

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Aluminium

Aluminium merupakan logam berwarna putih, sifatnya keras dan kuat sangat elektropositif tetapi tahan terhadap korosi (Greenwood, 1984). Hal ini karena terbentuknya lapisan aluminium oksida  $Al_2O_3$  pada permukaannya yang melindungi aluminium dari serangan kimia lebih lanjut (Cotton, W., 1988). Jika lapisan oksida dihilangkan, misalnya dengan menggoresnya, maka akan terjadi serangan yang cepat oleh molekul air. Lapisan oksida mempunyai pori yang bila dalam keadaan basah dapat memerangkap zat warna. Aluminium larut dalam asam-asam mineral encer kecuali dalam asam nitrat pekat (Cotton, W., 1988).

Aluminium melebur pada temperatur  $659^\circ C$ . Aluminium adalah trivalen dalam senyawa-senyawanya. Ion-ion aluminium ( $Al^{3+}$ ) membentuk garam-garam yang tak berwarna dengan anion-anion yang tak berwarna. Halida, nitrat, dan sulfatnya larut dalam air, larutan ini memperlihatkan reaksi asam karena hidrolisis. Aluminium sulfida dalam larutan air terhidrolisis dan terbentuk aluminium hidroksida,  $Al(OH)_3$  yang berupa endapan putih seperti gelatin, dimana endapan endapan putih ini dapat membentuk flok-flok yang dapat mengadsorpsi molekul zat warna (Vogel, 1990).

#### 2.2. Sel elektrokimia

Sel elektrokimia dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu sel galvanik dan sel elektrolisis. Pada sel galvanik energi yang dihasilkan oleh reaksi kimia timbul sebagai energi listrik (penghasil energi listrik), sedangkan pada sel elektrolisis

agar reaksi dapat terjadi memerlukan suatu energi listrik dari luar (Underwood, 1998).

Suatu sel elektrokimia terdiri dari beberapa komponen, antara lain penghantar, dua buah elektroda dan komponen lain berupa larutan elektrolit. Elektroda yang merupakan tempat terjadinya proses oksidasi disebut anoda sedangkan elektroda yang merupakan tempat terjadinya proses reduksi disebut katoda (Dogra, 1990).

Dalam mempelajari suatu reaksi kimia kita tidak akan dapat mengabaikan energi yang menyertai selama terjadinya reaksi, karena hal tersebut berhubungan dengan kesespontanan reaksi yang terjadi. Untuk suatu reaksi kimia dapat dikatakan spontan bila memiliki energi bebas gibbs ( $\Delta G$ ) bernilai negatif. Besarnya energi bebas gibbs yang dimiliki oleh suatu sel elektrokimia dinyatakan seperti pada persamaan 2.1.

$$\Delta G = - n \cdot f \cdot E^0_{\text{sel}} \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana  $n$  adalah jumlah mol elektron per mol reaksi,  $f$  adalah tetapan faraday, dan  $E^0_{\text{sel}}$  adalah potensial reduksi standar (Hendayana, S., 1994).

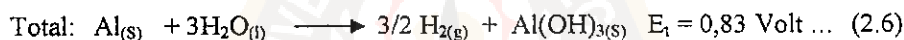
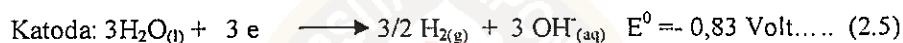
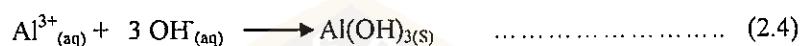
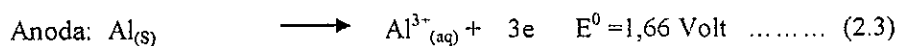
### 2.3 Aspek kelistrikan

Beda Potensial elektroda sangat menentukan mekanisme reaksi elektrokimia, karena adanya fenomena lapisan listrik ganda yang menyebabkan pada setiap antar muka timbul beda potensial secara spontan. Beda potensial sel terukur langsung pada voltameter dan tidak tergantung pada elektroda acuan sehingga potensial sel meliputi potensial standar setengah sel katoda ( $E_k$ ) dan

anoda ( $E_a$ ) serta potensial ohmik ( $IR$ ). Besarnya potensial sel seperti ditunjukkan pada persamaan 2.2 (Hendayana S, 1994).

$$E_{sel} = E_k - E_a - IR \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Contoh dari reaksi elektrolisis adalah pembentukan aluminium hidroksida. Aluminium hidroksida terbentuk bila dalam sel elektrolisis digunakan elektroda inert seperti karbon sebagai katoda dan elektroda aluminium sebagai anoda. Mekanisme reaksinya adalah seperti yang ditunjukkan pada persamaan reaksi 2.3-2.6.



#### 2.4 Penggolongan zat warna

Berdasarkan sumber diperolehnya, zat warna dapat digolongkan menjadi dua, yaitu zat warna alami dan zat warna sintetis (Winarno, 1979). Zat warna alam berasal dari alam, misalnya berasal dari tumbuh-tumbuhan, antara lain: (sawo matang dan hitam), Calcitroen(kuning), Indigo(nila) dan berasal dari binatang, misalnya coehinal(insekta), Lec(Insekta-merah), sedangkan zat warna sintetik merupakan zat warna yang dibuat sebagai pengganti zat warna alami (Isminingsih,1973).

Zat warna sintetis sering digunakan di industri tekstil karena mempunyai banyak kelebihan jika dibandingkan dengan zat warna alami. Kelebihan dari zat

warna sintetis tersebut antara lain: komposisinya selalu tetap, keadaan yang murni mudah untuk diperoleh, warnanya bervariasi, penggunaannya dalam proses pencelupan lebih mudah (Ismorningsih, 1973).

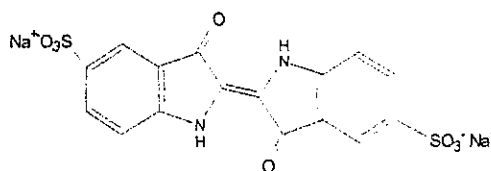
Menurut Van Croft, berdasarkan pemakaiannya, zat warna dibedakan menjadi dua, yaitu zat warna substantif dan zat warna ajektif. Zat warna substantif merupakan zat warna yang dapat digunakan secara langsung untuk mewarnai serat-serat kain, sedangkan zat warna ajektif merupakan zat warna yang memerlukan zat-zat pembantu pokok supaya dapat digunakan untuk mewarnai serat-serat kain (Ismorningsih, 1973).

Berdasarkan struktur kimianya, zat warna ada bermacam-macam, antara lain: zat warna Nitroso, Nitro, Azo, stilben, Difenil metan, Trifenil metan, Akridin, Kinolin, Indamin, Metin, Tiazol, Indofenol, Azin, Oksazin, Lakton, Aminokinon, Indigoida, antrakuinon, dan Ptalosian (Ismorningsih, 1973).

## **2.5 Zat warna indigo carmine**

Zat warna indigo carmine merupakan salah satu zat warna yang digunakan sebagai pewarna dalam industri tekstil terutama pakaian yang berjenis jeans dan juga digunakan untuk pewarnaan bahan dari wool dan serat-serat dari binatang. Indigo carmine yang merupakan zat warna biru sangat tahan terhadap cahaya matahari maupun pencucian. Senyawa indigo carmine ini memiliki rumus molekul  $C_{16}H_8N_2Na_2O_8S_2$ , dengan berat molekul 466,36 gram/mol. Zat warna asli dihasilkan dari jenis indigofera, laguminase, senyawa ini diperoleh dari glukosida. Saat ini indigo dihasilkan dari sintesis yang berwarna biru gelap mengkilap seperti tembaga. Senyawa ini mengalami sublimasi pada temperatur sekitar  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan

terdekomposisi pada suhu 390 °C, dapat larut dalam air bila dalam bentuk garam setelah direduksi dengan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan NaOH. Struktur molekul indigo carmine terlihat pada gambar 2.1(Merck index, 1996).



Gambar 2.1. Struktur molekul indigo carmine

## 2.6 Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi didefinisikan sebagai proses yang menyebabkan tereduksinya gaya-gaya tolak antara partikel-partikel atau netralisasi muatan partikel-partikel sehingga partikel-partikel tersebut terdestabilisasi dan pada akhirnya terjadi agregasi. Agregasi merupakan proses terbentuknya agregat yaitu kumpulan dari partikel-partikel yang terdestabilisasi. Tahap destabilisasi ini secara khusus dapat dicapai melalui penambahan zat kimia (Culp,R., 1978).

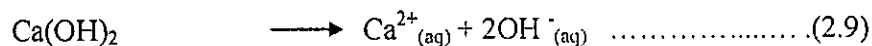
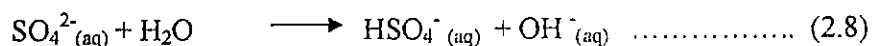
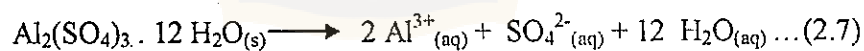
Flokulasi didefinisikan sebagai kumpulan dari agregat menjadi elemen-elemen yang lebih besar. Tahap koagulasi (destabilisasi) terjadi saat itu juga ketika bahan kimia penggumpal (flokulan) ditambahkan. Sementara tahap flokulasi (transport) memerlukan waktu yang lebih lama untuk membentuk flok-flok yang lebih besar (Steel, W., 1960).

Air alamiah dan air limbah mengandung partikel-partikel kecil di dalamnya. Partikel tersebut tersuspensi dalam air dan membentuk koloid, selanjutnya koloid ini dengan adanya flokulan akan membentuk partikel lain yang

lebih besar dan lebih stabil yang selanjutnya akan mengendap (Metcalf, 1991). Beberapa metode kimia maupun fisika telah dikembangkan untuk membantu berlangsungnya proses pengendapan. Proses pengendapan ini selanjutnya lebih dikenal dengan proses koagulasi (Alaerts, G., 1984).

Metode koagulasi yang telah berhasil dikembangkan dan terbukti efektif untuk proses pengendapan adalah dengan menambahkan suatu elektrolit. Ion elektrolit yang ditambahkan akan bergabung dengan ion yang terdapat dalam larutan sehingga akan membentuk senyawa netral. Senyawa netral tersebut selanjutnya akan bergabung menjadi partikel yang lebih besar dengan penambahan flokulan. Penambahan flokulan menyebabkan terjadinya proses pengendapan. Proses pengendapan dengan menggunakan metode seperti ini biasa disebut sebagai metode flokulasi (Eckenfelder, 2000).

Dalam kenyataan hidup sehari-hari telah dikenal pemurnian air limbah dengan menambahkan alumina atau yang lebih dikenal sebagai tawas,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$  dan suatu basa  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Elektrolit yang dihasilkan dari zat tersebut dengan pengaturan pH akan menyebabkan flokulasi dengan mengikuti reaksi seperti yang ditunjukkan pada reaksi 2.7-2.9. (Alaerts, G., 1984)



Larutan basa-basa lemah seperti  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , dan  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  dapat memberikan hal yang sama seperti tawas. Basa lemah tersebut dapat membawa serta partikel kecil dalam koloidnya sehingga dapat digunakan dalam proses flokulasi (Culp, R., 1978).

## 2.7. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap flokulasi dan koagulasi

Beberapa hal yang dapat mempengaruhi proses koagulasi dan flokulasi adalah:

### 1. *Konsentrasi koagulan dan flokulan*

Kemampuan koagulan untuk mengkoagulasi tergantung pada bagaimana koagulan tersebut menetralkan muatan dari partikel koloid pengotor. Pada umumnya semakin besar konsentrasi koagulan dan flokulan, maka akan semakin banyak muatan partikel koloid pengotor yang akan ternetralkan (terkoagulasi). Namun walaupun demikian tidak selalu dengan bertambahnya konsentrasi koagulan dan flokulan akan diiringi dengan meningkatnya partikel pengotor yang terkoagulasi dan terflokulasi, hal tersebut disebabkan oleh adanya kespesifikan koagulan dan flokulan dengan tipe partikel yang dikoagulasi (Culp,R..., 1978).

### 2. *Efek pengadukan*

Pengadukan yang tepat dibutuhkan pada saat penambahan koagulan agar distribusi koagulan lebih merata. Pengadukan bertujuan untuk meningkatkan frekuensi interaksi antara partikel pengotor dengan koagulan, sehingga didapatkan hasil yang optimal dari proses penetralan muatan negatif parsial dari partikel pengotor dan muatan positif parsial dari koagulan yang ditambahkan. Kombinasi kekuatan, keteraturan, dan lama pengadukan sangat berpengaruh terhadap hasil akhir koagulasi (Eckenfelder, 2000).

### 3. *Derajat keasaman sistem dan ataupun lingkungan.*

Untuk setiap jenis air limbah terdapat sedikitnya satu range pH yang tepat untuk proses koagulasi–flokulasi. Pada pH yang sesuai koagulan biasanya

akan bermuatan positif parsial, sebagai contoh adalah aluminium hidroksida dan besi hidroksida akibatnya upaya penetralan muatan negatif parsial dari pengotor akan semakin besar. Oleh karena itu, agar proses koagulasi-flokulasi berlangsung secara maksimum maka sistem harus dikondisikan pada pH optimumnya (Eckenfelder, 2000).

#### 4. Temperatur

Moois dan Knocke (1989) mempelajari efek temperatur terhadap koagulasi. Secara spesifik yang dipelajari adalah:

- Menentukan besarnya pengaruh dari kondisi temperatur yang rendah pada efisiensi koagulan ion logam untuk menghilangkan kekeruhan pada air permukaan.
- Memeriksa parameter fundamental seperti kinetika kecepatan reaksi dan sifat ukuran partikel yang bertujuan menggambarkan hasil pengamatan.

Hasil menunjukkan bahwa temperatur yang rendah tidak menyebabkan kecepatan pengendapan ion logam. Pada evaluasi dari penghilangan kekeruhan, penurunan temperatur disertai dengan penurunan penghilangan kekeruhan. Penambahan dosis alum selama temperatur dingin, tidak meningkatkan hasil penghilangan kekeruhan (William, 1986).

#### 2.8. Spektrofotometri serapan ultraviolet dan sinar tampak

Penerapan spektrofotometri ultraviolet dan sinar tampak pada senyawa organik didasarkan pada transisi  $n-\pi^*$  ataupun  $\pi-\pi^*$  dan karenanya memerlukan hadirnya gugus kromofor dalam molekul itu. Transisi ini terjadi dalam daerah



spektrum sekitar 200 nm hingga 700 nm yang praktis digunakan untuk eksperimen (Silverstein, 1986).

Penyerapan sinar ultraviolet dan tampak oleh suatu molekul dapat menyebabkan terjadinya eksitasi molekul tersebut dari tingkat dasar (*ground state*) ke tingkat energi yang lebih tinggi (*excited state*). Pengabsorbsian sinar ultraviolet atau sinar tampak oleh suatu molekul umumnya menghasilkan eksitasi elektron, sehingga mengakibatkan panjang gelombang absorpsi maksimum dapat dikorelasikan dengan jenis ikatan yang ada di dalam molekul yang sedang diselidiki (Hendayana, S., 1994).

Spektroskopi serapan ultraviolet dan sinar tampak dapat digunakan untuk analisis kuantitatif senyawa-senyawa yang mengandung gugus pengabsorpsi. Semua senyawa organik mampu mengabsorpsi cahaya karena semua senyawa organik mengandung elektron valensi yang dapat di eksitasikan ke tingkat energi yang lebih tinggi. Elektron-elektron yang bertanggung jawab terhadap pengabsorbsian cahaya oleh suatu molekul organik adalah: (1) elektron-elektron yang terlibat langsung dalam pembentukan ikatan antara atom-atom, (2) elektron-elektron bebas atau tak berpasangan seperti pada atom-atom oksigen, halogen, belerang dan nitrogen (Hendayana, S., 1994).

### 2.8.1. Instrumentasi untuk pengukuran absorpsi di daerah UV-Vis

Sebagian materi melakukan absorpsi pada daerah sinar ultra violet ( $\lambda$  200-400nm) dan sebagian lainnya melakukan absorpsi pada daerah sinar tampak ( $\lambda$  400-750 nm). Besarnya tingkat absorpsi oleh suatu materi dapat diukur dengan menggunakan berbagai macam instrument antara lain; tabung Nessler,

Kolorimeter Dubosq, Fotokolorimeter, Spektromik 20 dan Spektrofotometer 390 (Underwood, 1998).

### 2.8.2. Analisis kuantitatif dengan pengukuran absorbansi

Spektroskopi merupakan salah satu fasilitas yang sangat berharga untuk analisis kimia kuantitatif. Langkah utama di dalam analisis fotometri atau spektrofotometri meliputi penetapan panjang gelombang yang sesuai, penetapan faktor-faktor yang mempengaruhi absorbansi dan pembuatan suatu kurva kalibrasi yang menghubungkan konsentrasi dengan absorbansi (Silverstein, 1986).

Suatu sinar dengan Intensitas  $I_0$  setelah melewati larutan dengan konsentrasi  $c$  mol/L dan mempunyai ketebalan  $b$  cm, maka intensitas sinar tersebut akan berkurang menjadi  $I$ . Penurunan intensitas sinar tersebut sebagai akibat dari interaksi antara cahaya dan partikel-partikel penyerap (pengabsorpsi). Transmittansi larutan  $T$  merupakan bagian dari cahaya yang diteruskan melalui larutan. Besarnya transmittansi dinyatakan sesuai dengan persamaan 2.10.

$$T = I_0/I \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

Transmittansi sering dinyatakan sebagai persentase (%T). Sedangkan Absorbansi ( $A$ ) suatu larutan dinyatakan sesuai dengan persamaan 2.11.

$$A = -\log T = -\log I_0/I \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

Berbeda dengan transmittansi, absorbansi larutan bertambah dengan pengurangan kekuatan (intensitas) sinar. Bila ketebalan atau konsentrasi larutan yang dilewati cahaya bertambah, maka cahaya akan lebih banyak diserap. Jadi absorbansi berbanding lurus dengan ketebalan  $b$  dan konsentrasi  $c$ . Hal ini sesuai dengan hukum Lambert-Beer yang dinyatakan sesuai dengan persamaan 2.12.

$$A = \epsilon b c \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana  $A$  adalah absorbansi,  $b$  adalah ketebalan larutan,  $c$  adalah konsentrasi larutan, dan  $\epsilon$  adalah absorbtivitas molar larutan (satuan:  $L \text{ cm}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ).

Pengukuran absorbansi spektrofotometri harus dilakukan pada panjang gelombang yang sesuai dengan absorbansi maksimum (panjang gelombang maksimum) karena pada kondisi ini konsentrasi larutan analit besar, artinya absorbansi larutan analit encer masih terdeteksi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi absorbansi meliputi jenis pelarut, pH larutan, suhu, konsentrasi elektrolit yang tinggi, dan adanya zat pengganggu. Pengaruh-pengaruh ini harus diketahui, sehingga kondisi analisis dapat dipilih sedemikian hingga absorbansi tidak dipengaruhi sedikitpun. Setelah kondisi untuk analisis ditetapkan (seperti panjang gelombang yang sesuai), maka kemudian dilakukan pengukuran absorbansi dari sederetan larutan standar untuk menentukan kurva kalibrasi dari hubungan antara absorbansi dan konsentrasi (Hendayana, S., 1994).

