

ELEKTRODEKOLORISASI INDIGO KARMIN MENGGUNAKAN ALUMINA DAN KARBON BEKAS

Sriatun, Kuwatno, Suhartana

Laboratorium Kimia Anorganik Jurusan Kimia Fakultas MIPA
Universitas Diponegoro Semarang 50275

ABSTRAK

Dekolorisasi zat warna indigo karmin telah dilakukan dengan metode elektrolisis. Dalam metode ini telah diteliti pengaruh pH dan temperatur terhadap kemampuan dekolorisasi indigo karmin. Adanya elektrokoagulasi/elektroflokulasi disebabkan oleh kemampuan flok $Al(OH)_3$ mengadsorb indigo karmin dan membentuk kompleks Al-indigo karmin. Flok $Al(OH)_3$ dihasilkan oleh elektrolisis larutan dengan menggunakan alumunium bekas sebagai anoda dan karbon sisa baterai sebagai katoda. Elektrolisis dilakukan selama 150 menit dengan tegangan luar 12 Volt. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kemampuan dekorisasi terhadap indigo karmin oleh flok $Al(OH)_3$ dipengaruhi oleh pH dan temperatur larutan. Kemampuan dekolorisasi minimum pada pH=6 dan akan meningkat pada kondisi basa dan asam. Persentase dekolorisasi maksimum pada temperatur ruang adalah 51,95% pada pH=14. Persentase dekolorisasi optimum adalah 98,33% pada temperatur 70°C pada pH=10.

Kata kunci: elektrodekolorisasi, indigo karmin, alumunium

ELECTRODECOLORIZATION OF INDIGO KARMIN USING TRACE OF ALUMINIUM AND CARBON

ABSTRACT

Decolorizing of color of indigo carmine solution has been conducted by electrolytic method. In this method has been observed the effect of pH and temperature to indigo carmine decolorizing ability. It has been observed, there electrocoagulation/electrofloculation was caused by ability of $Al(OH)_3$ flock to adsorb indigo carmine and its ability to form Al-indigo carmine complex. The $Al(OH)_3$ flock was produced by the electrolysis of solution with aluminum anode and carbon cathode. Electrolysis was carried out for 150 minutes and the external potential was 12 volt. The result of this research showed that decolorizing ability to indigo carmine by $Al(OH)_3$ flock was influenced by pH and temperature of the solution. The ability of decolorizing was minimum at pH 6 and increase in base and acid condition. At room temperature, the maximum percentage of decolorizing was 51.95 % at pH=14. The optimum percentage of decolorizing was 98.33 % at 70°C and pH=10.

Keywords: Electrodecolorization, Indigo carmine, Aluminum.

PENDAHULUAN

Limbah yang dihasilkan oleh pewarnaan tekstil semakin banyak dan semakin kompleks sejalan dengan semakin pesatnya perkembangan industri tekstil. Salah satunya berupa limbah cair berwarna. Zat warna yang sering digunakan dalam pewarnaan kain adalah Indigo karmin.

Zat warna indigo karmin digunakan sebagai pewarna pakaian yang berjenis jeans dan wool serta serat-serat dari binatang. Zat warna ini

merupakan zat warna biru yang sangat tahan terhadap cahaya matahari maupun pencucian. Penggunaan zat warna indigo karmin dalam suatu proses pewarnaan tekstil menghasilkan limbah cair yang dapat mencemari lingkungan. Hal ini dikarenakan limbah ini berwarna biru gelap jika dalam konsentrasi besar sehingga akan menghalangi sinar matahari menembus dasar perairan, akibatnya biota air menjadi terganggu.

Sementara itu aluminium merupakan salah satu logam yang banyak digunakan sebagai alat bantu dalam segala bidang kebutuhan hidup manusia. Penggunaan aluminium antara lain sebagai konstruksi pesawat, peralatan dan perabotan rumah tangga, kaleng minuman bir dan kaleng minuman coca-cola. Aluminium bekas akan menjadi bahan pencemar karena aluminium sulit sekali terdegradasi. Oleh karena itu, penelitian tentang pemanfaatan aluminium bekas perlu dilakukan.

Beberapa penelitian tentang dekolorisasi zat warna secara elektrolisis dengan memanfaatkan daya adsorpsi hidroksida besi telah banyak dilakukan. Elektrodekolorisasi zat warna dengan menggunakan besi sebagai anoda, antara lain elektrodekolorisasi zat warna timol biru (Ningsih dan Rahmanto, 2000), zat warna phenolphthalein (Hadiyanto dan Suhartana, 2003). Selain itu juga telah dilakukan elektrodekolorisasi zat warna metil orange (Kristanto dan Rahmanto, 2000). Jenis anoda yang digunakan dalam penelitian tersebut masih terbatas pada anoda besi. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang elektrodekolorisasi zat warna dengan memanfaatkan logam bekas yaitu aluminium.

Penelitian tentang elektrodekolorisasi zat warna yang telah disebutkan umumnya untuk mengadsorb zat warna indikator, jadi praktis jumlahnya relatif sedikit bila dibandingkan dengan indigo karmin yang keberadaannya lebih melimpah. Hal ini dikarenakan indigo karmin digunakan sebagai pewarna dalam industri tekstil. Berdasarkan latar belakang dan permasalahan tersebut maka dalam penelitian ini diupayakan untuk menghilangkan (menyerap)

zat warna indigo karmin dengan memanfaatkan logam aluminium bekas. Dengan demikian, pencemaran lingkungan perairan oleh limbah cair yang mengandung zat warna indigo karmin yang berasal dari proses pewarnaan tekstil maupun pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh aluminium bekas dapat dikurangi.

Dalam penelitian ini selain memanfaatkan aluminium bekas sebagai anoda juga memanfaatkan karbon baterai bekas sebagai katodanya. Dalam proses elektrolisis, penggunaan aluminium bekas sebagai anoda akan lebih efektif dibandingkan besi bekas. Hal ini dikarenakan dalam sistem elektrolisis aluminium menghasilkan flok $\text{Al}(\text{OH})_3$ selain itu juga dapat menghasilkan garam tawas $\text{NaAl}(\text{SO}_4)_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (Vogel, 1985). Flok $\text{Al}(\text{OH})_3$ berupa gelatin berwarna putih yang dapat menyerap zat warna sedangkan $\text{NaAl}(\text{SO}_4)_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ berupa garam yang sering dikenal sebagai tawas yang dapat dimanfaatkan untuk menjernihkan air (Alearts dan Santika, 1999).

Terbentuknya flok $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan tawas dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah derajat keasaman (pH) dan temperatur. Oleh karena itu, perlu diketahui bagaimana pengaruh variasi pH dan temperatur dari sistem elektrolisis terhadap zat warna indigo karmin.

METODOLOGI

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain serbuk indigo karmin, akuades, natrium sulfat (p.a), asam sulfat (p.a) dan natrium

hidroksida (p.a), lempengan aluminium bekas dan karbon baterai bekas.

Peralatan yang digunakan adalah timbangan elektrik, pH meter merk HACH seri EC 20, termometer 100°C, adaptor, multimeter dan spektrofotometer 390.

Prosedur Kerja

Pembuatan larutan induk zat warna indigo karmin 100 ppm: Larutan induk zat warna indigo karmin konsentrasi 100 ppm dibuat dengan cara melarutkan 100 mg serbuk zat warna indigo karmin ke dalam labu ukur 1000 mL, kemudian ditambah dengan 20 mL NaOH 0,1M dan selebihnya ditambah akuades sampai tanda batas.

Elektrodekolorisasi zat warna indigo karmin dengan variasi pH: Elektrolisis dilakukan terhadap larutan sampel zat warna indigo karmin dengan variasi pH 2, 4, 6, 7, 8, 10, 12 dan 14. Larutan sampel zat warna indigo karmin dibuat dari 40 mL larutan indigo karmin 25 ppm yang ditambah 0,71 gram Na₂SO₄ dan H₂SO₄ 0,1 M atau NaOH 0,1 M untuk mengatur pH. Kemudian ditambah akuades sampai 50 mL.

Elektrolisis dilakukan pada jarak elektroda 1 cm selama 150 menit dan tegangan 12 volt. Setelah selesai, larutan hasil elektrolisis disaring. Absorbansi filtrat ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer 390.

Elektrodekolorisasi zat warna indigo karmin dengan variasi temperatur: Variasi temperatur elektrolisis adalah 10°C, 20°C, 30°C, 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C dan 90°C. Larutan sampel zat warna indigo carmine dibuat dari 40 mL larutan indigo carmine 25 ppm yang ditambah dengan 0,71 gram Na₂SO₄ 0,1 M, kemudian larutan

ditambah NaOH 0,1 M sampai pH menjadi 10. Kemudian ditambah akuades sampai volumenya menjadi 50 mL. Selanjutnya larutan sampel di elektrolisis dengan cara yang sama dengan point 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode elektrolisis dapat digunakan untuk menghilangkan zat warna indigo karmin dari larutannya karena dalam proses elektrolisis terjadi proses oksidasi dan reduksi. Pada anoda terjadi proses oksidasi yaitu aluminium teroksidasi menghasilkan kation aluminium (Al³⁺), sedangkan pada katoda karbon terjadi reaksi reduksi air menghasilkan gas hidrogen (H₂) dan ion hidroksida (OH⁻). Adanya proses oksidasi dan reduksi dalam sistem elektrolisis mengakibatkan terbentuknya aluminium hidroksida (Al(OH)₃) yang berupa endapan gelatin berwarna putih. Aluminium hidroksida inilah yang mampu mengadsorpsi zat warna indigo karmin dan membentuk kompleks aluminium hidroksida-indigo karmin.

Pada penelitian ini jarak antar elektroda adalah 1 cm agar gas H₂ yang dihasilkan oleh katoda karbon pada saat proses elektrolisis dapat mengenai permukaan anoda lebih merata dan optimal sehingga dapat mempercepat proses pengapungan dan pengumpulan flok-flok Al(OH)₃ yang dihasilkan selama proses elektrolisis.

Adanya peristiwa koagulasi maupun flokulasi zat warna indigo karmin oleh flok Al(OH)₃ dapat terjadi karena flok Al(OH)₃ mampu mengkopresipitasi (membawa serta untuk mengendap) zat warna tersebut. Dalam hal ini proses kopresipitasi terjadi karena Al(OH)₃ yang

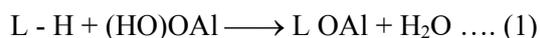
memiliki muatan listrik positif mampu berikatan dengan indigo karmin yang bermuatan negatif parsial sehingga antara keduanya akan terbentuk suatu ikatan.

Menurut Ibanez *et.al.*(1998) dalam Ningsih dan Rahmanto (2000), ikatan yang terjadi antara zat warna dan besi menghasilkan suatu senyawa kompleks dengan ikatan kovalen koordinasi, dengan asumsi besi berperan sebagai atom pusat dan zat warna sebagai ligananya.

Analog dengan hal tersebut, maka diasumsikan antara aluminium dan zat warna indigo karmin juga terjadi ikatan membentuk suatu senyawa kompleks. Namun ikatannya bukan merupakan ikatan kovalen koordinasi, tetapi ikatan yang terjadi merupakan hasil dari gaya elektrostatis antara kation aluminium dengan muatan dipol listrik dari molekul air sehingga membentuk suatu kompleks aluminium terhidrat $[Al(H_2O)_6]^{3+}$ (Wilkinsons, 1988).

Dalam suasana basa, kompleks aluminium terhidrat $[Al(H_2O)_6]^{3+}$ mengalami transformasi menjadi $Al(OH)_3$ yang berupa flok berwarna putih. Dalam proses dekolorisasi, $Al(OH)_3$ yang teramati sebagai flok gelatin berwarna putih lebih digambarkan sebagai $AlO(OH)$ (Wilkinsons, 1988).

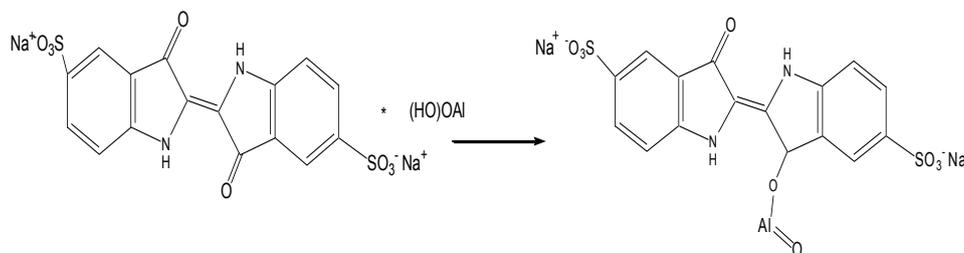
Ikatan antara zat warna dengan $AlO(OH)$ ditunjukkan seperti pada reaksi 1.



Keterangan: L : zat warna.indigo karmin

Proses pengikatan zat warna indigo karmin dengan $AlO(OH)$ juga analog dari mekanisme diatas. Mekanisme reaksi dari zat warna indigo karmin dengan $Al(OH)_3$ ditunjukkan seperti pada gambar 1.

Dari gambar tersebut terlihat bahwa $Al(OH)_3$ mengikat ion oksigen pada zat warna indigo karmin. Tetapi ada kemungkinan aluminium oksida berikatan dengan nitrogen karena nitrogen memiliki sepasang elektron bebas yang dapat disumbangkan untuk membentuk ikatan kovalen koordinasi dengan AlO^+ . Namun menurut teori asam basa keras lunak (*hard soft acid base*), Al^{3+} yang merupakan asam keras akan lebih cenderung berikatan dengan oksigen yang merupakan basa keras jika dibanding kan dengan nitrogen yang merupakan basa lunak (Sukarjo, 1984), sehingga interaksi antara AlO^+ dengan oksigen dari zat warna indigo karmin lebih dimungkinkan.



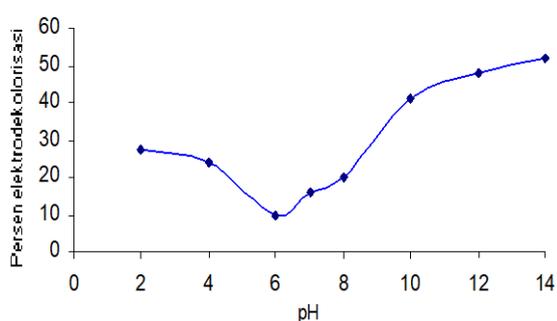
Gambar 1. Reaksi indigo karmin dengan $AlO(OH)$

Dalam proses elektrodekolorisasi, pH larutan memiliki peranan penting. Penelitian yang telah dilakukan oleh Famila dan Rahmanto^[4]

menunjukkan bahwa laju elektrodekolorisasi *metil orange* pada suasana asam ternyata lebih tinggi daripada laju elektrodekolorisasi

phenolphthalein hasil penelitian Kristanto dan Rahmanto. Oleh karena itu, proses elektrodekolorisasi *metil orange* dilakukan pada suasana asam sedangkan elektrodekolorisasi *phenolphthalein* dilakukan pada suasana basa.

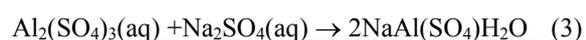
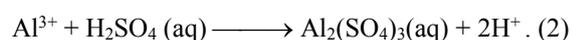
Pada penelitian ini diketahui bahwa elektrodekolorisasi zat warna indigo karmin dengan anoda aluminium dapat berlangsung baik dalam suasana asam dan suasana basa, seperti tampak pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan pH terhadap persen elektrodekolorisasi

Dari Gambar 2 tersebut terlihat bahwa persen elektrodekolorisasi minimum terjadi pada pH 6. Dengan meningkatnya keasaman maupun meningkatnya kebasaan persentase elektrodekolorisasi mengalami kenaikan.

Pada suasana asam, terbentuknya garam tawas $\text{NaAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ dari sistem elektrolisis karena ion aluminium yang dihasilkan dari proses oksidasi logam aluminium bereaksi dengan asam sulfat membentuk garam aluminium sulfat. Garam aluminium sulfat yang terbentuk bereaksi lebih lanjut dengan garam natrium sulfat sehingga membentuk garam $\text{NaAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ yang dikenal sebagai tawas. Reaksi yang terjadi seperti terlihat pada reaksi 2-3.



Tawas bermanfaat untuk menjernihkan air dan dalam penelitian ini mampu mengurangi warna indigo karmin.

Dari gambar 2 terlihat bahwa pada range pH 2 sampai 6, terjadi penurunan persen elektrodekolorisasi zat warna indigo karmin seiring dengan meningkatnya pH. Hal tersebut terjadi karena dengan kenaikan pH kemungkinan terbentuknya tawas $\text{NaAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ menjadi berkurang. Hal tersebut dapat terjadi karena pembentukan tawas berlangsung dengan baik dalam suasana asam, sehingga dengan semakin berkurangnya keasaman maka tawas yang terbentuk semakin sedikit.

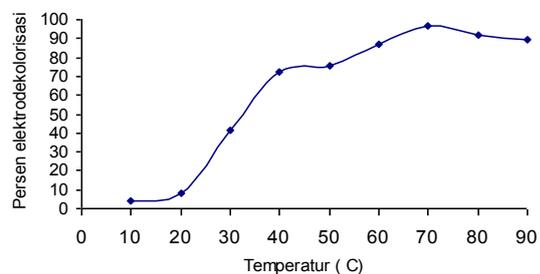
Mulai pH 6 sampai 14 terlihat bahwa terjadi kenaikan persen elektrodekolorisasi zat warna indigo karmin seiring dengan semakin meningkatnya pH sistem.

Elektrodekolorisasi terjadi secara maksimum pada pH 14 dengan persen elektrodekolorisasi sebesar 51,95 %. Hal ini terjadi karena dalam sistem elektrolisis terbentuk flok $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang berupa gelatin berwarna putih. Pembentukan flok $\text{Al}(\text{OH})_3$ seperti ditunjukkan oleh reaksi 4-7.

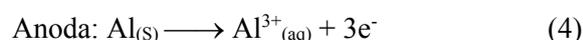
Semakin meningkat harga pH sistem maka semakin banyak flok $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang dihasilkan oleh sistem elektrolisis. Flok $\text{Al}(\text{OH})_3$ ini dapat menyerap zat warna. Semakin banyak flok $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang terbentuk maka semakin besar pula kemungkinan terjadinya proses penyerapan zat warna indigo karmin oleh $\text{Al}(\text{OH})_3$ maupun kemungkinan terjadinya ikatan antara zat warna indigo karmin dengan $\text{Al}(\text{OH})_3$.

Faktor lain yang juga sangat berpengaruh terhadap proses elektrodekolorisasi zat warna

indigo karmin adalah temperatur. Pengaruh temperatur terhadap elektrodekolorisasi zat warna indigo karmin pada pH=10 dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan temperatur terhadap persen elektrodekolorisasi



Dari gambar 3 tersebut terlihat bahwa elektrodekolorisasi zat warna indigo karmin pada pH=10 dapat berlangsung optimum pada temperatur 70°C dengan persen elektrodekolorisasi 96,83 %. Pada temperatur 10°C sampai 70°C, adanya kenaikan temperatur dapat mempercepat berlangsungnya reaksi redoks. Flok Al(OH)₃ yang dihasilkan semakin banyak sehingga reaksi dan penyerapan terhadap indigo karmin semakin cepat.

Pada temperatur yang lebih besar dari 70°C, adanya kenaikan temperatur mengakibatkan penurunan persen elektrodekolorisasi. Hal ini terjadi karena pada temperatur di atas 70° dapat menyebabkan terjadinya destabilisasi flok

Al(OH)₃ yang terbentuk. Selain itu ada kemungkinan terjadinya reaksi balik sehingga mengakibatkan floks Al(OH)₃ yang terbentuk terionisasi menjadi Al³⁺ dan OH⁻.

KESIMPULAN

Larutan zat warna indigo karmin dapat didekolorisasi dengan metode elektrolisis menggunakan elektroda aluminium bekas dan karbon bekas. Elektrodekolorisasi optimum pada pH=14, temperatur ruang dengan persentase elektrodekolorisasi sebesar 51,95 %. Sedangkan pada pH=10 optimum pada temperatur 70°C dengan persen elektrodekolorisasi sebesar 98,33 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Alearts, G.; Santika, S.S., *Metode Penelitian Air*, Surabaya: Penerbit Usaha Nasional, hal. 86 – 88.
- Kristanto, J., dan Rahmanto, W. H., 2000, *J. Sains dan Matematika*, 8 (2), 55 – 58.
- Ningsih, F. D., dan Rahmanto W. H., 2000, *J. Sains dan Matematika*, 8 (1), 25 – 28
- Hadiyanto, A.D., dan Suhartana., 2003, *J. Sains dan Matematika*, 8(2), 52-54
- Sukardjo, 1984, *Kimia Koordinasi*, Penerbit PT Bina Aksara Jakarta, hal. 22 – 24.
- Wilkinson, C., 1988, *Advanced Inorganic Chemistry*, 5th edition, John wiley & Sons Inc, United States, Page 211-213.
- Vogel, Ab: Setiono, L., 1985, *Buku Teks Analisa Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*, edisi kelima, Penerbit PT Kalman Media Pusaka, Jakarta, hal. 266-268.