

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 SUMBER – SUMBER AIR

Sumber – sumber air dapat dikelompokkan menjadi beberapa golongan yaitu:

1. Air Laut

Pencapaian bumi kita sebagian besar terdiri dari perairan laut, yaitu mencapai 70% luas lautnya, dan luas daratan hanya 30% dari luar permukaan bumi. Di Indonesia perairan laut lebih luas dibandingkan dengan daratannya, yaitu 3 banding 2 dari luas seluruh Indonesia. Apakah kamu ingat, berapakah luas Indonesia keseluruhan. Mari kita sama-sama hitung berapakan luas laut Indonesia.

Seperti halnya air permukaan yang lain, air laut juga mempunyai arti yang tinggi bagi kehidupan. Air laut dapat dimanfaatkan oleh manusia, selain air lautnya sendiri juga lautnya. Manfaat bagi manusia sebagai berikut:

- Air laut dapat dijadikan garam dapur, yang merupakan salah satu zat yang sangat diperlukan oleh tubuh manusia.
- Di dalam air laut dapat dibudidayakan berbagai sumber protein hewani (ikan laut) dan sebagai lahan tempat pembudidayaan rumput laut sebagai bahan dasar membuat agar-agar dan kosmetika.

2. Air Permukaan

Air permukaan adalah air yang ada dipermukaan bumi dan dapat terlihat, terdiri dari :

a. Air sungai

Air sungai adalah air yang mengalir melalui terusan alami yang kedua pinggirnya dibatasi oleh tanggul-tanggul dan airnya mengalir ke laut, ke danau, atau ke sungai lain yang merupakan sungai induk. Sungai banyak terdapat di Indonesia yang berhulu di daerah pegunungan. Bagi daerah-daerah tertentu kegunaan sungai-sungai itu berbeda-beda. Manfaat air sungai bagi kehidupan sangat besar artinya seperti untuk mengairi pertanian di pesawahan, perikanan lalu lintas perairan, pembangkit tenaga listrik, dan pariwisata. Sungai dapat dibagi atas dua jenis:

- Sungai hujan, yaitu sungai yang airnya berasal dari hujan dan mata-mata air. Sungai seperti ini airnya tidak tetap. Bila musim hujan airnya banyak, adakalanya banjir.
- Sungai gletser, yaitu sungai yang mendapat airnya dari gletser (es) atau salju yang mencair. Sungai seperti ini airnya tetap. Baik pada musim hujan maupun pada musim kemarau.

b. Air Danau

Berasal dari air hujan, air tanah atau mata air. Berkurangnya air danau disebabkan oleh penguapan, perembesan ke dalam tanah, dan pengaliran oleh sungai. Penguapan dan pengembunan biasanya seimbang, kecuali di

daerah yang sangat lembab dan sangat kering.

3. Air tanah

Air tanah adalah air yang berada pada lapisan di bawah permukaan tanah. Kedalaman air tanah di tiap tempat tidak sama karena dipengaruhi oleh tebal atau tipisnya lapisan permukaan di atasnya dan kedudukan lapisan air tanah tersebut. Kedalaman air dapat dilihat dari sumur-sumur yang digali oleh penduduk. Permukaan bagian atas air itu lebih preatik.

Kelebihan air tanah daripada air permukaan yaitu:

- lebih steril, karena tidak terkontaminasi oleh organisme penyebab penyakit
- tersimpan pada lapisan batuan pada kedalaman tertentu atau di bawah permukaan tanah
- temperaturnya relatif konstan
- tersedia di banyak tempat meskipun musim kemarau.

Air tanah dibedakan atas letak kedalamannya, yaitu:

- a. Air tanah dangkal, yaitu air tanah yang berada di bawah permukaan tanah dan berada di atas batuan yang kedap air atau lapisan yang tidak dapat meloloskan air. Air ini merupakan akuifer atas atau sering disebut air freatis, yang banyak dimanfaatkan oleh penduduk untuk membuat sumur.

- b. Air tanah dalam, yaitu air tanah yang berada di bawah lapisan airtanah dangkal, dan berada di antara lapisan kedap air. Air ini merupakan akuifer bawah, banyak dimanfaatkan sebagai sumber air minum penduduk kota, untuk industri, perhotelan, dan sebagainya.

Diantara lapisan kedap dan tak kedap air terdapat lapisan peralihan. Air tanah pada lapisan tak kedap mempengaruhi gerak aliran air. Jika lapisan yang kurang kedap terletak di atas dan di bawah suatu tubuh air, maka akan menghasilkan lapisan penyimpanan air yaitu air tanah yang tak bebas. Tekanan dari air tanah tak bebas bergantung pada keberadaan tinggi suatu tempat dengan daerah tangkapan hujannya. Pada daerah yang air tanahnya lebih rendah daripada permukaan air di daerah tangkapan hujan, air akan memancar keluar dari sumur yang dibor. Sumur demikian disebut sumur freatis. (Visiuniversal, 2015)

2.2 Kesadahan Air

Salah satu parameter kimia dalam persyaratan kualitas air adalah jumlah kandungan unsur Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam air yang keberadaannya biasa disebut kesadahan air. Kesadahan dalam air sangat tidak dikehendaki baik untuk penggunaan rumah tangga maupun untuk penggunaan industri. Bagi air rumah tangga tingkat kesadahan yang tinggi mengakibatkan konsumsi sabun lebih banyak karena sabun jadi kurang efektif akibat salah satu bagian dari molekul sabun diikat oleh unsur Ca dan Mg. Bagi air industri unsur Ca dapat menyebabkan kerak pada dinding peralatan sistem pemanasan

sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan industri, disamping itu dapat menghambat proses pemanasan. Pada umumnya jumlah kesadahan dalam air industry harus nol, berarti unsur Ca dan Mg dihilangkan sama sekali.

Air sadah adalah air yang mengandung garam-garam kalsium dan magnesium. Garam – garam tersebut terlarut sebagai ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} bersama-sama dengan anion HCO_3^- , SO_4^{2-} , dan Cl^- . Air asadah adalah air yang memiliki kesadahan yang tinggi, sedangkan air lunak adalah air dengan kadar mineral yang rendah. Selain ion kalsium dan magnesium, penyebab kesadahan juga bias dikarenakan ion logam lain maupun garam-garam bikarbonat dan sulfat. Air sadah memang tidak begitu berbahaya untuk diminum, namun dapat menyebabkan beberapa masalah. Air sadah dapat menyebabkan pengendapan mineal yang menyumbat saluran pipa dan keran.

Adanya garam tersebut dalam air tergantung pada keadaan geologi lingkungan sumber air tersebut dan terjadi secara alamiah. Sebagai contoh air yang melewati daerah yang berkapur akan banyak mengandung CaSO_4 . Kerugian yang ditimbulkan oleh air sadah antara lain :

- Menyebabkan sabun tidak berbusa (berbuih). Sabun akan berbusa jika ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} diendapkan. Jadi air sadah mengurangi daya pembersih sabun, sehingga pemakaian sabun menjadi boros.

- Menimbulkan kerak pada ketel yang dapat menyumbat katup-katup pada ketel tersebut. Hal ini mengakibatkan penghantaran panas dari ketel berkurang sehingga memboroskan penggunaan bahan bakar. (Kuswanti, T, dkk. 2007)

Kesadahan air dapat digolongkan menjadi dua macam :

1. Kesadahan sementara

Air sadah sementara adalah air sadah yang mengandung ion karbonat (CO_3^{2-}) dan 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. Kesadahan tetap

Air sadah tetap adalah air sadah yang mengandung anion selain ion bikarbonat, misalnya dapat berupa ion Cl^- 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 kesadahannya tidak bisa dihilangkan hanya dengan cara pemanasan.

(Kuswanti, T., Sofyatiningrum, E., dkk. 2007)

2.3 PERTUKARAN ION

Pertukaran ion ini bertujuan untuk menghilangkan ion yang tidak diinginkan dari air baku dengan memindahkan ion-ion tersebut ke resin. Penukar ion memiliki kapasitas yang terbatas dalam kemampuan menukar ion yang disebut kapasitas tukar. Karena ini, penukar ion atau resin akhirnya menjadi jenuh. Untuk membuat agar resin yang akan digunakan tidak lagi jenuh maka resin tersebut dibackwash dengan larutan regenerasi yang kuat dan berisi senyawa yang diinginkan ion, dan ini digunakan untuk menggantikan akumulasi ion yang tidak diinginkan. Operasi ini adalah proses kimia siklik, dan siklus lengkap biasanya meliputi sistem operasi, backwashing, regenerasi, pencucian.

Dalam pertukaran ion, ion terlarut dalam air baku dihilangkan atau ditukar dengan menggunakan resin penukar ion untuk memperoleh kualitas yang tepat untuk setiap system boiler. Penghilangan semua ion terlarut disebut demineralisasi. Pertukaran ion kalsium dan magnesium dengan ion natrium disebut softening.

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.

(Anonim, 2015)

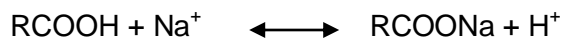
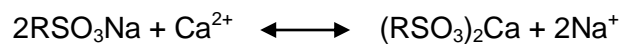
2.4 DEMINERALISASI

Demineralisasi air adalah sebuah proses penyerapan kandungan ion-ion mineral di dalam air. Air hasil proses demineralisasi digunakan untuk berbagai macam kebutuhan, terutama untuk industri. Industri yang menggunakan air demin diantaranya yakni pembangkit listrik tenaga uap, industri semikonduktor, dan juga industri farmasi. System demineralisasi terdiri atas:

1. Cation exchanger

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

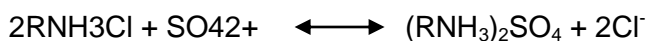
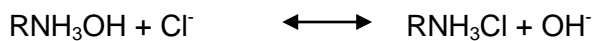
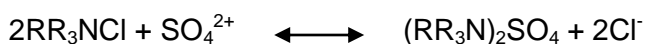
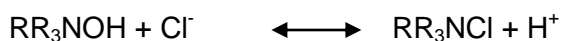
Reaksinya :



2. Anion exchanger

Air dikirim ke anion exchanger dimana kandungan ion-ion chloride, sulfate, silica, bikarbonat yang berkombinasi dengan ion hydrogen yang masih tersisa di dalam air. Alat ini terdiri dari basa lemah untuk menangkap ion SO_4^{-2} , Cl^- dan basa kuat untuk menangkap ion Si^{+2} , CO_3^{-2} .

Reaksinya :



3. Mixed bed exchanger

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

Ada dua tipe kolom resin yang umum digunakan pada proses demineralisasi air. Keduanya adalah *Single Bed* dan *Mixed Bed Ion Exchange Resin*. *Single Bed* berarti di dalam satu kolom hanya terdapat satu jenis resin saja yakni kation resin saja atau anion resin saja. Sedangkan kolom *Mixed Bed* berisi campuran resin kation dan anion.

- **Proses Demineralisasi**

Empat tahapan proses demineralisasi :

- Tahap operasi

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

- 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.

- 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 regeneran dari resin dan ion yang tak diinginkan ke saluran pembuangan (*disposal point*).

➤ 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).

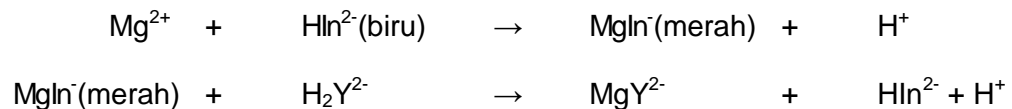
(andrian rahmanda syafiril, 2013)

2.5 TITRASI KOMPLEKSOMETRI

Analisis kesadahan air dapat dilakukan dengan titrasi kompleksometri EDTA (ethylene diamine tetra acetat/ tritripleks/ komplekson, dll) dengan indikator EBT. Senyawa EDTA dengan banyak kation membentuk kompleks dengan perbandingan 1 : 1.

Titration kompleksometri atau kelatometri adalah suatu jenis titrasi dimana reaksi antara bahan yang dianalisis dan titrat akan membentuk suatu kompleks senyawa. Kompleks senyawa ini disebut kelat dan terjadi akibat titran dan titrat yang saling mengkompleks. Kelat yang terbentuk melalui titrasi terdiri dari dua komponen yang membentuk ligan dan tergantung pada titran serta titrat yang hendak diamati. 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 (H₃In) 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. Reaksi yang terjadi :



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. Indikator Patton-Reeder adalah indikator terbaik untuk penentuan kalsium dalam air. Asam etilena diamina tetra asetat (*Ethylene diamine tetra acetic acid*, disingkat EDTA) adalah asam kompleks, berupa asam karboksilat poliamino yang biasa digunakan sebagai agensia pengkelat atau ligan beberapa ion atau unsur logam, terutama Fe³⁺, Mg²⁺ dan Ca²⁺.

Eriochrome Black T (EBT) adalah indikator yang berwarna merah muda, bila berada dalam larutan yang mengandung ion kalsium dan ion magnesium. Pada keadaan buffer dengan pH 10, indikator ini berwarna biru.

Senyawa ini memiliki dua gugus fenol yang dapat terionisasi. Nama lain dari *Eriochrome Black T* adalah *Solochrome Black T* atau EBT. Suatu kelemahan *Eriochrome Black T* adalah larutannya tidak stabil, dan hanya bisa digunakan dalam suasana basa. Bila disimpan akan terjadi penguraian secara lambat, sehingga setelah jangka waktu tertentu indikator tidak berfungsi lagi. Sebagai gantinya dapat diganti dengan indikator *Calmagite*. Indikator ini stabil dan dalam kebanyakan sifatnya sama dengan *Eriochrome Black T*.