

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. AIR BAKU

Sebenarnya dimuka bumi ini terdapat cukup banyak air dan kurang lebih 7% dari massa bumi adalah berupa air. Akan tetapi 97% air alam berupa air asin (sebagai air laut) dan sebagian besar dari sisanya 2,3% berupa air es di kutub bumi dan kurang lebih 0,7% air di bumi yang berupa air tawar sebagaimana yang terdapat di danau, sungai, lapisan akuifer dan di atmosfer (Tebbutt, 1982).

Beberapa sumber air yang dapat dijadikan sebagai sumber air baku antara lain: air hujan, air tanah, mata air dan air permukaan. Air permukaan merupakan air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Penyebab utama menurunnya kualitas air permukaan adalah kegiatan pemukiman dan adanya buangan limbah domestik, industri maupun pertanian. Kota yang mengandalkan air baku dari air permukaan akan mengalami kesulitan besar apabila sumber tersebut tercemar berat oleh kegiatan-kegiatan di atas (Anonim, 1970).

Komposisi kimia yang terkandung dalam air permukaan sangat tergantung daerah yang dilaluinya. Umumnya air permukaan akan memiliki kekeruhan yang cukup tinggi, ditandai dengan tingginya konsentrasi *suspended solids*. Selain itu juga terdapat beberapa material organik dan plankton yang dapat mempengaruhi

kualitas air. Air permukaan juga mempunyai fluktuasi harian, baik temperatur maupun kandungan kimia lain seperti O₂, besi, mangan dan permanganat. Tiap elemen tersebut memiliki variasi yang berbeda-beda sepanjang tahun. (Anonim, 1991)

2.2. STANDAR KUALITAS AIR BERSIH

Standar kualitas air adalah baku mutu air yang ditetapkan berdasarkan sifat-sifat fisik, kimia dan biologis yang menunjukkan kualitas air tersebut. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 Tanggal 29 Juli 2002, yang dimaksud dengan air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum, sebagaimana terlampir (lampiran 1)

Mengingat pentingnya peran air bagi kelangsungan hidup manusia, maka air yang akan dikonsumsi harus memenuhi standar kualitas air minum sesuai dengan Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002

2.3. PROSES PENGOLAHAN AIR

Air seringkali memiliki komposisi yang sangat kompleks oleh karena itu diperlukan modifikasi dari komposisi tersebut agar dapat disesuaikan dengan penggunaannya. Ini berarti berbagai proses pengolahan diperlukan untuk mengatasi kehadiran beranekaragamnya kontaminan yang mungkin ditemukan.

Menurut Tebbutt (1982), kontaminan yang mungkin ditemukan pada air baku dalam bentuk-bentuk sebagai berikut:

- a. Material-material kasar tersuspensi atau terapung dalam air seperti : daun, cabang, ranting, kayu dan sebagainya.
- b. Material-material halus tersuspensi dan koloidal dalam air seperti: partikel-partikel lumpur dan lempung serta mikroorganisme.
- c. Material-material terlarut dalam air seperti: alkalinitas, kesadahan dan asam-asam organik.
- d. Gas-gas terlarut seperti: karbondioksida dan hydrogen sulfida.
- e. Cairan-cairan terlarut seperti: lemak, pelumas dan minyak.

Anonim (1991) menyebutkan material yang terkandung dalam air dapat dikategorikan sebagai berikut (Anonim,1991):

- a. *Suspended Solids*, yaitu material yang berasal dari mineral dasar seperti pasir, lumpur, lempung dan material organik yang berasal dari dekomposisi tumbuhan maupun hewan.
- b. Partikel koloid, yaitu partikel dengan ukuran kurang dari 1 mikron, yang materialnya sama dengan *suspended solid* tapi dengan ukuran yang lebih kecil. Partikel ini juga sangat mempengaruhi kekeruhan dan warna air. Biasanya partikel ini mengendap dengan waktu yang cukup lama karena partikelnya cenderung melayang dalam air.
- c. Zat-zat terlarut, biasanya berupa kation dan anion, merupakan bagian dari bahan organik yang terlarut, seperti gas O_2 , CO_2 dan H_2S

Terdapat tiga tingkat proses pengolahan air, yaitu (Anonim, 1970):

- a. Pengolahan fisik, yaitu proses pengolahan yang ditujukan untuk mengurangi atau menghilangkan kotoran-kotoran yang kasar, penyisihan lumpur dan pasir serta mengurangi kadar zat-zat organik yang ada dalam air yang akan diolah. Contoh-contoh tipikal dari proses jenis ini adalah penyaringan (*screening*), pengendapan (*sedimentasi*), filtrasi dan gas transfer.
- b. Pengolahan kimia, yaitu pengolahan dengan menggunakan zat-zat kimia untuk membantu proses pengolahan selanjutnya dengan memanfaatkan sifat-sifat kimia dari reagen yang ditambahkan ke dalam air, misalnya dengan pembubuhan koagulan alum atau besi, pembubuhan kapur dalam proses pelunakan dan sebagainya.
- c. Pengolahan bakteriologis, yaitu pengolahan yang bertujuan membunuh bakteri-bakteri yang terkandung dalam air, misalnya dengan jalan menggunakan kaporit

2.4. KEKERUHAN DALAM AIR

Kekeruhan menunjukkan sifat optis air, yang mengakibatkan pembiasan cahaya kedalam air. Kekeruhan membatasi masuknya cahaya ke dalam air. Kekeruhan ini terjadi karena adanya bahan yang terapung, dan terurainya zat tertentu, seperti bahan organik, jasad renik, lumpur, tanah liat dan benda lain yang melayang atau terapung dan sangat halus. Semakin keruh air, semakin tinggi daya hantar listriknya dan semakin banyak pula padatannya (Kristanto, 2002).

Partikel yang terkandung dalam air dapat terjadi karena adanya erosi tanah yang dilalui oleh aliran air. Kation-kation yang terdapat dalam partikel lempung adalah Na^+ , K^+ , Ca^+ , H^+ , Al^{3+} dan Fe^{3+} , berurutan menurut besarnya gaya adsorpsi yang dialami. Dari urutan kation tersebut, terlihat partikel yang mengandung Na^+ dan K^+ sangat stabil dan sukar mengendap karena hanya sedikit yang mengalami gaya adsorpsi, sedangkan partikel yang mengandung Al^{3+} dan Fe^{3+} kurang stabil dan mudah mengendap.

Adapun zat yang tidak dapat mengendap tanpa bantuan bahan kimia atau koagulan antara lain adalah unsur organik atau dari limbah domestik. Jenis dan ukuran partikel koloid dalam air yang sukar mengendap dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Spektrum Ukuran Partikel

| No. | Jenis Partikel | Bahan Penyusun | Ukuran (mikron) |
|-----|----------------|---|-------------------------|
| 1 | Molekul | - | $10^{-10} - 10^{-8}$ |
| 2 | Koloid | - | $10^{-8} - 10^{-5}$ |
| 3 | Tersuspensi | Clay FeOH CaCO ₃ SiO ₃ | |
| 4 | Bakteri | | $10^{-6} - 10^{-5,5}$ |
| 5 | Alga | | $10^{-6} - 10^{-4,5}$ |
| 6 | Virus | | $10^{-7,5} - 10^{-8,5}$ |

Sumber : Fair, 1968

Untuk menghilangkan zat-zat tersebut diatas, cara yang umum dilakukan adalah dengan proses sedimentasi, akan tetapi untuk ukuran partikel yang sangat

kecil seperti partikel koloidal dan partikel tersuspensi memerlukan waktu yang sangat lama, seperti dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Jenis Partikel Koloid dan Tersuspensi

| No. | Jenis Partikel | Diameter (mm) | Waktu Pengendapan |
|-----|----------------|-------------------|----------------------|
| 1 | Kerikil | 10 | 0,3 detik |
| 2 | Pasir halus | 0,1 | 33,0 detik |
| 3 | Silt | 0,01 | 38,0 detik |
| 4 | Bakteri | 0,001 | 55,0 jam |
| 5 | Koloid | 0,0001 – 0,000001 | 230,0 hari–6,3 tahun |

Sumber: Anonim, 1971

2.4.1. Dispersi Koloid

Dispersi koloid terdiri atas partikel-partikel diskrit yang tetap dalam keadaan tersuspensi akibat ukurannya yang sangat kecil berikatan secara kimiawi dengan air dan karena adanya muatan listrik pada permukaannya.

Dispersi koloid digolongkan menjadi dua macam yaitu:

1) Koloid hidrofilik

Kestabilan koloid jenis ini disebabkan oleh afinitas yang besar terhadap air, hanya sedikit yang dapat terdestabilisasi. Adanya gaya tarik-menarik yang sangat kuat terhadap air, koloid ini biasanya membutuhkan dosis koagulan yang lebih besar dari pada dosis untuk koloid jenis hidrofobik. Contoh koloid ini adalah sabun, deterjen sistesis dan serum darah merah.

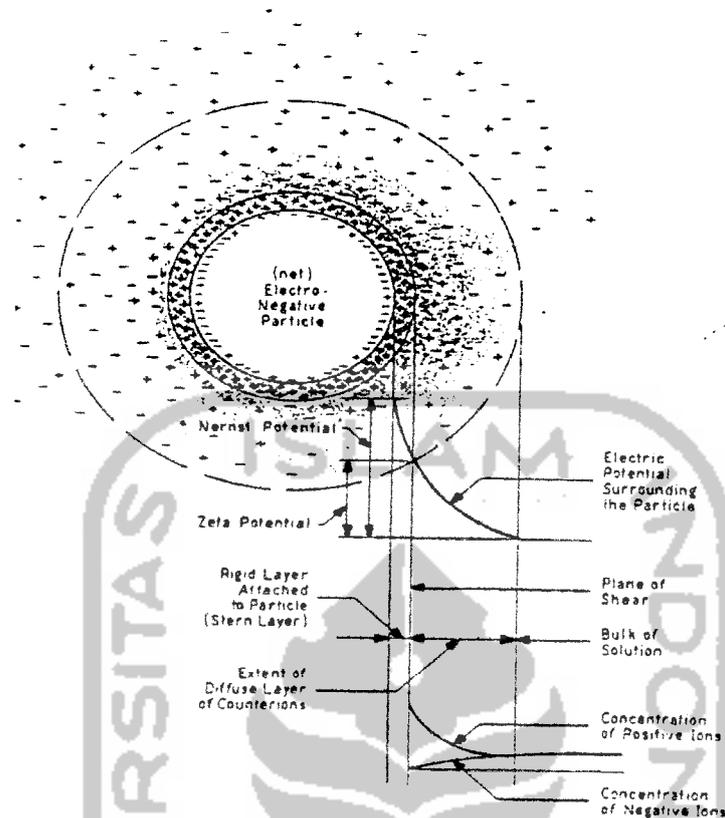
2) Koloid hidrofobik

Koloid ini tidak berafinitas terhadap air dan menjadi stabil karena muatan yang dimilikinya. Contoh koloid dari jenis ini adalah koloid oksida metal dan oksida non metal. Adanya muatan yang sama pada permukaan masing-masing partikel menimbulkan gaya tolak-menolak yang menghambat terjadinya penggabungan antar partikel (Johannes, 1973).

2.4.2. Konsep Zeta potensial

Konsep ini berasal dari teori lapisan ganda difusi yang diterapkan pada permukaan lapisan koloid. Partikel koloid mempunyai muatan listrik yang sangat mempengaruhi sifatnya. Muatan pokok yang dimiliki partikel tersebut menarik ion-ion larutan disekelilingnya. Muatan pokok partikel tersebut menarik ion-ion larutan yang bermuatan berlawanan. Perbedaan konsentrasi antara kation dan anion menyebabkan terbentuknya suatu medan elektrostatis. Jika muatan pokok tersebut cukup besar maka akan terbentuk lapisan tetap disekelilingnya, yang mengandung ion-ion muatan berlawanan. Lapisan tetap tersebut dinamakan lapisan stern yang dikelilingi lagi oleh lapisan lain yang berlawanan, disebut lapisan difusi. Konsentrasi ion dilapisan difusi ini bervariasi, ion yang bermuatan sama dengan muatan pokok, konsentrasinya lebih rendah daripada muatan yang berlawanan dengan muatan pokok. Hal ini berlaku baik untuk lapisan stern maupun difusi.

Skema lapisan ganda yang mengelilingi partikel koloid digambarkan pada skema berikut:



Gambar 2.1. Skema lapisan ganda disekeliling partikel koloid (Eckenfelder, 1966)

Perbedaan konsentrasi antara kation dan anion menyebabkan terbentuknya suatu medan elektrostatis. Potensial yang paling menentukan dalam tingkah laku partikel koloid adalah potensial pada permukaan batas antara lapisan stern dan lapisan difusi atau disebut permukaan geser, sedangkan potensial pada permukaan ini dinamakan potensial zeta.

Koagulasi dari elektrolit berdasarkan penurunan potensial zeta dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Z = \frac{4\pi\eta v}{k} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana: Z = zeta potensial
 η = viskositas (kekentalan)
 v = mobilitas ion
 k = tetapan dielektrik

Kestabilan dapat dikurangi dengan memperkecil potensial zeta, dengan cara menambahkan ion dari muatan berlawanan. Dengan bertambahnya ion dari muatan yang berlawanan, perbedaan muatan dapat dikurangi dan ketebalan difusi dan stern berkurang pula. Hal ini memungkinkan partikel untuk saling mendekat/berdekatan. Jika partikel cukup dekat satu sama lain, maka daya tarik menarik antar partikel (gaya *Van Der Waals*) dan kontak yang diakibatkan oleh adanya adanya gerak termal yang dikenal dengan gerak *Brown*, mengakibatkan terjadinya tumbukan partikel-partikel sehingga terbentuk flok yang cukup besar dan mudah mengendap (Johannes, 1973).

2.5. BESI DALAM AIR

Besi adalah salah satu elemen kimiawi yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat di bumi, pada semua lapisan geologis dan semua badan air. Pada umumnya besi yang ada di dalam air bersifat:

- a) Terlarut sebagai Fe^{2+} (fero) atau Fe^{3+} (feri)
- b) Tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter $< 1\mu\text{m}$) atau lebih besar, seperti Fe_2O_3 , FeO , FeOOH , $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan sebagainya
- c) Tergabung dengan zat organis atau zat padat yang inorganik (seperti tanah liat)

Dalam air sungai besi berada sebagai Fe^{2+} , Fe^{3+} terlarut dan Fe^{3+} dalam bentuk senyawa organik berupa koloidal (Alaerts, 1984).

Pada air permukaan keberadaan besi (Fe) dapat berupa partikel tersuspensi atau partikel terlarut dalam air. Unsur besi ini masuk bersama dengan limbah industri logam atau akibat operasi tambang batu bara. Besi merupakan unsur kimia yang dapat mempengaruhi kualitas air. Unsur ini di dalam air mudah bergabung dengan karbondioksida (CO_2) dan gabungan ini akan mudah larut dalam air. Efek negatif dari adanya larutan besi yang melebihi ambang batas adalah warna yang ditimbulkan menjadi kuning kecoklatan dan menimbulkan noda pada peralatan dan bahan yang berwarna putih. Selain itu juga dapat menimbulkan rasa dan bau yang tidak enak (Anonim, 1971). Gejala klinis akibat kandungan Fe yang berlebih dalam tubuh, dapat mengakibatkan defisiensi Fe, yang dapat mempengaruhi tingkah laku dan sistem syaraf pusat (Darmono, 1995)

Atas dasar pertimbangan tersebut diatas, maka ditetapkan standar konsentrasi maksimum kadar besi dalam air bersih. Dengan dipenuhinya standar kualitas air bersih tersebut, diharapkan berbagai hal yang tidak dikehendaki diatas dapat dihindari (Widiyanto, 1996).

2.6. KOAGULAN BESI

Partikel dengan ukuran butir sangat kecil tidak dapat diendapkan dalam unit sedimentasi. Oleh karena itu biasanya terlebih dahulu ditambahkan bahan kimia penghasil flok kedalam air untuk menangkap atau menjaring partikel yang sukar mengendap (koloid) sehingga membentuk zat yang lebih berat dan lebih

besar yang dapat mengendap secara gravitasi. Koagulan sendiri adalah zat terlarut yang dapat mentransfer ionnya kepada zat yang ada dalam air (koloid) sehingga terjadi presipitasi. Pada proses penjernihan air, koagulasi dan flokulasi biasanya diikuti dengan proses pengendapan. Zat-zat koagulan terdiri dari koagulan organik dan koagulan anorganik (Anonim, 1991).

Koagulan adalah suatu bahan kimia aktif, umumnya terbuat dari bahan sintesis yang bahan utamanya adalah garam logam aluminium atau besi. Dalam hal ini koagulan sebagai salah satu usaha mendestabilisasikan partikel koloid, kekuatan ion inilah yang berfungsi menimbulkan destabilisasi partikel koloid sehingga lapisan difusi akan mengecil dan memungkinkan terjadinya gaya tarik-menarik antar ion-ion dari koagulan dengan partikel koloid (Johannes, 1973).

Koagulan yang paling umum digunakan adalah garam aluminium dan besi.

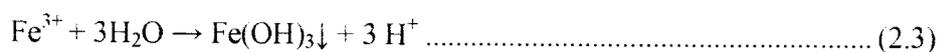
1. Garam aluminium

Reaksi yang terjadi ketika aluminium (Al^{3+}) ditambahkan kedalam air akan menghasilkan bentuk aluminium hidroksida yang mudah mengendap. Berikut ini reaksi yang terjadi:



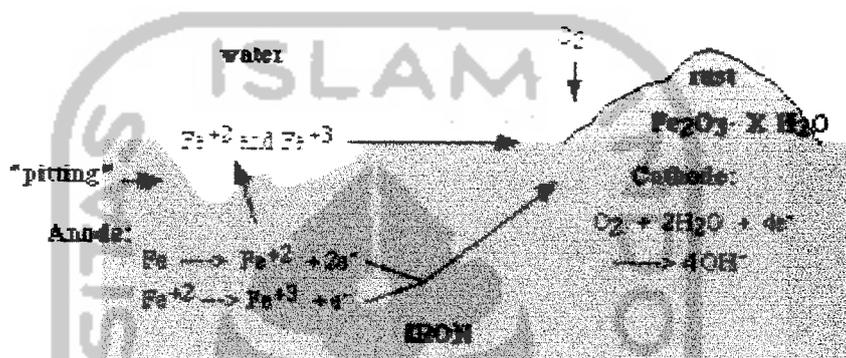
2. Garam besi

Pada prinsipnya, reaksi yang terjadi dengan menggunakan garam besi sama halnya dengan penggunaan koagulan garam aluminium, yaitu sebagai berikut:



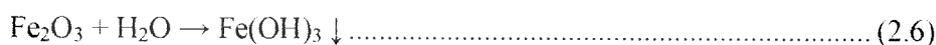
Koagulan yang berasal dari unsur besi akan bereaksi dengan air dan membentuk *ferric hydroxide* yang mudah mengendap (Anonim, 1991)

Serpihan atau serbuk besi merupakan salah satu masalah yang dihadapi pabrik penghasil logam atau besi. Serbuk besi yang dihasilkan dari limbah produksi besi ini akan menghasilkan oksida besi. Terbentuknya senyawa ini dikarenakan serbuk besi yang dibiarkan begitu saja sebagai limbah, akan bereaksi dengan udara, kelembaban ataupun cairan dan dapat menghasilkan oksida besi, seperti gambar berikut:



Gambar 2.2 Proses Pembentukan Oksida Besi (Hammer, 1986)

Proses yang dihasilkan dari *electrochemical* yang terjadi antara besi sebagai anoda dan oksigen sebagai katoda, akan membentuk oksida besi. Penggunaan serbuk besi dalam pengolahan air akan membantu proses pembentukan flok pada kondisi pH optimum. Reaksi yang terjadi yaitu:



Menurut reaksi diatas, Fe(OH)₂ dan Fe(OH)₃ merupakan inti flok dan akan mengendap sehingga dapat membantu dalam proses penurunan kekeruhan dalam air (Widiyanto, 1996).

Koagulan besi sebenarnya lebih murah daripada alum, akan tetapi residu besi dalam larutan dapat mengakibatkan gangguan-gangguan khusus karena sifatnya yang menghasilkan noda-noda pada pakaian, namun gangguan ini tidak akan terjadi bila presipitasi koagulan besi dapat berlangsung sempurna (Tebbutt, 1982).

2.6.1. Dosis Koagulan

Pemilihan dosis koagulan yang optimal tidak dapat ditentukan begitu saja, karena pemilihan jenis dan dosis koagulan pada proses koagulasi - flokulasi dalam pengolahan air akan sangat menentukan destabilisasi koloid. Metode yang paling umum digunakan untuk menentukan jenis dan dosis koagulan adalah metode Jar test. Metode ini merupakan stimulant proses koagulasi-flokulasi dalam skala laboratorium. Dalam analisa Jar test tidak hanya dipantau dari besar kecilnya putaran, dosis koagulan, pengendapan, kekeruhan, besar kecilnya flok, cepat lambatnya flok, akan tetapi pH air pada proses koagulasi-flokulasi juga harus dianalisa. Pembubuhan koagulan dapat berbentuk kristal maupun larutan sesuai dengan dosis hasil proses koagulasi – flokulasi melalui metode Jar test (Al-Layla, 1978).

2.6.2. Sifat dan Karakteristik Koagulan

Sifat dan karakteristik koagulan besi adalah sebagai berikut:

1. Range pH dimana koagulasi-flokulasi ini dapat bekerja dengan baik adalah pH 8 – 11
2. Memerlukan alkalinitas tambahan
3. Diatas pH asam akan teroksidasi menjadi menjadi ferri hidroksida, sehingga akan mengendap (Pottier, 1968).

Kapur sebagai salah satu jenis koagulan memiliki sifat dan karakteristik sebagai berikut:

1. Kapur bersifat elektrolit, mudah terelektrolisa membentuk ion Ca^+ dan OH^- yang akan menaikkan pH
2. Lebih sering digunakan untuk kontrol pH dari pada sebagai koagulan tunggal
3. Kapur bila berkontak dengan CO_2 segera membentuk CaCO_3 yang lebih mudah mengendap.
4. Dalam pengolahan air dapat dipakai bersamaan dengan garam besi (Fe^{3+}) dan tawas.

2.7. KOAGULASI ATAU DESTABILISASI

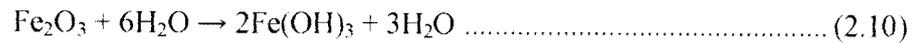
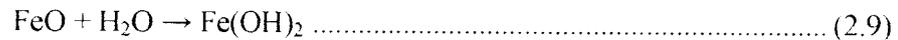
Dalam proses koagulasi selain terjadi reaksi kimia yang sangat kompleks juga terjadi koagulasi elektrokinetik, perikinetik dan orthokinetik. Latar belakang koagulasi adalah terjadinya reduksi zeta potensial, berubahnya daya tarik-menarik Van der Waals yang mengakibatkan tidak adanya keseimbangan antara daya tolak-menolak akibat elektrostatis zeta potensial dan daya tarik-menarik Van der Waals.

Langkah proses koagulasi saat pembubuhan koagulan, mengalami reaksi antara lain:

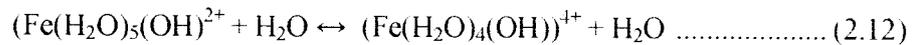
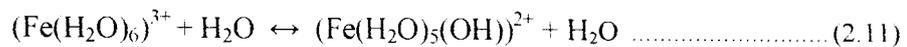
1. Reaksi penguraian (disosiasi) sebagai berikut:



2. Reaksi hidrolisa sebagai berikut:



3. Reaksi polimerisasi ion kompleks sebagai berikut:



Ion Fe^{3+} berperan sebagai elektrolit positif pada destabilisasi partikel koloid. Senyawa Fe(OH)_3 dalam bentuk presipitat berfungsi sebagai inti flok. Sedangkan ion kompleks $(\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{OH}))^{+}$ akan berfungsi sebagai jembatan antar partikel.

Sesuai dengan konsep destabilisasi koloid apabila konsentrasi muatan koloid rendah, maka destabilisasi sukar terjadi. Untuk itu diperlukan penambahan zat bantu koagulasi, berupa material kekeruhan yang berfungsi menambah konsentrasi muatan koloid, agar mampu berinteraksi secara efektif dengan koagulan, sehingga mempermudah pembentukan atau penggabungan partikel koloid (Prayitno, 1987).

2.7.1. Mekanisme Pembentukan Flok

Pada proses koagulasi, gugus koagulan yang terbentuk akan diadsorpsi keseluruhan permukaan partikel koloid dengan cepat. Oleh karena jenis muatan yang berbeda, maka akan terjadi tarik-menarik elektrostatis antara keduanya, sehingga akan terjadi destabihan muatan partikel koloid.

Untuk mempermudah terjadinya penggabungan pertikel-partikel yang telah mengalami destabilisasi, maka kontak antar partikel dibantu dengan

pengadukan. Secara garis besar mekanisme pembentukan flok terdiri dari empat tahapan sebagai berikut :

1. Tahap destabilisasi partikel koloid
2. Tahap pembentukan mikroflokk
3. Tahap penggabungan mikroflokk
4. Tahap pembentukan makroflokk

Tahap 1 dan 2 berlangsung selama proses koagulasi, sedangkan tahap 3 dan 4 berlangsung pada proses flokulasi. Kecepatan pengendapan dapat diperbesar dengan mengkoagulasi menjadi butir-butir kasar. Hal ini lazim dilakukan oleh koagulan aluminium atau besi.

Adapun kerja partikel koloid dengan koagulan pada saat terjadi aglomerasi hasil koagulasi dengan garam logam, dapat terlihat pada gambar berikut:



Gambar 2.3. Kerja koloid dan koagulan saat terjadi aglomerasi

2.7.2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Koagulasi

Dalam pengolahan air, untuk mencapai proses koagulasi yang optimal, diperlukan pengaturan semua kondisi yang saling berkaitan dan mempengaruhi proses tersebut antara lain:

1. Derajat keasaman air (pH) dan alkalinitas

Proses koagulasi akan berjalan dengan baik bila berada pada daerah pH yang optimum. Untuk tiap jenis koagulan mempunyai pH optimum yang berbeda-beda satu sama lain. Koagulan besi berada pada pH 8 – 11 (Pottier, 1968). Disamping pH, alkalinitas juga mempengaruhi koagulasi dalam proses pembentukan flok. Alkalinitas air dapat membantu proses pembentukan flok dengan perannya memproduksi ion hidroksida pada reaksi hidrolisa. Alkalinitas dapat dibuat dengan menambahkan senyawa NaOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan NaHCO_3 yang sekaligus berfungsi sebagai pengatur pH sebelum proses koagulasi dilakukan. Masing-masing jenis alkalis dalam air yang dihasilkan oleh senyawa tersebut mempunyai pengaruh yang berbeda-beda terhadap hasil koagulasi, hal ini tergantung pada tingkat kekeruhan air (Johannes, 1973).

2. Tingkat kekeruhan air baku

Tingkat kekeruhan juga dijadikan suatu pertimbangan didalam proses koagulasi. Sesuai dengan teori destabilisasi, pada tingkat kekeruhan air yang rendah maka destabilisasi sukar terjadi. Sebaliknya pada kekeruhan air yang tinggi, proses destabilisasi akan dapat berlangsung dengan cepat. Tetapi bila dalam kondisi tersebut dipakai dosis koagulan yang rendah maka pembentukan flok kurang efektif.

3. Dosis koagulan dan jenis koagulan

Proses pembentukan flok untuk berbagai karakteristik kekeruhan air baku sangat dipengaruhi oleh dosis koagulan. Sedangkan dosis koagulan yang efektif sangat bergantung pada tingkat kekeruhan air baku dan jenis koagulan itu sendiri. Jenis koagulan dipilih berdasarkan pada pertimbangan segi ekonomi dan daya efektifitas dari koagulan dalam pembentukan flok.

4. Kondisi Pengadukan

Suatu hal yang penting untuk diperhatikan agar dapat diperoleh koagulasi-flokulasi yang baik adalah sistem pengadukan, yaitu dalam mencampurkan koagulan untuk pembentukan flok. Pada saat pengadukan ini harus benar-benar merata atau homogen, sehingga semua koagulan yang dibubuhkan akan bereaksi dengan partikel-partikel atau dengan ion-ion didalam suspensi. Kecepatan pengadukan yang terlalu lambat dapat menyebabkan lamanya terbentuk flok, sedangkan bila kecepatan pengadukan terlalu cepat, akan mengakibatkan terpisahnya kembali flok-flok yang telah terbentuk atau pecah kembali.

5. Temperatur

Suhu merupakan faktor yang mempengaruhi proses koagulasi flokulasi. Suhu dapat mempengaruhi pengadukan, yaitu viskositas air semakin menurun jika suhu dinaikkan dan sebaliknya (Al-Layla, 1978).

2.8. PROSES FLOKULASI

Flokulasi adalah proses penggabungan partikel-partikel hasil koagulasi menjadi partikel-partikel yang lebih besar agar mudah mengendap melalui pengadukan lambat.

Koloid yang tidak stabil cenderung untuk menggumpal membentuk flok, walaupun kecepatan penggabungan partikel ditentukan oleh banyaknya kontak yang terjadi antara partikel-partikel koloid dan efektifitas kontak yang terjadi. Dalam flokulasi kontak antara partikel dapat terjadi melalui tiga cara sebagai berikut:

1. Kontak yang diakibatkan oleh adanya gerak panas atau thermal yang dikenal dengan gerakan Brown. Flokulasi yang terjadi oleh gerak Brown ini lebih dikenal sebagai flokulasi parikinetik.
2. Kontak yang diakibatkan oleh adanya gerak media (air) misalnya gerak air yang diakibatkan oleh pengadukan. Flokulasi yang disebabkan oleh gerak media ini dikenal dengan istilah flokulasi orthokinetik
3. Kontak yang terjadi akibat kecepatan mengendap masing-masing partikel yang berbeda, sehingga partikel yang lebih besar akan menimpa partikel yang lebih kecil pada saat pengendapan.

Cara pertama dan kedua, terjadi dalam proses pembentukan mikroflok dan penggabungan mikroflok menjadi makroflok. Sedangkan cara ketiga biasanya terjadi pada proses pengendapan makroflok pada proses sedimentasi.

2.8.1. Faktor-Faktor yang mempengaruhi Proses Flokulasi

Beberapa faktor yang mempengaruhi proses flokulasi adalah sebagai berikut:

a. Pengaruh Gradien kecepatan (G)

Besarnya gradient kecepatan untuk setiap titik dalam sistem akan berbeda pada bagian yang berdekatan dengan alat pengaduk, maka gradient kecepatan (G) lebih besar dibandingkan dengan bagian cairan yang relatif jauh dari alat pengaduk atau *blade*. Persamaan yang digunakan dalam bentuk rumus sebagai berikut:

$$G = \sqrt{\frac{P}{\nu x C}} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana: G = Gradien kecepatan (dt^{-1})
 C = Kapasitas (m^3)
 P = Power input kgm^3/dt^2 (watt)
 ν = Viskositas absolute zat cair $kgdt^2/m^2$ (Fair, et al., 1968).

b. Pengaruh lama pengadukan

Pengadukan merupakan salah satu faktor yang menunjang hasil dari proses koagulasi-flokulasi. Didalam pelaksanaannya diperlukan dua proses pengadukan yaitu pengadukan cepat dan pengadukan lambat. Pengadukan cepat dilakukan pada saat bahan koagulan ditambahkan pada air, sedangkan pengadukan lambat dilakukan untuk mendukung berlangsungnya proses flokulasi. Pengadukan lambat harus dilakukan sangat hati-hati dan biasanya kecepatan pengadukannya dibuat berangsur-angsur turun. Hal ini dimaksudkan agar flok yang telah terbentuk tidak terpecah lagi.

2.9. LANDASAN TEORI

2.9.1. Proses Koagulasi-Flokulasi

Koagulasi merupakan suatu proses penggunaan koagulan dalam pengolahan air dengan terlebih dahulu menentukan konsentrasi dan dosis koagulan optimum. Sedangkan koagulan adalah suatu bahan yang bila ditambahkan pada suatu efluen akan menyebabkan terjadinya proses pengendapan, penggunaannya terutama untuk memisahkan koloid yang dapat mengalami aglomerasi dalam bentuk flok. Koagulasi kimia termasuk pembentuk agregasi gumpalan kimia (flok) dapat mengadsorpsi, menangkap dan mengendapkan suspensi padat yang ada dalam air.

Flokulasi merupakan suatu fase lanjutan dari koagulasi, yaitu suatu fase yang didalamnya terjadi pembentukan partikel kecil menjadi bentuk flok setelah mengalami pengadukan lambat, sehingga memungkinkan terjadinya pengendapan yang sempurna.

Terdapat tiga langkah dalam proses koagulasi-flokulasi, yaitu:

- a. Penambahan zat kimia atau koagulan ke dalam air baku untuk mendapatkan larutan yang homogen karena kontak yang sempurna perlu pengadukan yang cepat. Hal ini sangat penting agar koagulan tersebut tersebar secara perlahan-lahan sehingga reaksi kimia awal tidak terlokasikan pada titik pemberian koagulan saja, karena akan menghasilkan reaksi lain dan tidak seperti yang diharapkan
- b. Koagulasi terjadi karena adanya reaksi kimia maupun fisika yang kompleks dan perubahan terjadi menuju pembentukan endapan padat yang halus.

- c. Dengan cara pengadukan perlahan akan terjadi flokulasi karena partikel-partikel yang halus berikatan satu dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar. Gumpalan yang tidak larut ini kemudian mengendap bersama material koloid yang terdapat dalam air baku.

2.9.2. Mekanisme Dalam Proses Koagulasi-Flokulasi

2.9.2.1. Destabilisasi partikel koloid

Pada umumnya hampir semua partikel koloid dalam air bermuatan listrik, dimana muatan ini cenderung menghasilkan gaya tolak-menolak antar partikel koloid yang bermuatan sama dan merupakan sebab utama terjadinya stabilisasi koloid. Oleh karena itu untuk menggumpalkan partikel koloid harus dilakukan usaha destabilisasi partikel koloid.

Ada tiga mekanisme dalam proses destabilisasi koloid yang dapat menjelaskan proses koagulasi, yaitu:

1. Pemampatan lapisan difusi (*double layer compression*)

Kestabilan partikel koloid disebabkan adanya lapisan listrik pada permukaan partikel koloid yang disebabkan oleh ionisasi atom, hidrasi molekul H_2O , pertukaran elemen atom adsorpsi dari air. Ion-ion yang melekat kuat pada permukaan koloid akan menarik ion yang muatannya berlawanan dari media disekitarnya dan membentuk lapisan ion. Pada lapisan difusi yang berperan adalah lapisan molekul air yang mengalami hidrasi (pada permukaan koloid) dan lapisan ion mengalami difusi disekitar koloid. Lapisan difusi mempunyai dua aktivitas yang saling membantu sehingga koloid tetap stabil, yaitu gaya

tolak-menolak antar partikel koloid yang bermuatan sama dan gaya tarik-menarik Van der Waals yang disebabkan oleh tenaga kohesi atom itu sendiri.

2. Netralisasi muatan dan adsorpsi

Kemampuan koagulan untuk mendestabilisasikan dispersi koloid merupakan suatu komposisi interaksi antar koagulan dengan koloid dan koagulan dengan pelarut air.

Pada interaksi koagulan dengan koloid yang berperan adalah kemampuan interaksi yang dihasilkan kedua substansi untuk mengatasi efek elektrostatis. Sedangkan interaksi koagulan dengan pelarut air berperan dalam proses adsorpsi.

3. Pembentukan jembatan polimer

Usaha mendestabilisasi dengan adanya polimer ion sebagai pengikat kimia terjadi jika suatu rangkaian molekul polimer mengadakan kontak dengan koloid, sebagian akan terserap pada permukaan koloid sedangkan sebagian lagi berada dalam larutan. Ketika partikel lain dengan kondisi yang sama mendekat dan terjadi tarik-menarik, maka akan terbentuk ikatan kompleks antar koloid dan polimer, dimana polimer berfungsi sebagai jembatan penghubung.

2.9.2.2. Transportasi partikel koloid (proses flokulasi)

Kontak antar partikel diharapkan berlangsung selama transportasi, sehingga akan terbentuk flok. Proses akan terjadi dengan beberapa cara yaitu:

- 1) Kontak yang diakibatkan oleh adanya gerak panas (thermal) yang dikenal dengan gerak Brown. Flokulasi yang terjadi oleh gerak Brown ini disebut juga

dengan flokulasi perikinetik. Flokulasi ini disebabkan oleh gerakan cepat dan konstan molekul air yang memberikan kemungkinan yang lebih besar untuk terjadinya kontak antar partikel.

- 2) Kontak yang terjadi akibat kecepatan mengendap masing-masing partikel berbeda, sehingga partikel yang lebih besar akan menimpa partikel yang lebih kecil pada saat pengendapan.
- 3) Kontak yang diakibatkan oleh adanya gerak media (air) saat pengadukan. Flokulasi yang disebabkan oleh gerak media dikenal dengan istilah flokulasi orthokinetik (Tchobanoglous, 1979).

2.10. HIPOTESA

Berdasarkan tinjauan pustaka maka dengan penambahan koagulan besi pada proses koagulasi-flokulasi dapat menurunkan parameter kekeruhan pada air baku. Hipotesa penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Serbuk besi yang terkorosi (oksida besi) dapat digunakan sebagai koagulan pada proses koagulasi-flokulasi.
2. Serbuk besi yang terkorosi (oksida besi) dapat menurunkan tingkat kekeruhan dalam air baku.
3. Kecepatan pengadukan saat proses koagulasi-flokulasi sangat berpengaruh terhadap pembentukan flok.