO_3^{2-} yang terlarut dalam air. Pertukaran ion merupakan suatu metode yang digunakan untuk memisahkan ion-ion yang tidak dikehendaki berada dalam larutan, untuk dipindahkan dalam media padat yang disebut dengan media penukar ion. Dimana media penukar ion melepaskan ion lain ke dalam larutan.

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

1. Mekanisme pertukaran anion



2. Mekanisme pertukaran kation



Keterangan: A= ion yang akan dipisahkan (pada larutan)

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

R= bagian ionik/ gugus fungsional pada penukar
ion.

2.3 Macam Kesadahan

Kesadahan air adalah kandungan mineral tertentu didalam air, umumnya ion kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) dalam bentuk garam karbamat. Air sadah atau air keras adalah air yang memiliki kadar mineral yang tinggi, sedangkan air lunak adalah kadar mineral yang sedikit. Selain ion kalsium dan magnesium, penyebab kesadahan juga bisa merupakan on logam lain maupun garam garam bikarbonat dan sulfat. Metode yang palng 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 busa. Cara yang lebih kompleks adalah melalui titrasi. Kesadahan air total dinyatakan dalam satuan ppm berat per volume dari CaCO_3 .

Air sadah tidak begitu berbahaya untuk diminum, namun dapat menyebabkan beberapa masalah. Air sadah dapat menyebabkan pengendapan mineral, yang menyumbat saluran pipa dan kran . air sadah juga dapat

menyebabkan pemborosan sabun di rumah tangga. Dalam dunia industri kesadahan air yang digunakan diawasi dengan ketat untuk mencegah kerugian. Untuk menghilangkan kesadahan digunakan berbagai zat kimia ataupun dengan menggunakan resin penukar ion.

Air sadah dapat menyebabkan terbentuknya kerak pada dasar ketel yang selalu digunakan untuk memanaskan air. Sehingga untuk memanaskan air tersebut diperlukan pemanasan yang lebih lama. Hal ini termasuk pemborosan energi. Timbulnya kerak pada ppa uap dapat menyebabkan penyumbatan sehingga dikhawatirkan akan meledak.

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.

a. Air sadah sementara

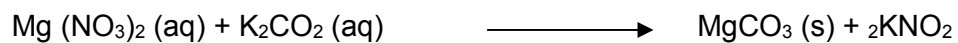
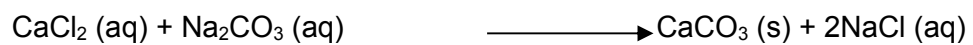
Air sadah sementara adalah air sadah yang mengandung ion bikarbonat (HCO_3^-) atau boleh jadi air tersebut mengandung senyawa kalsium bikarbonat ($Ca(HCO_3)_2$) atau magnesium bikarbonat ($Mg(HCO_3)_2$) air yang mengandung ion atau senyawa senyawa tersebut disebut air sadah sementara karena kesadahannya dapat dihilangkan dengan pemanasan air, sehingga air tersebut bebas dari Ca^{2+} atau Mg^{2+} dengan jalan pemanasan senyawa senyawa tersebut akan mengendap pada dasar ketel yang terjadi adalah



b. Air sadah tetap

Air sadah tetap adalah air sadah yang mengandung anion selain on bikarbonat, misalnya dapat berupa ion Cl, NO₂ dan SO₄²⁻. Berarti senyawa yang terarut boleh jadi kalsium klorida (CaCl₂), Kalsium nitrat (Ca (NO)₂). Kalsium sulfat (CaSO₄), magnesium klorida (MgCl₂), magnesium ntrat (Mg(NO₃)₂), dan magnesium sulfat (MgSO₄). Air yang mengandung senyawa-senyawa tersebut disebut air sadah tetap karena kesadahnya tidak bisa dihilangkan dengan hanya dengan hanya dengan cara pemanasa untuk membebaskan ar tersebut dari kesadahan, dengan zat zat kimia tertentu. Pereaksi yang digunakan adalah larutan karbonat, yaitu Na₂CO₃ atau K₂CO₃. Penambahan larutan karbonat dimaksud untuk mengendapkan ion Ca²⁺ atau Mg²⁺.

Reaksi



(aq)

Telah terbatas dari ion Ca²⁺ atau Mg²⁺ atau dengan kata lain air tersebut telah terbebas dari kesadahan. Sedangkan untukanion Cl, NO₃, SO₄²⁻ dapat dihilangkan kesadahnya yaitu dengan NH₂OH maupun NaOH.

Pada industri kimia yang menggunakan boier air yang digunakan harus terbebas dari kesadahan penghilangan air yang serng dilakukan pada industri adalah mealui penyaringan dengan menggunakan zat-zat sebagai berikut :

Resin pengikat kation dan anion resin adalah zat polimer alami ataupun sintetik yang salah satu contohnya adalah zat pengikat kation dari anion tertentu.

Secara air sadah dilewatkan melalui wadah yang resin pengikat kation dan anion, sehingga diharapkan kation Ca^{2+} dan Mg^{2+} dan anion Cl , NO_3 , dan SO_4^{2-} dapat diikat resin oeh demikian air tersebut terbebas dari kesadahan.

2.4 Sistem Demneralized

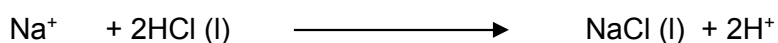
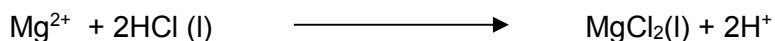
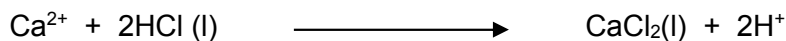
Dalam sistem demineralized industri umumnya air yang sudah dideminkan dipakai untuk air umpan boiler agar boiler lama kelamaan tidak mengalami korosi.

Sistem demineralisasi terdiri atas

a. Cation exchanger

Merupakan alat penukar ion-ion positif dengan ion hidrogen (H^+), air yang telah difeliter dikirim ke kation exchanger untuk mengganti ion-ion Ca , Na , Mg dengan ion H resin dengan menggunakan asam kuat.

Reaksinya :



b. Anion exchanger

Merupakan alat penukar ion negatif dimana ion-in chloride sulfat, silika, bikarbonat yang berkombinasi dengan ion hidrogen masih tersisa dalam air.

c. Mixed bed exchanger

Air yang masuk mixed bed sangat sedikit kandungan ion-ionnya sehingga kation dan anion maupun silika yang masih tersisa dihilangkan dalam mixed ini dalam mixed bed ini. Air dalam mixed bed disimpan dalam demin water storage.

2.5 Mekanisme Pertukaran Ion

Mekanisme pertukaran ion identik dengan mekanisme absorpsi sehingga laju pertukaran tergantung pada aju mekanisme transportasi yang berpengaruh ataupun laju reaksi pertukaran itu sendiri . mekanisme transportasi tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Masuknya ion dari larutan (bulk soluton) ke lapisan film di sekeliling padatan.
- b. Difusi ion dari lapisan film ke permukaan padatan
- c. Difusi melalui pori-pori partikel (resin)
- d. Pertukaran ion dengan reaksi
- e. Difusi ion yang telah ditukar eluar melalui poro-pori menuju permukaan padatan
- f. Difusi ion yang telah ditukar melalui lapisan film cairan di sekeliling padatan.

Untuk mengolah air yang dioperasikan dengan proses kontinyu dengan kecepatan tertentu maka laju pertukaran ditentukan oleh langkah kedua bahkan kadang langkah ketiga.

2.6 Definisi Resin

Resin penukar ion adalah suatu senyawa hidrokarbon yang terpolimerisasi. Senyawa ini memiliki ikatan silang atau dengan nama lain disebut *cross-linking* dan memiliki gugus-gugus fungsional dan memiliki ion –ion yang dapat dipertukarkan

dengan ion senyawa lain. Resin yang umum digunakan dalam percobaan adalah resin *Amberjet 1200 Na* dengan matriksnya adalah *Styrene-DivinyI Benzene Copolymers* Sebagai zat penukar ion , resin memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Kemampuan menggelembung (*swelling*)
- Kapasitas penukaran ion
- Adanya selektivitas dalam penukaran ion

2.7 Syarat-Syarat Resin Penukar Ion

Saat suatu larutan dikontakkan dengan resin penukar ion, maka ion terlarut dalam larutan akan terserap ke resin penukar ion dan resin akan menukarnya dengan ion lain dalam kesetaraan ekuivalen. Dengan kondisi tersebut maka jenis ion yang diikat dan dilepas dapat diatur. Sebagai media penukar ion, suatu senyawa resin penukar ion perlu memiliki syarat sebagai berikut:

- a. Kapasitas penukar ion total harus tinggi. Resin harus dapat memiliki kemampuan penukar ion yang tinggi sehingga tidak cepat jenuh.
- b. Kelarutan yang rendah. Kelarutan yang rendah suatu resin dalam larutan dapat membuat resin untuk digunakan secara berulang kali. Resin biasanya bekerja dalam cairan yang mempunyai sifat melarutkan, oleh karena itu resin harus tahan terhadap cairan yang bersifat melarutkan. Contohnya seperti air.

- c. Kestabilan kimia yang tinggi. Resin diharapkan dapat bekerja pada rentang pH yang cukup luas dan tahan terhadap cairan yang bersifat asam dan basa. Dan tahan juga terhadap oksidasi dan radiasi, artinya dapat berjalan normal saat kondisi oksidasi dan radiasi.
- d. Kestabilan fisik yang tinggi. Resin harus bias tahan terhadap gesekan dari luar sehingga tidak mengganggu proses penukaran ion.

2.8 Sifat-sifat resin penukar ion:

a. Kapasitas penukar ion

Kapasitas penukar ion yang dimaksud adalah jumlah pertukaran ion yang ada pada satu mol resin. Dinyatakan dalam *miliequivalent per gram (meq/gr)* pada resin kering. Namun resin yang digunakan selalu dalam keadaan basah sehingga kapasitas resin selalu kurang dari nilai keadaan resin kering. Kapasitas pada keadaan basah ditentukan secara eksperimen dan pada umumnya kapasitas yang dimiliki 65-70% dari kondisi kering.

b. Selektivitas

Merupakan sifat resin penukar ion yang menunjukkan adanya aktifitas pilihan atau seleksi pada ion tertentu. Faktor yang mempengaruhi selektivitas resin:

- Besarnya muatan. Luas pertukaran meningkat dengan meningkatnya valensi pertukaran ion. Contoh: $\text{Th}^{4+} > \text{Al}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+$
- Pada deret ion logam alkali yang memiliki muatan sama, luas pertukaran meningkat dengan meningkatnya nomor atom . Contohnya: $\text{Cs}^+ > \text{Rb}^+ > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Li}^+$
- Jari-jari ion. Semakin kecil jari-jari suatu ion dengan muatan tertentu maka semakin kuat ion tersebut akan diikat oleh resin.

c. Derajat Cross-linking

Derajat cross-linking menunjukkan hubungan persentase agent ikatan cross-linking. Derajat ini mempengaruhi struktur dan ukuran pori-pori resin. Derajat cross-linking yang tinggi membuat resin memiliki kapasitas penukaran ion yang tinggi pula. Selain kapasitas penukaran, tingginya derajat cross-linking membuat resin menjadi lebih selektif.

d. Porositas

Porositas adalah nilai yang menunjukkan ukuran pori-pori saluran kapiler. Ukuran saluran-saluran ini biasanya tidak sama atau seragam. Porositas biasanya berbanding lurus dengan derajat cross-linking walaupun ukuran saluran-saluran kapiler yang dimiliki tidak seragam. Porositas juga mempengaruhi keselektifan dan kapasitas.

e. Kestabilan

Resin memiliki stabilitas yang dapat digunakan pada waktu yang lama dan tidak mudah rusak saat regenerasi.

2.9 Proses Demineralisasi

Dalam paparan ringkas di bawah ini disampaikan empat tahap proses demineralisasi.

1. Tahap operasi

Umumnya air baku mengalir dari atas ke bawah (*downflow*) atau sebuah unit tipikal demineralisasi dengan dua dengan dua media (*two-bed demineralizer*).

2. Tahap cuci (*backwash*)

Kalau kemampuan resin berkurang banyak atau habis maka tahap pencucian perlu dilaksanakan. Air bersih dialirkan dari bawah ke atas (*upflow*) agar memecah sumbatan pada resin, melepaskan padatan halus yang terperangkap di dalamnya lalu melepaskan jebakan gas di dalam resin dan pelapisan ulang resin.

3. Tahap regenerasi

Tujuan tahap ini adalah mengganti ion yang terjerat resin dengan ion yang semula ada di dalam media resin dan mengembalikan kapasitas tukar resin ke tingkat awal atau ke tingkat yang diinginkan. Operasi regenerasi dilaksanakan dengan mengalirkan larutan regeneran dari atas resin. Ada empat tahap dalam regenerasi, yaitu *backwashing* untuk membersihkan media resin (tahap dua di atas), memasukkan regeneran, *slow rinse* untuk mendorong regeneran

ke media resin, *fast rinse* untuk menghilangkan sisa regenerasi dari resin dan ion yang tak diinginkan ke saluran pembuangan (*disposal point*).

4. Tahap bilas (*fast rinse*)

Air berkecepatan tinggi membilas partikulat di dalam media resin, juga ion kalsium dan magnesium ke pembuangan dan untuk menghilangkan sisa-sisa larutan regenerasi yang terperangkap di dalam resin. Pembilasan dilakukan dengan air bersih aliran ke bawah. Setelah tahap ini, proses kembali ke awal (tahap servis).

2.10 Pengertian Titrasi

merupakan metode analisis kimia secara kuantitatif yang biasa digunakan dalam laboratorium untuk menentukan konsentrasi dari reaktan.

Adapun jenis-jenis titrasi ada 4, yaitu:

1. Titrasi Asam Basa

Titrasi asam basa merupakan metode analisis kuantitatif yang berdasarkan reaksi asam basa. Sesuai persamaan umum reaksi asam basa: asam + basa → garam + air. Indikator yang biasa digunakan adalah indikator yang dapat memprofilkan perubahan warna pada trayek pH tertentu. Kurva titrasi asam basa biasanya dapat dibuat dengan membuat plot antara ml titran (sb.x) dengan pH larutan (sb.y).

2. Titrasi Argentometri

Titration argentometri adalah jenis titration yang digunakan khusus untuk reaksi pengendapan. Prinsip umumnya adalah mengenai kelarutan dan tetapan hasil kali kelarutan dari reagen-reagen yang bereaksi. Secara umum, metode titration argentometri ada tiga macam. Pertama, metode Mohr. Pada metode ini tidak ada indikator yang digunakan. Sehingga untuk menandai titik akhir titration adalah tingkat kekeruhan dari larutan sampel. Ketika larutan standar telah mengalami reaksi stoikiometris dengan larutan sampel, maka ml larutan standar berikutnya yang menetes pada larutan sampel akan menghasilkan endapan karena larutan hasil reaksi titration telah jenuh. Namun, dapat juga digunakan indikator yang dapat bereaksi dengan kelebihan larutan standar dan membentuk endapan dengan warna yang berbeda dari endapan reaksi utama. Kedua, metode Volhard. Metode ini menggunakan indikator yang akan bereaksi dengan kelebihan larutan standar membentuk ion kompleks dengan warna tertentu. Ketiga, metode Fajans. Metode ini menggunakan indikator adsorpsi. Endapan yang terbentuk dari reaksi utama dapat menyerap indikator adsorpsi pada permukaannya sehingga endapan tersebut terlihat berwarna