

KOAGULASI PEWARNA INDIGO KARMINA (*Disodium-3,3'-dioxo-2,2'-bi-indolylidene-5,5'-disulfonat*) DENGAN METODE ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN ANODA SENG

Adi Darmawan, Suhartana, Leny Kristinawati

Laboratorium Kimia Anorganik Jurusan Kimia – FMIPA, Universitas Diponegoro, Semarang

RINGKASAN

Zat warna indigo karmina merupakan salah satu senyawa organik yang digunakan dalam proses pewarnaan tekstil. Zat warna ini menghasilkan limbah cair yang mengakibatkan pencemaran dan kerusakan lingkungan. Sementara seng sisa juga mudah ditemukan

Elektrolisis merupakan suatu metode yang digunakan untuk memanfaatkan kembali kedua limbah tersebut. Logam seng dimanfaatkan sebagai elektroda untuk mendekolorisasi pewarna indigo karmina. Elektrolisis dilakukan selama 7 menit dan tegangan eksternal 6 Volt dengan variasi pH dan temperatur. Hasil elektrolisis dianalisis dengan Spektrofotometer UV-Vis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa elektrodekolorisasi dipengaruhi oleh pH dan temperatur. Elektrodekolorisasi pewarna indigo karmina efektif dilakukan pada pH asam yaitu 4 dengan persen dekolorisasi 94,52% dan pada temperatur 70°C dengan persen dekolorisasi 98,09 %.

COAGULATION OF INDIGO CARMINE (*Disodium-3,3'-Dioxo-2,2'-Bi-Indolylidene-5,5'-Disulfonat*) WITH THE ELECTROLYSIS METHOD USE ZINC AS ANODE.

SUMMARY

Indigo carmine dye is one of organic compound used in textile coloration process. It makes liquid waste that causes pollution and environmental damage. For a while, zinc is also easy to found.

Electrolysis is a method that used to recycle both pollutants. Zinc reuses as an electrode to recycle the colored liquid waste from indigo carmine dye. The electrolysis result is analyzed by spectrofometer UV-Vis.

The experiment result indicates that electrodecolorization is influenced by pH of solution and temperature. Electrodecolorization is efective in acid condition (pH 4) with decolorization percentage 77,23% and temperature 70oC with decolorization percentage 98,61%.

PENDAHULUAN

Salah satu cara dan yang paling umum dilakukan untuk menghilangkan zat warna dalam larutan adalah koagulasi dan flokulasi. Koagulan yang paling umum digunakan adalah alum atau tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Ariana, 1993). Koagulasi adalah proses destabilisasi muatan positif atau negatif dari spesies yang terlarut oleh muatan positif atau negatif yang ditambahkan pada larutan tersuspensi (Ariana, 1993). Ion Al^{3+}

umum digunakan sebagai koagulan karena memiliki muatan yang besar dan jari-jari yang kecil sehingga memiliki kemampuan untuk mempolarisasi spesies muatan tersuspensi secara baik untuk membentuk flok (Petrucci, 1989).

Secara teoritik, ion-ion bermuatan positif dapat digunakan sebagai koagulator. Keberadaan ion-ion positif dalam larutan dapat terjadi melalui beberapa cara antara lain, pelarutan garam-garam dalam air atau dengan mengoksidasi

logam dalam larutan menggunakan proses elektrolisis. Penelitian pendahuluan tentang dekolonisasi zat warna menggunakan logam besi telah banyak dilakukan, seperti dekolonisasi timol biru (Ibanez dkk, 1998), fenolftalin (Kristanto dan Rahmanto, 2000), metil jingga (Ningsih dan Rahmanto, 2000) dan pewarna indigo karmina (Hadiyanto dan Suhartana, 2003).

Menurut Hadiyanto dan Suhartana (2003), bahwa logam besi dapat mendekolorisasi indigo karmina dengan baik. Pengurangan warna terjadi dengan baik pada pH asam. Logam besi mampu mengalami reaksi oksidasi dengan potensial standar bernilai positif. Selain itu logam besi dapat membentuk flok $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang mampu menyerap zat warna (Willkinson, 1989). Dengan melihat kemampuan elektroda besi sebagai koagulator indigo karmina maka perlu dilakukan penelitian lanjutan dekolonisasi indigo karmina dengan menggunakan elektroda yang berbeda.

Sementara itu menurut (Willkinson, 1989) seng memiliki sifat sebagai pengoksidasi dengan potensial standar bernilai positif. Logam seng mampu membentuk gelatin $\text{Zn}(\text{OH})_2$ yang mempunyai pori-pori sehingga dapat digunakan untuk mendekolorisasi zat warna (Vogel, 1990). Dengan kemiripan sifat antara besi dan seng ini, maka seng dimungkinkan untuk digunakan sebagai koagulan alternatif pengganti besi. Dalam penelitian ini dilakukan elektrokoagulasi pewarna indigo karmina dengan menggunakan logam seng sebagai anoda dan karbon sebagai katoda.

Dalam penelitian ini diamati pengaruh tegangan eksternal, jarak elektroda, waktu elektrolisis, pH dan temperatur terhadap kemampuan koagulasi

yang diukur dengan pengurangan absorbansi warna larutan.

METODE PENELITIAN

Desain Alat. Anoda seng dibuat dari lempengan seng dengan ukuran 0,2 cm x 1 cm x 6 cm. Katoda karbon dibuat dari karbon sisa baterai. Anoda dan katoda diletakkan sejajar dalam gelas beaker 100 mL. Kemudian diberi tegangan eksternal DC

Pembuatan seri larutan indigo. Larutan seri indigo dengan konsentrasi 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 dan 40 mg/L masing-masing sebanyak 100 mL.

Elektrokoagulasi pewarna indigo karmina. Larutan indigo karmina 25 mg/L 40 ml dalam gelas beaker ditambah $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$. Setelah itu larutan dipindahkan ke labu takar 50 mL dan ditambah akuades sampai tanda batas, selanjutnya dipindah ke dalam sel elektrolisis. Beberapa variasi dilakukan diantaranya:

1. Variasi tegangan eksternal. Elektrolisis dilakukan dengan tegangan 1, 2, 3, 4, 5 dan 6 volt.
2. Variasi jarak elektroda. Elektrolisis dilakukan dengan jarak antar elektroda 1; 1,5; 2 dan 2,5 cm
3. Variasi waktu elektrolisis. Elektrolisis dilakukan selama 5, 6, 7 dan 8 menit.
4. Variasi pH. Elektrolisis dilakukan pada pH 4, 6, 8, 10 dan 12
5. Variasi temperatur elektrolisis. Elektrolisis dilakukan pada suhu 30°, 40°, 60° dan 70°

Setelah selesai elektrolisis hasil elektrolisis disaring dan ditentukan absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Perhitungan persen dekolorisasi pewarna

Indigo. Persen dekolorisasi digunakan untuk mengetahui persen pengurangan konsentrasi sebelum dan setelah elektrolisis.

$$\% \text{ Dekolorisasi} = \frac{\Delta[C]}{[C]_o} \times 100\%$$

$\Delta[C]$ = perubahan konsentrasi yaitu konsentrasi awal dikurangi konsentrasi akhir.

$[C]_o$ = konsentrasi awal

PEMBAHASAN

Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh tegangan eksternal, jarak elektroda, waktu elektrolisis, pH dan temperatur terhadap kemampuan elektrokoagulasi pewarna indigo karmina menggunakan anoda seng.

Metode elektrolisis digunakan dalam penghilangan zat warna indigo karmina karena dalam proses elektrolisis logam seng sebagai anoda akan teroksidasi menjadi ion Zn^{2+} yang selanjutnya akan membentuk seng hidroksida ($Zn(OH)_2$) yang berupa endapan gelatin. Endapan gelatin ini mampu memflokulasi pewarna indigo karmina melalui proses koagulasi.

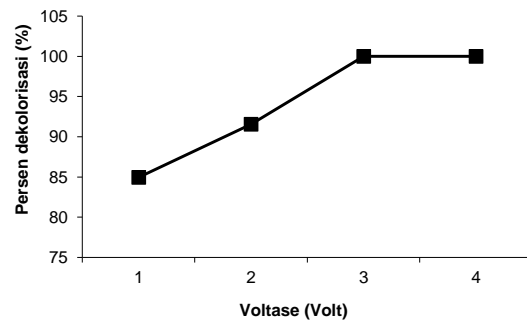
Elektrolisis dengan menggunakan anoda besi untuk menghasilkan flokulan besi hidroksida telah banyak dilakukan dan diteliti pada penelitian sebelumnya. Kristanto dan Rahmanto (2000), dalam penelitiannya menyatakan bahwa konstanta adsorpsi fenolftalein merupakan fungsi kesebandingan dari voltase yang diberikan, dengan kata lain laju adsorpsi fenolftalein sebanding dengan voltase elektrolisis besi.

Proses dekolorisasi indigo karmina dapat terjadi karena koagulasi indigo karmina oleh koloid seng hidroksida. Seng hidroksida di dalam air

akan tersuspensi membentuk koloid gelatin. Kopresipitasi pewarna indigo karmina oleh endapan gelatin besi hidroksida tersebut dapat terjadi karena adanya interaksi antara koloid seng hidroksida dan pewarna indigo karmina oleh adanya gaya van der Waals yang disebabkan oleh perbedaan muatan pada permukaan kedua partikel tersebut.

Pengaruh Tegangan Eksternal (Voltase)

Elektrolisis dilakukan dengan tegangan eksternal 1, 2, 3, 4, 5 dan 6 Volt. Dari gambar 1 dapat dilihat bahwa, elektrokoagulasi meningkat dengan meningkatnya tegangan yang diberikan dan mendatar pada tegangan 3 volt

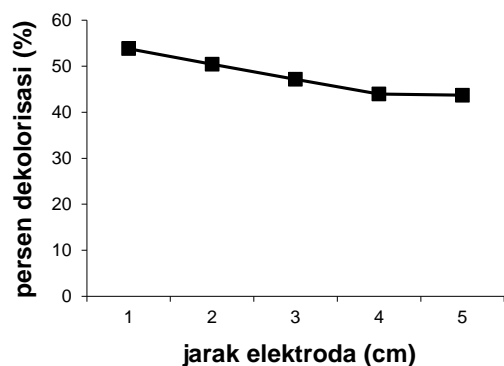


Gambar 1. Grafik hubungan voltase elektrolisis terhadap persen dekolorisasi indigo karmina

Sesuai dengan hukum ohm: $I = \frac{V}{R}$ maka dengan kenaikan voltase atau tegangan dari luar maka semakin besar arus yang mengalir pada larutan. Sehingga menyebabkan semakin cepat reaksi pembentukan $Zn(OH)_2$. Dengan demikian semakin cepat reaksi elektrokoagulasi pewarna indigo karmina. Setelah tegangan 3 volt persen dekolorisasi cenderung tetap artinya ambang E_{sel} untuk penelitian ini adalah 3 volt. Di atas 3 volt pengaruh tegangan tidak berpengaruh.

Pengaruh Jarak Elektroda.

Dari gambar 2 terlihat bahwa semakin dekat jarak antar elektroda maka pengurangan warnanya semakin baik. Semakin dekat jarak antar elektroda maka semakin besar dekolorisasi indigo karmina.



Gambar 2. Grafik hubungan jarak elektroda terhadap persen dekolorisasi indigo karmina

Hal ini sesuai dengan persamaan : $R = \rho \frac{l}{A}$. Jika

luas penampang elektroda (A) dibuat konstan, semakin kecil jarak elektroda (l) semakin kecil pula hambatan yang timbul dalam larutan (R) pada sistem elektrolisis tersebut. Sesuai dengan

hukum Ohm : $I = \frac{V}{R}$, pada potensial/tegangan

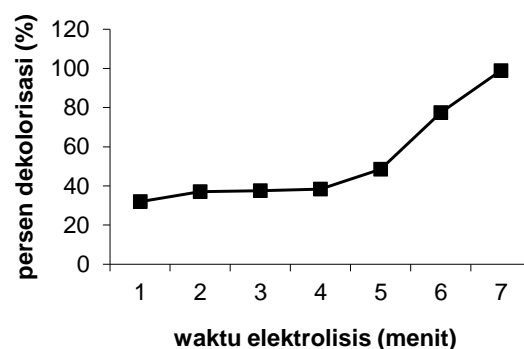
konstan, semakin kecil hambatan yang timbul dalam larutan maka arus menjadi semakin besar. Sehingga mengakibatkan proses oksidasi yang terjadi semakin cepat dan ion Zn^{2+} semakin banyak terbentuk Akibatnya pembentukan flok seng hidroksida semakin cepat.

Disamping itu, pada proses elektrolisis dengan jarak elektroda 1 cm maka gas H_2 yang dihasilkan oleh katoda selama proses elektrolisis dapat mengenai permukaan anoda secara lebih merata sehingga dapat mempercepat proses pengapungan dan pengumpulan flok-flok seng hidroksida yang dihasilkan selama proses elektrolisis. Dengan jarak 1 cm ini ion seng hasil

oksidasi semakin terkonsentrasi sehingga lebih mudah untuk membentuk flok seng hidroksida.

Pengaruh Waktu Elektrolisis

Dari gambar 3 didapatkan bahwa dengan meningkatnya waktu maka persen dekolorisasi semakin meningkat.



Gambar 3. Grafik hubungan waktu elektrolisis terhadap persen dekolorisasi indigo karmina

Sesuai dengan hukum Faraday : $W = \frac{e \cdot i \cdot t}{96500}$,

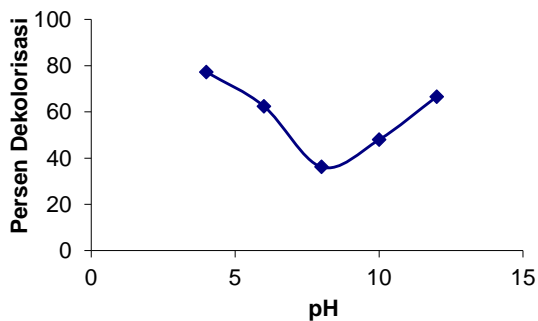
maka dengan meningkatnya waktu maka berat yang didapat semakin besar. Ini menunjukkan bahwa semakin banyak flok seng hidroksida yang terbentuk. Dengan meningkatnya waktu maka waktu elektrolisis semakin lama dan ion seng yang terbentuk semakin banyak. Dengan semakin banyaknya ion seng yang terbentuk maka pembentukan flok seng hidroksida semakin banyak juga. Sehingga semakin banyak indigo karmina yang terkoagulasi. Elektrolisis terhadap larutan sampel indigo karmina dilakukan selama 7 menit tetapi diperkirakan dengan bertambahnya waktu persen dekolorisasi akan menjadi stasioner.

Pengaruh pH

Banyak faktor dapat mempengaruhi proses elektrokoagulasi pewarna indigo karmina, salah satunya adalah pH, sebab pembentukan flok

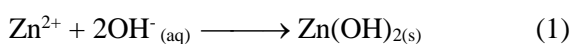
seng dan proses elektrolisis ditentukan oleh pH larutan, dari eksperimen didapatkan hasil sebagai berikut.

Dari Gambar 4. dapat dilihat bahwa elektrokoagulasi terjadi sangat baik pada pH sangat asam dan sangat basa.

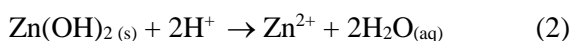


Gambar 4. Grafik pengaruh pH terhadap persen dekolourisasi indigo karmina

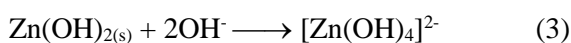
Dalam suasana sangat asam terjadi netralisasi muatan negatif ion hidroksida oleh ion-ion hidrogen sehingga mendukung pengikatan molekul indigo karmina oleh seng. Pada suasana sangat basa terjadi kenaikan persen dekolourisasi karena terbentuknya $Zn(OH)_2$ yaitu seng hidroksida berupa endapan seperti gelatin yang berwarna putih, dimana flok ini dapat menyerap zat warna dari indigo karmina tersebut. Menurut Wilkinson seng mudah bereaksi dengan asam pengoksidasi, melepaskan H_2 dan menghasilkan ion divalensi. Pada suasana basa kuat seng larut karena kemampuannya membentuk ion zinkat ZnO_2^{2-} . Menurut Vogel seng hidroksida bersifat amfoter sehingga elektrokoagulasi terjadi dengan baik pada suasana asam dan basa.



Pada suasana asam:

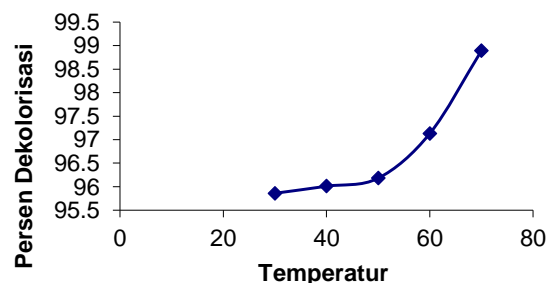


Pada suasana basa:



Persentase dekolourisasi pewarna indigo karmina pada pH asam cenderung lebih tinggi dari pH basa. Hal ini disebabkan oleh dua hal, *pertama* adalah seng lebih mudah teroksidasi pada suasana asam dibandingkan pada suasana basa. Sehingga dengan waktu yang sama seng hidroksida yang dihasilkan pada suasana asam akan lebih banyak dibandingkan pada suasana basa. *Kedua*, pada suasana asam ion-ion hidrogen lebih mudah terserap oleh endapan gelatin seng hidroksida, sehingga mengakibatkan seng hidroksida semakin bermuatan positif, akibatnya partikel-partikel bermuatan negatif seperti halnya indigo karmina akan mudah terkopresipitasi pada suasana asam dibandingkan pada suasana basa. Pada suasana basa dengan adanya ion-ion hidroksida pada larutan, gugus H^+ yang mengelilingi flok seng hidroksida akan ternetralkan oleh ion-ion hidroksida yang ada dalam larutan sehingga flok seng hidroksida tidak terlalu bermuatan positif yang berakibat kemampuan koagulasi pada suasana basa lebih rendah daripada suasana asam.

Pengaruh Temperatur



Gambar 5. Grafik hubungan temperatur dengan persen dekolourisasi pewarna indigo karmina

Dari gambar 5 terlihat bahwa elektrokoagulasi semakin baik dengan kenaikan temperatur. Dari

grafik dapat dilihat bahwa dengan kenaikan temperatur persen dekolorisasi semakin meningkat.

Hal ini disebabkan karena dengan kenaikan temperatur mempercepat berlangsungnya reaksi redoks, sehingga ion seng yang dihasilkan semakin banyak. Dengan semakin banyaknya ion seng maka pembentukan seng hidroksida juga semakin banyak. Suatu molekul dapat bereaksi bila mempunyai tenaga lebih tinggi dari tenaga rata-rata molekul dalam sistem. Selisih tenaga ini yang disebut tenaga aktivasi. Hanya molekul-molekul yang mempunyai tenaga lebih besar atau sama dengan tenaga aktivasi ini, yang dapat bereaksi.

Makin tinggi temperatur, seng hidroksida memiliki tenaga lebih besar atau sama dengan tenaga aktivasi, hingga makin cepat reaksinya. Hal ini disebabkan karena seng hidroksida dan pewarna indigo karmina selalu mengadakan tumbukan. Dengan adanya tumbukan ini maka seng hidroksida dan pewarna indigo karmina mempunyai tenaga kinetik yang tinggi. Sehingga dengan kenaikan temperatur ini maka energi aktivasinya lebih mudah terlampaui. Sehingga reaksi koagulasi seng hidroksida dengan pewarna indigo karmina makin cepat.

Dengan kenaikan temperatur maka efisiensi koagulan ion logam seng untuk mengkoagulasi pewarna indigo karmina semakin besar karena terjadi netralisasi antara seng hidroksida dan pewarna indigo karmina. Dapat dikatakan juga bahwa dengan kenaikan temperatur maka meningkatkan laju reaksi sehingga reaksi antara pewarna indigo karmina dengan seng hidroksida semakin cepat.

KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan selama elektrolisis dan pengukuran konsentrasi pewarna indigo karmina sisa dalam larutan dapat disimpulkan:

1. Seng dapat digunakan sebagai koagulator zat warna indigo karmina.
2. Semakin jauh jarak elektroda maka persen dekolorisasi semakin kecil.
3. Semakin lama waktu elektrolisis maka persen dekolorisasi semakin meningkat.
4. Elektrokoagulasi efektif dilakukan pada suasana asam dibandingkan pada suasana basa, hasil optimal didapatkan pada pH 4.
5. Kenaikan temperatur menyebabkan elektrokoagulasi semakin cepat, pada temperatur 70°C elektrokoagulasi berjalan dengan baik dengan persen dekolorisasi 98,09%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariana, T. W., 1993, *Pengolahan Limbah Uranium*, Tabloid STTL 4th ed, Jogjakarta, p. 4.
- Hadiyanto, A.D. dan Suhartana, 2003, *J. Sains dan Matematika*, 8(1), p. 52-54.
- Ibanez, J. G., Singh, M. M. dan Syarfan, J. Z., 1998, *J. Chem Educ*, 75(8), p. 1040-1041.
- Kristanto, J. dan Rahmanto, W. H., 2000, *J. Sains dan Matematika*, 8 (2), p. 55 – 58
- Ningsih, F. D. dan Rahmanto W. H., 2000, *J. Sains dan Matematika*, 8 (1), p. 25 – 28
- Petrucci, R. H., 1989, *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern*, edisi keempat, Erlangga, Jakarta, p. 30.
- Vogel, 1990, *Buku Teks Analisa Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*, Bag I-II, Kalman Media Pustaka.
- Wilkinson dan Cotton, 1989, *Kimia Anorganik Dasar*, Universitas Indonesia, Jakarta.