

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kesadahan

Air sadah adalah istilah yang digunakan pada air yang mengandung kation penyebab kesadahan. Pada umumnya kesadahan disebabkan oleh adanya logamlogam atau kation-kation yang bervalensi 2, seperti Fe, Sr, Mn, Ca dan Mg, tetapi penyebab utama dari kesadahan adalah kalsium (Ca) dan magnesium (Mg). Kalsium dalam air mempunyai kemungkinan bersenyawa dengan bikarbonat, sulfat, khlorida dan nitrat, sementara itu magnesium dalam air kemungkinan bersenyawa dengan bikarbonat, sulfat dan khlorida. (Marsidi,R. 2011)

Kesadahan air dapat digolongkan menjadi dua macam :

##### 1. Kesadahan sementara

Air sadah sementara adalah air sadah yang mengandung ion karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) dan bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ), 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  $\text{Ca}^{2+}$  dan atau  $\text{Mg}^{2+}$

##### 2. Kesadahan tetap

Air sadah tetap adalah air sadah yang mengandung anion selain ion bikarbonat, misalnya dapat berupa ion  $\text{Cl}^-$  dan  $\text{SO}_4^{2-}$ . Berarti senyawa yang terlarut boleh jadi berupa kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ), kalsium nitrat

( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4$ ), magnesium klorida ( $\text{MgCl}_2$ ), magnesium nitrat ( $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ), dan magnesium sulfat ( $\text{MgSO}_4$ ). Air yang mengandung senyawa-senyawa tersebut disebut air sadah tetap, karena kesadahanannya tidak bisa dihilangkan hanya dengan cara pemanasan. (Kuswanti, dkk. 2007)

Tingkat kesadahan di berbagai tempat perairan berbeda-beda, pada umumnya air tanah mempunyai tingkat kesadahan yang tinggi, hal ini terjadi karena air tanah mengalami kontak dengan batuan kapur yang ada pada lapisan tanah yang dilalui air. Air permukaan tingkat kesadahanannya rendah (air lunak), kesadahan non karbonat dalam air permukaan bersumber dari kalsium sulfat yang terdapat dalam tanah liat dan endapan lainnya. Tingkat kesadahan air biasanya digolongkan seperti ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 1 : Klasifikasi tingkat kesadahan

Mg/l $\text{CaCO}_3$	Tingkat Kesadahan
0 – 75	Lunak (soft)
75 - 150	Sedang (moderately hard)
150 - 300	Tinggi (hard)
>300	Tinggi sekali (very hard)

(Marsidi, R. 2011)

Kerugian yang ditimbulkan oleh air sadah antara lain :

- Menyebabkan sabun tidak berbusa (berbuih). Sabun akan berbusa jika ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  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, dkk. 2007)

## 2.2 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)

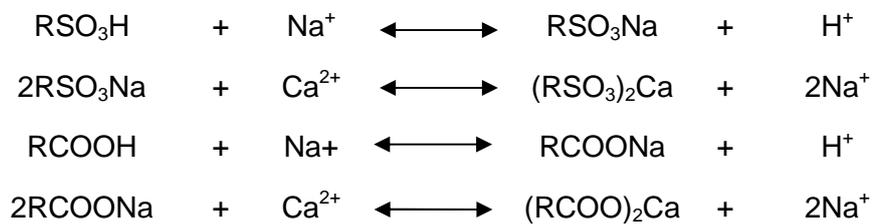
### 2.3 Demineralisasi

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.

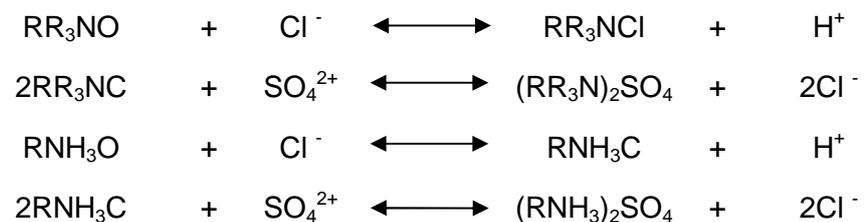
Reaksinya :



### 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  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Cl}^-$  dan basa kuat untuk menangkap ion  $\text{Si}^{+2}$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$ .

Reaksinya :



### 3. Mix 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 terdiri atas empat tahapan, yaitu :

➤ 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)

## 2.4 Besi

Besi (Fe) adalah satu dari lebih unsur-unsur penting dalam air permukaan dan air tanah. Perairan yang mengandung besi (Fe) sangat tidak diinginkan untuk keperluan rumah tangga karena dapat menyebabkan bekas karat pada pakaian, porselin dan alat-alat lainnya serta menimbulkan rasa yang tidak enak pada air minum pada konsentrasi di atas kurang lebih 0,31 mg/L. Besi(II) (Fe) sebagai ion berhidrat yang dapat larut ( $Fe^{2+}$ ) merupakan jenis besi (Fe) yang terdapat dalam air tanah karena air tanah tidak berhubungan dengan oksigen dari atmosfer, konsumsi oksigen bahan organik dalam media mikroorganisme sehingga menghasilkan keadaan reduksi dalam air tanah. Oleh karena itu, besi (Fe) dengan bilangan oksidasi rendah, yaitu besi(II) (Fe) umum ditemukan dalam air tanah dibandingkan besi(III) (Fe).

Secara umum besi(II) (Fe) terdapat dalam air tanah berkisar antara 1,0 – 10 mg/L, namun demikian tingkat kandungan besi (Fe) sampai

sebesar 50 mg/L dapat juga ditemukan dalam air tanah di tempat-tempat tanah. Besi(II) (Fe) dapat terjadi sebagai jenis stabil yang larut dalam dasar danau dan sumber air yang kekurangan oksigen.

Sumber besi (Fe) antara lain berasal dari hematit ataupun magnetit. Mineral yang sering berada dalam air dengan jumlah besar adalah kandungan besi (Fe). Apabila besi (Fe) tersebut berada dalam jumlah yang banyak akan muncul berbagai gangguan lingkungan.

Menurut Wahyu Widowati, Astiana Sastiono dan Raymond Jusuf R., besi (Fe) memiliki berbagai fungsi esensial dalam tubuh, yaitu :

1. Sebagai alat angkut oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh.
2. Sebagai alat angkut elektron dalam sel.
3. Sebagai bagian terpadu dari berbagai reaksi enzim.

Kadar besi (Fe) yang terlalu tinggi bisa mengakibatkan kerusakan seluler akibat radikal bebas. Dosis yang melebihi 20 mg/kg berat pada manusia menyebabkan toksisitas. Toksisitas kronis dari besi (Fe) lebih banyak terjadi pada orang dewasa yang biasanya mengakibatkan idiopatik hemokromatosis dikarenakan tidak normalnya absorpsi besi (Fe) dari alat pencernaan.

Salah satu cara penurunan kadar besi (Fe) dalam air adalah menggunakan saringan pasir aktif. Daya kerja saringan pasir aktif tersebut di antaranya dipengaruhi oleh jenis pasir dan ketebalan lapisan pasir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada air sumur yang memiliki kadar besi (Fe) 3,0 µg/L, suhu 24,5°C dan pH sebesar 7,5 setelah disaring dengan saringan pasir aktif (kali dan kuarsa). Pasir kali aktif pada ketebalan 60 cm mampu menurunkan kadar besi (Fe) sebesar 63,7%, sedangkan pasir

kuarsa aktif pada ketebalan 60 cm dapat menurunkan kadar besi (Fe) air sumur hingga sebesar 94,9%.

## 2.5 Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometer sesuai dengan namanya adalah alat yang terdiri dari spektrometer dan fotometer. Spektrometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorpsi. Jadi spektrofotometer digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi fungsi dari panjang gelombang.

Panjang gelombang cahaya ultraviolet dan tampak jauh lebih pendek daripada panjang gelombang inframerah. Satuan yang digunakan untuk memberikan panjang gelombang ini adalah nanometer ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ). Spektrum tampak terentang dari 400 nm (ungu) ke 750 nm (merah), sedangkan ultraviolet berjangka dari 200-400 nm. Baik radiasi ultraviolet maupun tampak berenergi lebih tinggi daripada radiasi inframerah. Panjang gelombang cahaya ultraviolet atau tampak bergantung pada mudahnya promosi elektron. Molekul-molekul yang memerlukan lebih banyak energi untuk promosi elektron, akan menyerap pada panjang gelombang yang lebih pendek. Molekul-molekul yang memerlukan energi yang lebih sedikit akan menyerap pada panjang gelombang yang lebih panjang. Senyawa yang tak menyerap cahaya dalam daerah tampak (yakni senyawa berwarna) mempunyai elektron yang lebih mudah dipromosikan daripada senyawa yang tak menyerap pada panjang gelombang ultraviolet.

Penyerapan sinar UV-tampak oleh suatu molekul akan menyebabkan transisi di antara tingkat energi elektronik dari molekul. Atas dasar ini, spektroskopi UV-tampak juga dikenal sebagai spektroskopi (spektrometri) elektronik. Transisi ini dapat terjadi antarorbital ikatan (bonding) atau orbital anti ikatan (anti bonding). Panjang gelombang sinar yang diserap sebanding dengan perbedaan tingkat energi orbital ( $E$ ). Untuk eksitasi elektron ikatan perlu energi yang tinggi dengan nilai  $\lambda = 120 - 200$  nm (UV hampa). Hal ini berarti pengukuran harus dilakukan dalam hampa sehingga sukar dilakukan. Di atas  $\lambda = 200$  nm, daerah eksitasi elektron dari orbital p, d, n terutama sistem n terkonjugasi, pengukuran mudah dilakukan sehingga spektrometri UV tampak diukur pada  $\lambda > 200$  nm.

Penyerapan panjang gelombang tampak menyebabkan perpindahan elektron yang reversibel dan relatif rendah energinya dalam molekul. Pada umumnya zat berwarna mempunyai elektron-elektron yang mudah tereksitasi. Terutama senyawaan organik tertentu merupakan sumber warna yang berguna untuk zat warna. Molekul-molekul senyawaan-senyawaan organik yang tak mempunyai ikatan rangkap ataupun cincin benzena, tidak menyerap secara selektif dalam bagian tampak dari suatu spektrum, oleh karena itu senyawaan ini tak berwarna. Sebaliknya molekul dengan ikatan rangkap atau inti benzena dapat menyerap beberapa panjang gelombang tampak dan meneruskan cahaya berwarna. Elektron yang mudah dieksitasi oleh cahaya tampak biasanya terdapat dalam sebuah molekul yang beberapa atomnya dihubungkan oleh ikatan rangkap dan tunggal secara berselang-seling. Gugus atom semacam itu disebut kromofor (pengemban warna).

Warna khusus yang dimiliki suatu zat ditentukan tidak hanya oleh macamnya kromofor yang ada, tetapi juga oleh struktur molekul yang mengandung kromofor itu. Banyak zat warna yang berlainan dapat dibuat dengan memasukkan substituen, seperti  $-\text{OH}$ ,  $-\text{NH}_2$ ,  $-\text{NHCH}_3$  dan  $-\text{N}(\text{CH}_3)_2$  ke dalam molekul yang mengandung suatu gugus pembentuk warna tertentu. Gugus yang mengubah ataupun menyumbangkan sesuatu kepada warna suatu zat warna dirujuk sebagai auksokrom (penghasil warna pembantu). Umumnya auksokrom mempunyai fungsi tambahan untuk membuat zat warna itu tidak luntur pada pakaian atau benda lain dengan cara pembentukan garam. (Arhany.2012)