

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber-Sumber Air

Sumber-sumber air bisa dikelompokkan menjadi 4 golongan, yaitu:

1. 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/debu dan lain sebagainya. Sehingga air hujan bisa mempunyai sifat agresif terutama terhadap pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir sehingga hal ini akan mempercepat terjadinya korosi.

2. Air laut

Air laut mempunyai sifat asin. Hal ini dikarenakan air laut mengandung garam NaCl yang ada didalam air laut sekitar 3 %.

3. Air permukaan

Air permukaan adalah air yang mengalir di permukaan bumi. Pada umumnya air permukaan ini akan mendapat pengotoran selama mengalir, misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri kota, dan sebagainya. Beberapa pengotoran ini, untuk masing-masing air permukaan akan berbeda-beda, tergantung pada daerah aliran permukaannya. Air permukaan sendiri dibagi menjadi dua yaitu:

a. Air sungai

Air sungai merupakan umumnya memiliki derajat pengotoran 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-bahan organik lainnya.

b. Air rawa

Kebanyakan air rawa ini berwarna yang disebabkan oleh adanya zat-zat organik yang telah membusuk, misalnya asam humus yang larut dalam air yang menyebabkan warna kuning cokelat. Dengan adanya pembusukan kadar zat organik ini, maka umumnya kadar Fe dan Mn akan tinggi pula dan dalam keadaan kelarutan O_2 yang kurang sekali. Kemudian pada permukaan air akan tumbuh lumut karena adanya sinar matahari dan oksigen.

4. Air tanah

Air tanah terbagi atas tiga golongan , yaitu:

a. Air tanah dangkal

Air tanah terjadi karena proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, demikian pula dengan sebagian bakteri sehingga air tanah akan jernih tetapi 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. Di samping penyaringan, pengotoran juga masih terus berlangsung, terutama pada muka air yang dekat dengan muka tanah. Setelah melewati lapisan kedap air, air ini akan terkumpul menjadi air tanah dangkal. Air inilah yang biasa dimanfaatkan melalui sumur dangkal. Air tanah dangkal ini terletak pada kedalaman sampai 15m.

b. Air tanah dalam

Air tanah dalam terdapat setelah lapisan kedap air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam ini tak semudah pada air tanah dangkal. Dalam ini harus digunakan bor dan memasukkan pipa kedalamnya. Biasanya pada kedalaman antara 100-300 m akan didapatkan suatu lapisan air.

Kualitas air tanah dalam pada umumnya lebih baik daripada air tanah dangkal karena penyaringannya lebih sempurna dan bebas dari bakteri. Susunan unsur-unsur kimianya tergantung pada lapisan-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 maka 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 disaring. Kemudian untuk mengurangi kesadahan dilakukan dengan proses ion exchanger.

c. Mata air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam hampir tidak terpengaruh oleh musim dan kualitasnya sama dengan keadaan air tanah dalam. Berdasarkan keluarnya ke permukaan tanah, maka air terbagi atas:

- Rembesan, dimana air keluar dari lereng-lereng

- Umbul, dimana air keluar ke permukaan pada suatu dataran.

2.2 Macam-macam kesadahan

Kesadahan air adalah kandungan mineral-mineral tertentu di dalam air, umumnya ion kalsium dan magnesium dalam bentuk garam karbonat. Air sadah atau air keras adalah air yng memiliki kadar mineral yang tinggi, sedangkan air lunak adalah air dengan 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. Cara yang lebih kompleks adalah melalui titrasi. Kesadahan air total dinyatakan dalam satuan ppm berat per volume (w/v) dari CaCO_3 .

Air sadah tidak terlau berbahaya untuk diminum, namun dapat menyebabkan beberapa masalah. Air sadah dapat menyebabkan pengendapan mineral, yang menyumbat saluran pipa dan kran. Air sadah juga menyebabkan pemborosan sabun di rumah tangga, dan air sadah yang bercampur sabun dapat membentuk gumpalan scum yang sukar dihilangkan. Dalam industri, kesadahan air yang digunakan diawasi dengan ketat untuk mencegah kerugian. Untuk menghilangkan kesadahan biasanya 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 merupakan pemborosan energi. Timbulnya kerak pada pipa uap dapat menyebabkan penyumbatan sehingga dikhawatirkan pipa tersebut akan meledak.

Air sadah digolongkan menjadi dua jenis, berdasarkan jenis anion yang diikat oleh kation (Ca^{2+} dan 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 ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) 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 Mg^{2+} . Dengan jalan pemanasan senyawa-senyawa tersebut akan mengendap pada dasar ketel. Reaksi yang terjadi adalah:

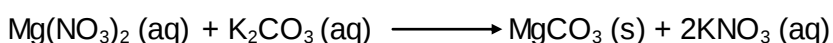
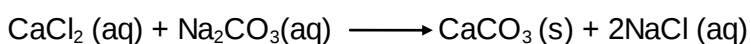


b. Air sadah tetap

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

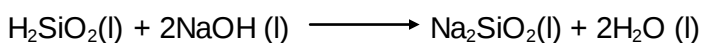
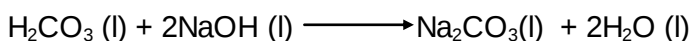
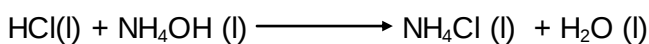
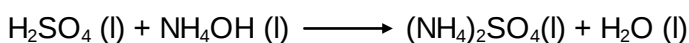
mengandung senyawa-senyawa tersebut disebut air sadah tetap, karena kesadahan nya tidak bisa dihilangkan hanya dengan cara pemanasan. Untuk membebaskan air tersebut dari kesadahan, harus dilakukan dengan cara kimia, yaitu dengan mereaksikan air tersebut dengan zat-zat kimia tertentu. Pereaksi yang digunakan adalah larutan karbonat, yaitu $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ atau $\text{K}_2\text{CO}_3(\text{aq})$. Penambahan larutan karbonat dimaksudkan untuk mengendapkan ion Ca^{2+} dan atau Mg^{2+} .

Reaksi:



Dengan terbentuknya endapan CaCO_3 atau MgCO_3 berarti air tersebut telah bebas dari ion Ca^{2+} atau Mg^{2+} atau dengan kata lain air tersebut telah terbebas dari kesadahan.

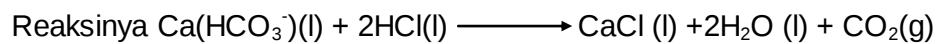
Sedangkan untuk anionnya Cr^- , NO_3^- dan SO_4^{2-} dapat dihilangkan kesadahan nya yaitu dengan NH_4OH maupun NaOH



Pada industri yang menggunakan boiler, air yang digunakan harus terbebas dari kesadahan. Proses penghilangan kesadahan air yang sering dilakukan pada industri-industri adalah melalui penyaringan dengan menggunakan zat-zat sebagai berikut:

Resin pengikat kation dan anion. Resin adalah zat polimer alami ataupun sintetik yang salah satu fungsinya adalah dapat mengikat kation dan anion tertentu. Secara teknis, air sadah dilewatkan melalui suatu wadah yang berisi resin pengikat kation dan anion, sehingga diharapkan kation Ca^{2+} dan Mg^{2+} dan anion Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} dapat diikat resin. Dengan demikian, air tersebut akan terbebas dari kesadahan.

Pada alat demineralized ditambahkan juga alat degasifier yang berfungsi untuk mengurangi HCO_3^- dengan menginjeksikan udara kemudian CO_2 yang dihasilkan dibebaskan ke atmosfer. Resin anion HCl digunakan untuk mengurangi kandungan HCO_3^- dalam air.



2.3 Sistem Demineralized

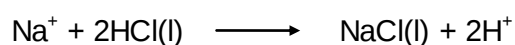
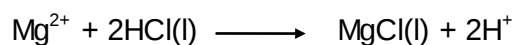
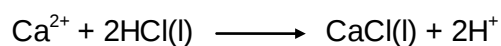
Dalam sistem demineralized industri umumnya, air yang telah dideminkan dipakai dalam proses dan untuk air umpan boiler agar boiler lama kelamaan tidak mengalami korosi.

Sistem demineralized terdiri atas:

- a. Cation exchanger (penukar kation)

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

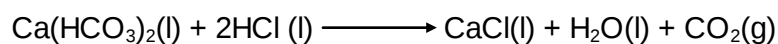
Reaksinya:



b. Degassifier (CO₂ Stripper)

Merupakan alat yang digunakan untuk mengurangi HCO₃⁻ dengan menginjeksikan udara kemudian CO₂ yang dihasilkan dibebaskan ke atmosfer. Resin anion (HCl) digunakan untuk mengurangi kandungan HCO₃⁻ dalam air.

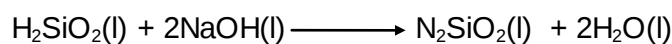
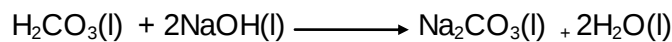
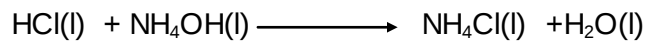
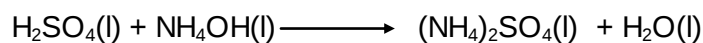
Reaksinya:



c. Anion Exchanger (penukar anion)

Air dari degassifier dikirim ke anion exchanger dimana ion-ion chloride, sulfat, silika, bikarbonat, yang berkombinasi dengan ion hidrogen masih tersisa dalam air. Alat ini terdiri dari basa lemah untuk menangkap ion SO₄²⁻, Cr dan basa kuat untuk menangkap ion Si²⁻, CO₃²⁻

Reaksinya:



d. Mixed bed exchanger

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

2.4 prinsip pertukaran ion

Pertukaran ion secara luas digunakan untuk pengolahan air dan limbah cair, terutama digunakan pada proses penghilangan kesadahan

dan dalam proses demineralisasi air, dikarenakan pertimbangan pengambilan lokasi industri di daerah pantai atau dekat dengan laut yang menyebabkan air tersebut banyak mengandung ion-ion. Kesadahan air disebabkan karena adanya kation atau garam Mg^{+} dan Ca^{+} serta anion SO_4^{2-} atau CO_3^{-} yang terlarut dalam air.

2.6 Mekanisme penukar ion

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

- a. Masuknya ion dari larutan (bulk, solution) ke lapisan film di sekeliling padatan
- b. Difusi ion dari lapisan film ke permukaan padatan
- c. Difusi melalui pori-pori partikel (resin)
- d. Penukaran ion dengan reaksi
- e. Difusi ion yang telah ditukar keluar melalui pori-pori menuju permukaan padatan
- f. Difusi ion yang telah ditukar melalui lapisan film cairan di sekeliling padatan
- g. Masuknya ion yang telah ditukar ke larutan.

Untuk pengolahan limbah yang dioperasikan dengan proses kontinyu dengan kecepatan tertentu maka laju pertukaran biasanya ditentukan oleh langkah kedua atau kadang-kadang oleh langkah ketiga.

2.7 Sulfat

Sulfat merupakan sejenis anion poliatom dengan rumus SO_4^{2-} yang memiliki massa molekul 96,06 satuan massa atom. Ion sulfat terdiri dari atom pusat sulfur yang dikelilingi oleh empat atom oksigen dalam susunan tetrahedral. Ion sulfat bermuatan negatif dua dan merupakan basa konjugat dari ion hidrogen sulfat (bisulfat), HSO_4^- , yang merupakan basa konjugat dari asam sulfat, H_2SO_4 .

Ciri dari sulfat, yaitu :

1. Kebanyakan sulfat sangat larut dalam air, kecuali Kalsium Sulfat, Stronsium Sulfat, dan Barium Sulfat. Barium Sulfat yang sangat berguna dalam analisis gravimetri sulfat dengan penambahan Barium Klorida pada suatu larutan yang mengandung ion sulfat. Kelihatan endapan putih, yaitu Barium Sulfat menunjukkan adanya anion sulfat;
2. Ion sulfat bias menjadi satu ligan, menghubungkan satu dengan oksigen (mono dentat) atau dua oksigen sebagai kelas atau jembatan;
3. Sulfat berwujud sebagai zat mikroskopik (aerosol) yang merupakan dari hasil pembakaran bahan bakar fosil dan biomassa. Zat yang dihasilkan menambahkan keasaman atmosfer dan mengakibatkan hujan asam.

2.7.1 Keberadaan SO_4 dalam air

Sulfat didalam lingkungan (air) dapat berada secara ilmiah dan atau dari aktivitas manusia, misalnya dari limbah industry dan limbah laboratorium. Secara ilmiah sulfat biasanya berasal dari pelarutan mineral yang mengandung S, misalnya gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dan kalsium sulfat anhidrat (CaSO_4). Selain itu dapat juga berasal dari oksidasi senyawa organik yang mengandung sulfat adalah antara lain industri kertas, tekstil dan industri logam . Ion sulfat merupakan sejenis ion padatan dengan rumus empiris SO_4 dengan massa molekul 96.06 satuan massa atom. Sulfat terdiri atom pusat sulfur dikelilingi oleh empat atom oksigen dalam

susunan tetrahidron ion sulfat bermuatan dua negatif dan merupakan basa konjugat ion hidrogen sulfat (bisulfit) H_2SO_4^- yaitu besi konjugat asam sulfat H_2SO_4 terdapat sulfat organik seperti dimetil sulfat yang merupakan senyawa kovalen dengan rumus $(\text{CH}_3\text{O})_2\text{SO}_2$ dan merupakan ester asam sulfat.

Ion sulfat adalah salah satu anion utama yang muncul di air alami atau alam. Sulfat adalah salah satu ion penting dalam ketersediaan air karena efek pentingnya bagi manusia saat ketersediaannya dalam jumlah besar. Untuk hal sulfat direkomendasikan batas maksimal sulfat dalam air sekitar 250 mg/l untuk air yang dikonsumsi manusia. Sulfat dikenal sangat larut dalam air kecuali di dalam Kalsium Sulfat, Stronsium Sulfat. Barium Sulfat sangat berguna dalam proses gravimetri sulfat. Penambahan Barium Klorida pada suatu larutan yang mengandung ion sulfat. Kelihatan endapan putih, yaitu barium sulfat yang menunjukkan adanya anion sulfat. Ion sulfat bisa menjadi ligan yang menghubungkan mana-mana satu dengan oksigen dan dua oksigen sebagai kelat atau jembatan.

Cara untuk mendeteksi kandungan sulfat dalam air dapat dilakukan dengan mempergunakan alat spektrofotometer (uji kuantitatif). Pengujian dengan spektrofotometer akan mengukur absorban larutan melalui intensitas warna larutan. Oleh karena itu, sampel yang akan digunakan harus jernih agar tidak mengganggu proses pembacaan absorban pada spektrofotometer.

2.7.2 Dampak yang ditimbulkan oleh Sulfat

Konsentrasi maksimum yang masih diperbolehkan dalam air 250 mg/l. Menyebabkan Laxative apabila kadarnya berupa Magnesium dan Sodiums. Senyawa sulfat bersifat iritasi pada saluran pencernaan (saluran gastro intestinal), apabila dalam bentuk campuran Magnesium atau Natrium pada dosis yang tidak sesuai aturan. Sebagai contoh bentuk Magnesium Sulfat yang biasa ditambahkan ke dalam air minum untuk membantu pengendapan (penjernihan air) setelah penambahan Klorin.

2.8 Spektrofotometer

Spektrofotometri adalah suatu metode analisis yang berdasarkan pada pengukuran serapan sinar monokromatis oleh suatu lajur larutan berwarna pada panjang gelombang yang spesifik dengan menggunakan monokromator prisma atau kisi difraksi dan detector vacuum phototube atau tabung foton hampa. Alat yang digunakan adalah spektrofotometer, yaitu suatu alat yang digunakan untuk menentukan suatu senyawa baik secara kuantitatif maupun kualitatif dengan mengukur transmittan ataupun absorbansi dari suatu cuplikan sebagai fungsi dari konsentrasi.

Spektrometer menghasilkan sinar dari spectrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau diabsorpsi.