

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air

Air merupakan kebutuhan yang sangat vital bagi kehidupan manusia. Air sebagian besar terdapat di laut (air asin) dan pada lapisan-lapisan es (di kutub dan puncak-puncak gunung), akan tetapi juga dapat hadir sebagai awan, hujan, sungai, muka air tawar, danau, uap air, dan lautan es. Air dalam obyek-obyek tersebut bergerak mengikuti suatu siklus air, yaitu: melalui penguapan, hujan, dan aliran air di atas permukaan tanah (*runoff*, meliputi mata air, sungai, muara) menuju laut. Menurut tempat terjadinya air dapat dibagi atas, air permukaan, dan air bawah tanah. Sebagai berikut :

2.1.1 Air Permukaan

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

2.1.1.1 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.

2.1.1.2 Air Danau

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.

2.1.1.3 Air Laut

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. 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.

2.1.2 Air Tanah

Air tanah adalah air yang berada di bawah permukaan tanah. Air tanah dapat kita bagi lagi menjadi dua, yakni air tanah preatis dan air tanah artesis.

2.1.2.1 Air Tanah Preatis

Air tanah preatis adalah air tanah yang letaknya tidak jauh dari permukaan tanah serta berada di atas lapisan kedap air / impermeable.

2.1.2.2 Air Tanah Artesis

Air tanah artesis letaknya sangat jauh di dalam tanah serta berada di antara dua lapisan kedap air.

2.2 Limbah

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga).

2.2.1 Jenis - Jenis Limbah

Berdasarkan komponen penyusunnya, limbah dibagi menjadi dua, yaitu limbah organik dan limbah anorganik.

2.2.1.1 Limbah Organik

Limbah organik adalah limbah yang berasal dari bagian organisme, yang dapat terurai secara alami. Limbah ini banyak dihasilkan dari rumah tangga, seperti sampah dari dapur, sayuran yang telah membusuk, daun, dan kulit buah. Limbah organik dapat dimanfaatkan menjadi pupuk kompos dan sumber energi alternatif yang disebut biogas.

2.2.1.2 Limbah Anorganik

Limbah anorganik umumnya sulit untuk diuraikan oleh mikroorganisme pengurai, dan mungkin beberapa bisa terurai tetapi memerlukan waktu yang lama. Limbah tersebut berasal dari sumber daya alam (SDA) yang tidak dapat diperbarui atau yang berasal dari pertambangan seperti minyak bumi, batu bara, besi, timah, dan nikel. Limbah anorganik umumnya berasal dari kegiatan industri tetapi bisa juga dari sampah rumah tangga seperti kaleng bekas, botol, plastik, dan karet sintesis. Limbah anorganik dapat dimanfaatkan kembali dengan cara didaur - ulang menjadi bahan yang lebih berguna.

2.3 Kesadahan

Air sadah adalah istilah yang digunakan pada air yang mengandung kation penyebab kesadahan. Pada umumnya kesadahan disebabkan oleh adanya logam-logam 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.

Kesadahan dibagi atas dua jenis kesadahan, yaitu kesadahan sementara dan kesadahan tetap. Air yang mengandung kesadahan kalsium karbonat dan magnesium karbonat disebut kesadahan karbonat atau kesadahan sementara, karena kesadahan tersebut dapat dihilangkan dengan cara pemanasan atau dengan cara pembubuhan kapur. Sementara itu Air yang mengandung kesadahan kalsium sulfat, kalsium khlorida, magnesium sulfat dan magnesium khlorida, disebut kesadahan tetap karena tidak dapat dihilangkan dengan cara pemanasan, tetapi dapat dengan cara lain dan salah satunya adalah proses penukar ion.

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 kesadahan-nya rendah (air lunak), kesadahan non karbonat dalam air permukaan bersumber dari calsium sulfat yang terdapat dalam tanah liat dan endapan lainnya.

2.3.1 Pelunakan Kesadahan

Pelunakan kesadahan air adalah suatu proses untuk menghilangkan atau mengu-rangi kandungan kation Ca^{2+} dan Mg^{2+} dari dalam air. Kation penyebab kesadahan dapat dikurangi atau dihilangkan dengan proses-proses sebagai berikut :

2.3.1.1 Pemanasan

Garam MgCO_3 bersifat larut dalam air dingin, namun semakin tinggi temperatur air, kelarutan MgCO_3 semakin kecil, bahkan hingga menjadi tidak larut dan dapat mengendap. Garam CaCO_3 kelarutannya lebih kecil dari pada MgCO_3 , sehingga pada air dinginpun sebagian CaCO_3 mengendap, pada air panas pengendapannya akan lebih banyak lagi. Berdasarkan sifat ini, kesadahan yang disebabkan oleh kation Mg^{2+} dan Ca^{2+} dapat dihilangkan dengan cara pemanasan.

Dikarenakan sifat ini maka air sadah tidak dikehendaki pada air industri karena dapat menimbulkan endapan/kerak pada peralatan pemanas seperti boiler dan lain sebagainya.

2.3.1.2 Proses Kapur Soda

Pada proses ini tujuannya adalah untuk membentuk garam-garam kalsium dan magnesium menjadi bentuk garam-garam yang tidak larut, sehingga dapat diendapkan dan dapat dipisahkan dari air. Bentuk garam kalsium dan magnesium yang tidak larut dalam air adalah :

- Kalsium Karbonat (CaCO_3)
- Magnesium Hidroksida (Mg(OH)_2)

2.3.1.3 Pertukaran Ion

Pada proses pertukaran ion, ion kalsium dan magnesium ditukar dengan ion sodium. Pertukaran ini berlangsung dengan cara melewatkan air sadah ke dalam unggun butiran yang terbuat dari bahan yang mempunyai kemampuan menukarkan ion. Terdapat beberapa bahan penukar ion yaitu : Bahan penukar ion alam yang disebut greensand atau zeolit, kemudian bahan penukar ion zeolit

buatan dan yang saat ini sering digunakan adalah bahan penukar ion yang disebut resin penukar ion.

Resin penukar ion umumnya terbuat dari partikel cross-linked polystyrene. Terdapat beberapa resin penukar ion yang diproduksi oleh berbagai pabrik dan dipasarkan masing-masing mempunyai nama dagang tersendiri. Untuk proses penghilangan kesadahan atau pelunakan, resin yang digunakan adalah resin penukar kation yang mengandung sodium.

2.4 Zeolite

Zeolit berasal dari mineral Alumino silikat yang terdehidrasi dengan kation-kation alkali dan alkali tanah, memiliki struktur dalam tiga dimensi yang tidak terbatas dengan rongga-rongga. Adanya perbandingan silika dan aluminium yang bervariasi, menghasilkan banyak jenis mineral zeolit yang terdapat di alam.

Zeolit merupakan kristal yang agak lunak dengan berat jenis yang bervariasi antara 2 – 24 gr/cm³. Air kristalnya mudah dilepaskan dengan cara pemanasan, apabila terpapar dengan udara akan cepat kembali ke keadaan semula karena mudah menyerap air dari udara. Mudah melakukan pertukaran ion-ion alkalinya dengan ion-ion elemen lain.

Berdasarkan pada sumbernya, zeolit terbagi menjadi dua, pertama yaitu zeolit yang berasal dari alam selanjutnya disebut zeolit alam, kedua adalah zeolit buatan yaitu zeolit yang dibuat oleh manusia.

Zeolit alam ditemukan dalam bentuk sedimentasi yang terjadi akibat proses alterasi debu-debu vulkanik oleh air. Pada kenyataannya sedimentasi zeolit berlangsung secara berkesinambungan pada dasar lautan. Dari studi kelautan diketahui bahwa zeolit tipe Philipsit adalah mineral yang terbanyak di alam.

Zeolit buatan dibuat dengan cara meniru proses hidrotermal yang terjadi pada mineral zeolit alam. Zeolit buatan dibuat dari gel alumino silikat yaitu suatu jenis gel yang terbuat dari larutan natrium aluminal, natrium silikat dan natrium hidroksida. Struktur gel terbentuk karena polimerisasi anion-anion aluminat dan silikat.

2.5 Poly Aluminium Chloride (PAC)

Poly Aluminium Chloride (PAC) adalah zat berupa serbuk yang aman dan mudah larut di dalam air, yang digunakan pada proses penjernihan air. Pada pengolahan air, tujuan proses koagulasi adalah untuk memisahkan kontamin seperti cemaran padat yang sulit di pisahkan dengan proses Filtrasi. Proses Koagulasi menyebabkan koloid dan partikel yang tersuspensi berkumpul dan kemudian membentuk partikel yang lebih berat (flok) yang dengan mudah dapat dipisahkan dengan pengendapan ataupun penyaringan.

2.5.1 Keunggulan PAC

- Pada kondisi air yang umum, PAC tidak membutuhkan koreksi PH. Sebab PAC memiliki atau dapat bekerja pada tingkat PH yang lebih luas.
- Tidak seperti yang terjadi dengan Koagulan yang lain seperti aluminium sulfat, besi klorida dan fero sulfat. PAC tidak menjadi keruh apabila digunakan secara berlebihan. Ini berarti pengguna PAC dapat melakukan penghematan penggunaan bahan kimia.
- Terdapatnya kandungan polimer khusus pada PAC, juga dapat membantu mengurangi pemakaian bahan kimia pembantu lainnya. Tentu saja hal ini memberikan penghematan.
- Untuk air yang di konsumsi, tentu saja dibutuhkan bahan untuk menetralkan kandungan kimia. Namun dengan penggunaan PAC ini hal

tersebut dapat diminimalisasi. Sebab, kandungan basa yang cukup akan menambah gugus hidroksil dalam air sehingga penurunan pH tidak terlalu ekstrim.

- Dalam hal pembentukan flok. Polyaluminium chloride memiliki waktu yang lebih cepat dibandingkan dengan koagulan lainnya. Hal ini disebabkan gugus aktif aluminat yang bekerja efektif dalam mengikat koloid yang ikatan ini diperkuat dengan rantai polimer dari gugus polielektrolite sehingga gumpalan floknya menjadi lebih padat, penambahan gugus hidroksil kedalam rantai koloid yang hidrofobik akan menambah berat molekul, dengan demikian walaupun ukuran kolam pengendapan lebih kecil atau terjadi *over-load* bagi instalasi yang ada, kapasitas produksi relatif tidak terpengaruh.

2.6 Karbon Aktif (CA)

Karbon aktif adalah karbon yang di proses sedemikian rupa sehingga pori – porinya terbuka, dan dengan demikian akan mempunyai daya serap yang tinggi. Karbon aktif merupakan karbon yang bebas serta memiliki permukaan dalam (internal surface), sehingga mempunyai daya serap yang baik. Keaktifan daya menyerap dari karbon aktif ini tergantung dari jumlah senyawa karbonnya yang berkisar antara 85 % sampai 95% karbon bebas. Karbon aktif yang berwarna hitam, tidak berbau, tidak terasa dan mempunyai daya serap yang jauh lebih besar dibandingkan dengan karbon aktif yang belum menjalani proses aktivasi.

Karbon aktif bersifat sangat aktif dan akan menyerap apa saja yang kontak dengan karbon tersebut. Karbon Aktif digunakan untuk menjernihkan air, pemurnian gas, industri minuman, farmasi, katalisator, dan berbagai macam penggunaan lain. Selain di bidang pengolahan air, karbon aktif dapat digunakan

di berbagai industri seperti pengolahan/tambang emas dengan berbagai ukuran mesh maupun iodine number.

2.7 Kaporit

Kaporit atau Kalsium hipoklorit adalah senyawa kimia yang memiliki rumus kimia $\text{Ca}(\text{ClO})_2$. Kaporit biasanya digunakan sebagai zat disinfektan air. Kalsium hipoklorit adalah padatan putih yang siap didekomposisi di dalam air untuk kemudian melepaskan oksigen dan klorin. Kalsium hipoklorit memiliki aroma klorin yang kuat. Senyawa ini tidak terdapat di lingkungan secara bebas. Kalsium hipoklorit utamanya digunakan sebagai agen pemutih atau disinfektan. Senyawa ini adalah komponen yang digunakan dalam pemutih komersial, larutan pembersih, dan disinfektan untuk air minum, sistem pemurnian air, dan kolam renang.

2.8 Pertukaran Ion Menggunakan Zeolit

Air sadah yang dialirkan melalui kolom zeolit akan mengalami pertukaran ion-ion, ion Ca dan ion Mg dalam air sadah ditukar dengan ion Na dalam zeolit. Hal tersebut berlangsung terus sampai suatu saat ion Na dalam zeolit sudah habis ditukar dengan ion Ca dan Mg dari dalam air, pada keadaan ini zeolit tersebut dinamakan telah jenuh yang berarti zeolit tidak mampu lagi melakukan pertukaran ion.

Agar dapat kembali aktif, zeolit yang telah jenuh harus di regenerasi dengan cara mengalirkan larutan garam dapur (NaCl 10-25 %) ke dalam unggun zeolit yang telah jenuh tersebut. Pada proses regenerasi ini akan terjadi pertukaran ion

Na dari dalam larutan air garam, masuk ke dalam zeolit untuk menggantikan ion Ca dan Mg dari dalam zeolit.

Keunggulan menggunakan zeolit sebagai bahan untuk pelunakan air sadah, antara lain :

- Mempunyai sistem yang kompak sehingga mudah dioperasikan
- Dapat dibuat kontinu
- Presentasi pengurangan kesadahan relatif besar
- Harganya relatif murah dan mudah didapat

Namun demikian ada juga beberapa kekurangan dalam menggunakan zeolit pada pelunakan air yaitu :

- Tidak dapat digunakan pada air yang mengandung kekeruhan air lebih dari 10mg/l
- Efisiensi zeolit akan berkurang apabila air mengandung unsur-unsur sebagai berikut : minyak, H₂S, mengandung ion Fe²⁺ atau Mn²⁺ lebih dari 2 mg/l dan mengandung sodium yang tinggi.
- Tidak dapat dioperasikan pada air yang mempunyai kesadahan lebih dari 800 mg/l.

2.9 Ion Exchanger

Ion exchange atau penukaran ion merupakan salah satu metoda penghilangan mineral dari air, media umum dipakai berupa resin alam atau sintesis. Pada saat operasi dikontakkan dengan resin penukar ion, maka ion terlarut dalam air akan teresap ke resin penukar ion dan resin akan melepaskan ion lain dalam kesetaraan ekivalen, dengan melihat kondisi tersebut maka kita dapat mengatur jenis ion yang diikat dan dilepas.

Sebagai media penukar ion, maka resin penukar ion harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- a. Kapasitas total yang tinggi. Maksudnya resin memiliki kapasitas pertukaran ion yang tinggi.
- b. Kelarutan yang rendah dalam berbagai larutan sehingga dapat berulang-ulang. Resin akan beroperasi dalam cairan yang mempunyai sifat melarutkan, karena resin harus tahan terhadap air.
- c. Kestabilan kimia yang tinggi. Resin diharapkan dapat bekerja pada range pH yang luas serta tahan terhadap asam dan basa. Demikian pula terhadap oksidasi dan radiasi.
- d. Kestabilan fisik yang tinggi. Resin diharapkan tahan terhadap tekanan mekanis, tekanan hidrostatik cairan serta tekanan osmosis.

Resin penukar ion adalah suatu struktur polimer yang menggabungkan suatu gugus aktif yang terikat pada kerangka organik. Proses pembentukan resin terdiri dari dua tahap yaitu pembentukan gugus aktif. Umumnya untuk pembentukan kerangka biasa dipakai *cross linked polystyrene* yang dibentuk dari tetapan cairan monomer yang disuspensikan dalam air. Dari proses tersebut diperoleh butiran yang keras, transparan, tidak berwarna dan kedap air. Butiran-butiran ini belum memiliki sifat penukar ion. Tahap selanjutnya pembentukan gugus aktif pada butiran-butiran tersebut. Ada 2 macam resin penukar ion, yaitu :

- a. *Anion exchange resin* (resin penukar ion), yaitu resin yang mempunyai kemampuan menyerap/menukar anion-anion yang ada dalam air. Resin ini biasanya berupa gugus amina aktif.

- b. *Cation exchange resin* (resin penukar kation), yaitu resin yang mempunyai kemampuan menyerap/menukar kation-kation seperti Ca, Mg, Na, dan sebagainya.