

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Koagulasi

Koagulasi ialah suatu proses pengendapan komponen atau senyawa yang larut dalam air dengan penambahan suatu zat pengikat sehingga mengendap. Koagulasi terjadi dengan penambahan bahan kimia yang sesuai yang mengakibatkan partikel-partikel menempel bersama-sama pada saat terjadi kontak. Pencampuran yang cepat adalah penting pada tahap ini untuk memperoleh dispersi bahan kimia yang seragam dan meningkatkan kontak antar partikel dengan partikel. Koagulasi dapat pula terjadi dengan penambahan partikel yang dapat menghasilkan ion-ion. Ion-ion ini mempunyai pengaruh yang berlawanan dengan yang terdapat pada partikel-partikel koloid, dan kemampuan koagulasi ion tergantung pada valensinya. ⁽¹⁾

2.1.1. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Koagulasi

Suatu proses koagulasi dipengaruhi oleh berbagai macam faktor antara lain:

a. pH

Untuk setiap jenis koagulan mempunyai range pH yang optimal untuk koagulasi dalam waktu yang paling singkat sesuai dengan penambahan dosis koagulan yang diberikan. Dengan demikian bila memungkinkan koagulasi haruslah dilaksanakan dalam zona pH optimum.

b. Pengadukan

Pengadukan yang cepat dibutuhkan pada penambahan koagulan agar distribusi koagulan lebih merata pada tahap pertama. Pada tahap kedua penga-

dukan dilakukan dengan kecepatan yang rendah sehingga dapat menghasilkan flok-flok yang kuat dan mudah untuk diendapkan

c. Efek garam

Penambahan garam dapat mempengaruhi suatu proses koagulasi. Parameter-parameter yang dapat berubah jika terdapat garam dalam larutan antara lain:

- Rentang pH koagulasi
- Waktu pengadukan
- Dosis koagulan optimum
- Sisa koagulan dalam air setelah pengolahan. ⁽⁴⁾

2.2.2. Mekanisme Koagulasi

Proses koagulasi terdiri dari 3 langkah:

1. Pelarutan reagen melalui pengadukan cepat, bila perlu juga penambahan reagen asam atau basa untuk koreksi pH.
2. Pengadukan lambat untuk pembentukan flok-flok. Pengadukan yang terlalu cepat dapat merusak flok yang telah terbentuk.
3. Pemisahan flok dengan koloid yang terkurung dari larutan melalui sedimentasi.

Suatu sistem koloid dapat terganggu stabilitasnya dengan adanya penambahan koagulan karena:

- Sebagian kecil koagulan yang larut dalam air, molekul-molekulnya dapat menempel pada permukaan koloid dan mengubah muatan listriknya
- Sebagian besar koagulan yang tidak terlarut dan akan mengendap sebagai flok yang dapat mengurung koloid dan membawanya mengendap.

2.2.3. Efisiensi Proses Koagulasi

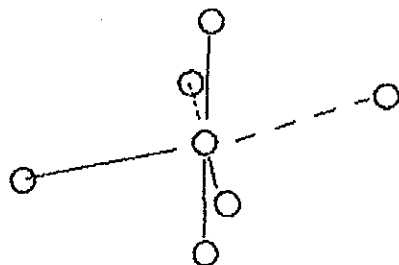
Efisiensi proses koagulasi tersebut sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kadar dan jenis zat tersuspensi, pH larutan, kadar dan jenis koagulan, waktu dan kecepatan pengadukan dan adanya beberapa macam ion terlarut yang tertentu (seperti fosfat, sulfat dan sebagainya). Faktor-faktor ini jika kurang optimal dapat menghalangi koagulasi. ⁹⁾

2.2. Poly Aluminium Clorida (PAC) ⁹⁾

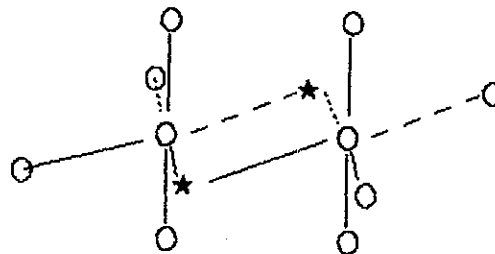
Poly Aluminium Clorida, mempunyai rumus molekul $Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$ merupakan garam khusus klorida dari aluminium yang memiliki daya ikat untuk membentuk flok-flok lebih kuat dibandingkan dengan aluminium dan besi yang biasa ditemukan misalnya alum ataupun ferrosulfat.

PAC umumnya ditemui dalam dua bentuk, yaitu bubuk berwarna kuning muda dengan berat jenis 0,85 g/mL dan kadar Al_2O_3 sekitar 30% serta cairan jernih dengan berat jenis 1,2 g/mL dan kadar Al_2O_3 10%.

Rumus struktur monomer dari PAC sebagai berikut :



Hexadrate Aluminium
 $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$



Dimaricallion
 $\text{Al}_2(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_8^{4+}$

Keterangan : ★ OH⁻

○ H₂O

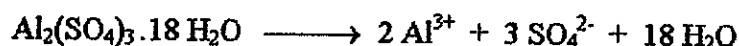
● Al

2.3. Alum ⁽⁹⁾

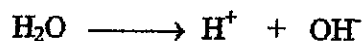
Alum atau Aluminium Sulfat merupakan koagulan yang sering digunakan dalam pengolahan air limbah dengan rumus kimia $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$. Alum banyak terdapat dalam bentuk bongkahan padat berwarna putih dengan berat jenis 1,7 g/mL dan kadar Al_2O_3 sekitar 17%. Jika ditambahkan ke dalam air dalam suasana basa maka akan bereaksi sebagai berikut :



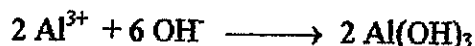
Reaksi yang dialami alum dalam air alami dipengaruhi oleh banyak faktor, sehingga sulit untuk memperkirakan dengan akurat jumlah alum yang akan bereaksi dengan basa yang diberikan atau kapur atau soda abu yang ditambahkan pada air. Contoh yang paling sederhana adalah reaksi ion-ion Al^{3+} dengan OH^- . Larutan Alum dalam air menghasilkan :



Ion-ion hidroksil hasil dari ionisasi air :



Ion-ion Aluminium (Al^{3+}) kemudian bereaksi :



Kebutuhan ion hidroksida dalam air mengakibatkan penurunan pH sehingga perlu penambahan alkali dengan soda abu, atau soda kaustik. Aluminium hidroksida ($\text{Al}(\text{OH})_3$) bersifat amfoter sehingga dapat bereaksi dalam suasana asam maupun basa.

Dalam suasana asam :



didalam suasana basa bereaksi sebagai berikut :



Pada pH mendekati 7 flok-flok Alum akan sedikit larut. Pada pH kurang dari 7,6 flok akan bermuatan positif dan pada pH lebih dari 8,2 akan bermuatan negatif. Di antara batas-batas ini flok-flok yang terbentuk bermuatan negatif dan positif.

Tawas atau alum dapat terdiri dari :

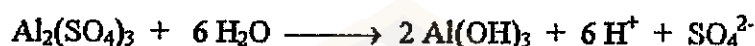
- $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 11 \text{H}_2\text{O}$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14 \text{H}_2\text{O}$, atau $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ komposisi tawas sebagai hasil tambang adalah $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \pm 14 \text{H}_2\text{O}$; kristal dengan mutu p.a. mengandung 18 H_2O .
- $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot x \text{H}_2\text{O}$.

Jika garam tersebut dimasukkan dalam air, maka akan terbentuk;

- Molekul yang terlarut ;
 - Pada $\text{pH} < 7$: $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$, $\text{Al}(\text{OH})_2^+$
 - Pada $\text{pH} > 7$: $\text{Al}(\text{OH})_4^-$

Flok-flok $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang mengendap berwarna putih. Agar proses tersebut efisien, maka flok-flok harus terbentuk dengan baik. Yaitu melalui pengadukan yang cukup lama kira-kira 15 menit. Proses pembentukan flok-flok ini berlangsung pada pH 6 sampai 8.

Hidrolisa Alum dalam air menurut reaksi umum adalah sebagai berikut :



Ion H^+ yang dibebaskan pada reaksi tersebut menyebabkan pH larutan berkurang. Akibat efek pengasaman ini, maka proses koagulasi tidak dapat berlangsung dengan baik dalam air yang mengandung kadar Al yang tinggi, karena pH terlalu rendah, sedang untuk membentuk $\text{Al}(\text{OH})_3$ dibutuhkan pH 6 sampai 8. Pada proses koagulasi selain zat padat berupa partikel dan koloid tersebut, juga zat pewarna dan sedikit fosfat serta logam terlarut terbawa dan diendapkan oleh flok-flok $\text{Al}(\text{OH})_3$.

2.3.1. Kekurangan Alum dengan PAC ^②

Bahan kimia yang telah lama dikenal dan digunakan dalam proses pengolahan air minum ialah alum atau tawas (aluminium sulfat), sedangkan dalam proses pengolahan limbah cair industri ialah ferro sulfat dan alum. Aluminium sulfat dan ferro sulfat sangat mudah diperoleh dan dipasarkan dengan harga yang relatif rendah, namun terdapat kekurangan-kekurangan sebagai berikut :

1. Dosis Yang Relatif Rendah

Rendahnya efektifitas bahan kimia penjernih air dapat menyebabkan ion-ion logam tersebut terlarut dalam air bersih yang dihasilkan, dan bila dikonsumsi pada akhirnya akan mengakibatkan terganggunya kesehatan manusia. Efek lain yang diakibatkan dari penggunaan alum dalam dosis yang tinggi ini adalah terjadinya penurunan pH air yang cukup tajam, sehingga dibutuhkan bahan kimia lain untuk menaikkan pH air pada batas yang tidak membahayakan kesehatan (umumnya digunakan soda ash atau soda api).

2. Jumlah Lumpur (sludge) Yang Banyak

Ion aluminium bersifat mudah terhidrolisa dan membentuk padatan aluminium hidroksida yang mengendap bersama-sama lumpur yang berasal dari kotoran (suspended solid) dalam air. Sedangkan ferro sulfat sebagai bahan kimia penjernih air limbah berwarna akan bekerja efektif pada pH yang tinggi (umumnya pada pH diatas 10), yaitu dengan membentuk persenyawaan ferro hidroksida yang dapat mengikat zat-zat warna dalam air limbah. Umumnya, pada pengolahan limbah sistem ferro sulfat, untuk menaikkan pH digunakan kapur, sehingga jumlah lumpur yang dihasilkan dari sistem pengolahan air limbah dengan ferro sulfat ini menjadi sangat banyak.

3. Daya Ikat Yang Lemah

Hal ini terlihat bila air hasil olahan limbah berwarna menggunakan bahan kimia tersebut dibiarkan beberapa waktu, maka zat pembentuk warna yang terikat akan larut kembali kedalam air tersebut.

Pada dasarnya, proses koagulasi (pengendapan) dari partikel-partikel halus yang melayang dalam air terjadi apabila partikel-partikel berkesempatan untuk bergabung

satu sama lain untuk membentuk partikel yang berukuran lebih besar. Kesempatan tersebut diciptakan dengan menghilangkan muatan partikel tersebut yang menghalanginya untuk bergabung satu sama lain melalui gaya tarik menarik (gaya van der Waals).

2.4. Krom

Krom adalah logam kristalin yang putih, tak begitu liat dan tak dapat ditempa. Titik lebur pada 1765 °C, logam ini larut dalam asam klorida encer atau pekat. Ion Krom dalam kromat (CrO_4^{2-}) atau dikromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) adalah heksavalen (keadaan oksidasi +6). Ion-ion ini diturunkan dari kromium trioksida (CrO_3). Ion-ion kromat berwarna kuning, sedangkan dikromat berwarna jingga. Kromat mudah diubah menjadi dikromat dengan penambahan asam :



Reaksi ini reversibel. Dalam larutan netral (atau basa) ion kromat stabil, sedangkan jika diasamkan, akan terdapat ion-ion dikromat. Ion-ion kromat dan dikromat merupakan zat pengoksidasi yang kuat. ⁽⁷⁾

Konsentrasi maksimal ion Krom dalam air minum yang ditetapkan Departemen Kesehatan RI adalah 0,05 mg/L. ⁽¹⁾

2.5 Spektrofotometri UV-VIS

Metode analisa spektrofotometri UV-Vis telah banyak digunakan untuk analisa-analisa pada molekul-molekul anorganik dan organik. Beberapa keuntungan dari metode ini adalah gugus-gugus karakteristik dapat dikenal dalam molekul-molekul yang sangat kompleks, juga dapat menganalisa cuplikan dalam bentuk campuran yang sulit

untuk dipisahkan secara serempak, penggunaannya sangat sederhana, membutuhkan waktu yang sangat relatif singkat dan salah satu metode analisa yang tidak merusak.

Spektrofotometri UV-Vis merupakan metode analisa yang berdasarkan besarnya energi dan intensitas sinar yang diserap oleh molekul dalam cuplikan. Besarnya energi sinar yang diserap oleh molekul, digunakan sebagai dasar untuk analisa kualitatif, sedangkan besarnya intensitas sinar yang diserap merupakan dasar untuk analisa kuantitatif yang dinyatakan dalam persamaan Bouger-Lambert-Beer :

$$A = a \cdot b \cdot c$$

A : adalah absorbansi

a : serapan spesifik

b : tebal media serapan

c : konsentrasi

2.6. Analisa Krom dengan Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis ⁽³⁾

Analisa krom heksavalen dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dilakukan dengan terlebih dahulu mengomplekskannya dengan difenil karbasida yang bereaksi spesifik membentuk kompleks metalik yang menimbulkan warna violet. Secara umum, sampel yang mengandung lebih dari 0,1 mg krom diatur pH-nya hingga $1,7 \pm 0,2$ dengan asam sulfat, kemudian ditambahkan 1 mL larutan difenil karbasida dalam aseton 0,25%. Menambahkan 2,5 mL sodium karbonat 55% sebagai larutan buffer dan diencerkan menjadi 10-25 mL dengan air. Sampel tersebut dimasukkan ke dalam kuvet dan dimasukkan ke dalam spektrofotometer UV-Vis.