

ELEKTRODEKOLORISASI LIMBAH CAIR PEWARNA BATIK DENGAN MEMANFAATKAN BATANG KARBON DARI LIMBAH BATERAI BEKAS

MSK Amal[✉] Febiyanto, A Soleh, M Afif

Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Agustus 2016
Disetujui September 2016
Dipublikasikan Oktober 2016

Keywords:

carbon rod;
electrodecolorization; used
batteries; dye batik

Abstrak

Rhodamin B (RhB), indigosol dan *naphtol* merupakan zat warna pada industri batik. Metode elektrodekolorisasi merupakan suatu proses elektrokimia untuk menghilangkan zat warna dengan menggunakan arus listrik searah. Tujuan penelitian ini adalah untuk menurunkan konsentrasi limbah cair pewarna batik secara optimum menggunakan metode elektrodekolorisasi dengan memanfaatkan batang karbon baterai bekas. Limbah cair batik yang diuji adalah rhodamin B (RhB), *naphtol blue black* dan indigosol sebagai sumber limbah pewarna. Katoda sel elektrokimia berupa batang karbon berasal dari baterai bekas dan anodanya berupa lempeng besi. Optimalisasi pada proses degradasi pewarna ini dilakukan pada variasi arus, pH dan jarak elektrode. Variasi arus diatur pada 3, 5 dan 7 A; variasi pH pada 3, 5, 7, 9, dan 11; serta variasi jarak elektrode pada jarak 1; 1,5 dan 2 cm. Penurunan konsentrasi pewarna rhodamin B (RhB) menunjukkan keadaan jarak, pH dan arus optimum berturut turut 1 cm, pH 9 dan arus 7 A sebesar 78,68%. Penurunan konsentrasi pewarna indigosol pada keadaan jarak, pH dan arus optimum berturut turut 1 cm, pH 11 dan arus 7 A sebesar 95,90 %, sedangkan pewarna *naphtol blue black* menunjukkan keadaan jarak, pH dan arus optimum berturut turut 1 cm, pH 9 dan arus 7 A sebesar 74,15 %.

Abstract

Rhodamine B (RhB), indigosol and naphtol dyes are used in batik industries. Electrodecolorization method is an electrochemical process to remove the dye using direct current. The purpose of this study is to decrease the concentration of the liquid waste of batik dye optimally by electrodecolorization method by utilizing the carbon rods of used batteries. The batik liquid waste is rhodamine B (RhB), naphtol blue black and indigosol as a source of dye. Electrochemical cell cathode in the form of carbon rod derived from used batteries and anode in the form of iron plate. Optimization in dye degradation process is done on the variation of the current, pH and distance of two electrodes. Current variation is set at 3, 5 and 7 A; pH is at 3, 5, 7, 9, and 11; distance of two electrodes is set at 1; 1.5 and 2 cm. Decreasing the concentration of rhodamine B (RhB) shows that the distance, pH and optimum current respectively 1 cm, pH 9 and the current 7 A that is 78.68%. Decreasing the concentration of indigosol shows that the distance, pH and optimum current respectively 1 cm, pH 11 and the current 7 A that is 95.90%, whereas naphtol blue black dye shows that the distance, pH and optimum current respectively 1 cm, pH 9 and current 7 A that is 74.15%.

© 2016 Universitas Negeri Semarang

[✉] Alamat korespondensi:

Jl. Dr. Soeparno Karangwangkal Purwokerto 53123
E-mail: khaerul.shofi@yahoo.co.id

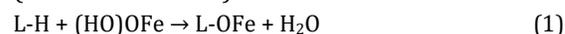
ISSN 0215-9945

PENDAHULUAN

Industri batik secara ekonomi memberikan pendapatan yang besar bagi negara, baik dari segi penyerapan tenaga kerja maupun pemasukan devisa negara dan pajak. Permintaan pasar untuk konsumsi lokal dan luar negeri terbuka luas sehingga memberikan peluang yang besar untuk perkembangan industri ini. Saat ini pemasaran tidak hanya konsumsi lokal namun juga telah menembus pasar luar negeri seperti Eropa dan Amerika (Laksono 2012). Namun di sisi lain, setiap proses produksi batik banyak menggunakan zat-zat kimia yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan (Wardhana 2004). Umumnya zat-zat pencemar dalam proses pembuatan batik dapat berupa zat warna maupun bahan padatan yang terlarut dalam air. Proses tersebut meliputi pewarnaan dan *bleaching*. Zat kimia yang digunakan dalam proses tersebut biasanya terlarut dalam air dan dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu sehingga dapat menimbulkan dampak negatif bagi manusia dan pencemaran lingkungan di sekitarnya. Dampak negatif yang ditimbulkan diantaranya adalah daerah aliran sungai menjadi berwarna, tidak dapat mendukung sistem kehidupan perairan (Suyata & Kurniasih 2012), mengandung logam berat (Purwaningsih 2008), kualitas air menjadi semakin buruk dan tidak layak digunakan sebagai air bersih (Widodo *et al.* 2012), dapat mengganggu kesehatan, misalnya iritasi kulit dan mata hingga menyebabkan kanker, serta dapat menyebabkan terjadinya mutagen (Mathur *et al.* 2005). Zat warna yang banyak digunakan oleh industri batik untuk pewarnaan batik diantaranya adalah rhodamin B (RhB), indigosol, dan *naphtol* (Kasam *et al.* 2009).

Metode-metode penanganan limbah zat warna terus diteliti dan dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi dan efektifitas proses remediasi lingkungan perairan (Wilhelm & Stephan 2007). Salah satu diantaranya dengan metode elektrolisis atau elektrodekolorisasi. Metode elektrodekolorisasi merupakan suatu proses elektrokimia untuk menghilangkan zat warna dengan menggunakan arus listrik searah. Katoda sel elektrokimia ini dapat berupa batang karbon yang

berasal dari baterai bekas dan anodanya berupa batang besi. Penggunaan batang karbon merupakan salah satu alternatif yang terbilang potensial karena umumnya berupa benda yang kurang termanfaatkan (limbah baterai) dan sifat khasnya yang inert dan dapat dipakai secara berulang-ulang sehingga batang karbon dari baterai bekas dapat dioptimalisasi penggunaannya menjadi elektroda negatif (katoda) dalam sel elektrolisis untuk degradasi limbah cair pewarna batik. Besi hidroksida terhidrat yang terbentuk sebagai hasil oksidasi anoda besi selama proses elektrolisis dapat mengadsorpsi zat warna melalui pembentukan kompleks antara permukaan besi hidroksida dengan zat warna. Zat warna diasumsikan sebagai ligan (L) yang terikat pada besi hidroksida, produk elektrodekolorisasi berupa senyawa kompleks dan air (H₂O) yang ramah terhadap lingkungan (Suyata & Kurniasih 2012). Adapun mekanismenya adalah sebagai berikut (Ibanez *et al.* 1998):



Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan mengoptimalkan penurunan konsentrasi pewarna limbah cair batik menggunakan elektroda batang karbon bekas dan besi (C/Fe) pada sampel pewarna rhodamin B (RhB), indigosol dan *naphtol blue black* sesuai variasi pH, arus dan jarak.

METODE

Penentuan panjang gelombang maksimum

Larutan rhodamin B, *naphtol blue black*, dan indigosol dengan konsentrasi 20 mg/L diukur serapannya pada rentang panjang gelombang 400-800 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis Shimadzu 1800. Panjang gelombang pada serapan maksimum digunakan untuk pengukuran konsentrasi larutan zat warna dalam penelitian ini.

Pembuatan kurva kalibrasi

Larutan standar zat warna rhodamin B, *naphtol blue black*, dan indigosol sebesar 5, 10, 15, 20, dan 25 ppm diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Visible Shimadzu 1800. Kurva kalibrasi dibuat dengan memplotkan antara konsentrasi (x) dengan absorbansi (y). Dari kurva

kalibrasi diperoleh persamaan regresi $y = a + bx$. Persamaan regresi ini digunakan untuk menentukan konsentrasi dari ketiga zat warna tersebut (Suyata & Kurniasih 2012).

Penentuan arus optimum

Larutan zat warna dengan konsentrasi 20 mg/L sebanyak 250 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia. Absorbansi diukur untuk mendapatkan nilai absorbansi sebelum elektrokolorisasi. Lemper besi dan batang karbon dimasukkan ke dalam sel elektrolisis sebagai anoda dan katoda dengan jarak ± 1 cm dan dihubungkan dengan sumber arus DC 3 A. Larutan hasil elektrokolorisasi diambil dengan pipet 10 mL, disaring dan ditentukan absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Visible Shimadzu 1800. Perlakuan diulangi pada arus 5 dan 7 A. Arus yang menunjukkan persentase dekolorisasi maksimum digunakan dalam penelitian tahap selanjutnya.

Penentuan jarak elektroda optimum

Larutan zat warna dengan konsentrasi 20 mg/L sebanyak 250 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia. Absorbansi diukur untuk mendapatkan nilai absorbansi sebelum elektrokolorisasi. Lemper besi dan batang karbon baterai bekas dimasukkan ke dalam sel elektrolisis sebagai anoda dan katoda dengan jarak keduanya ± 1 cm, dan dihubungkan dengan sumber arus optimum dari tahap sebelumnya. Larutan hasil elektrokolorisasi diambil dengan pipet 10 mL, disaring, dan ditentukan absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Visible Shimadzu 1800. Perlakuan diulangi untuk jarak elektroda 1,5 dan 2 cm. Jarak elektroda yang menunjukkan persentase

dekolorisasi maksimum digunakan dalam penelitian tahap selanjutnya.

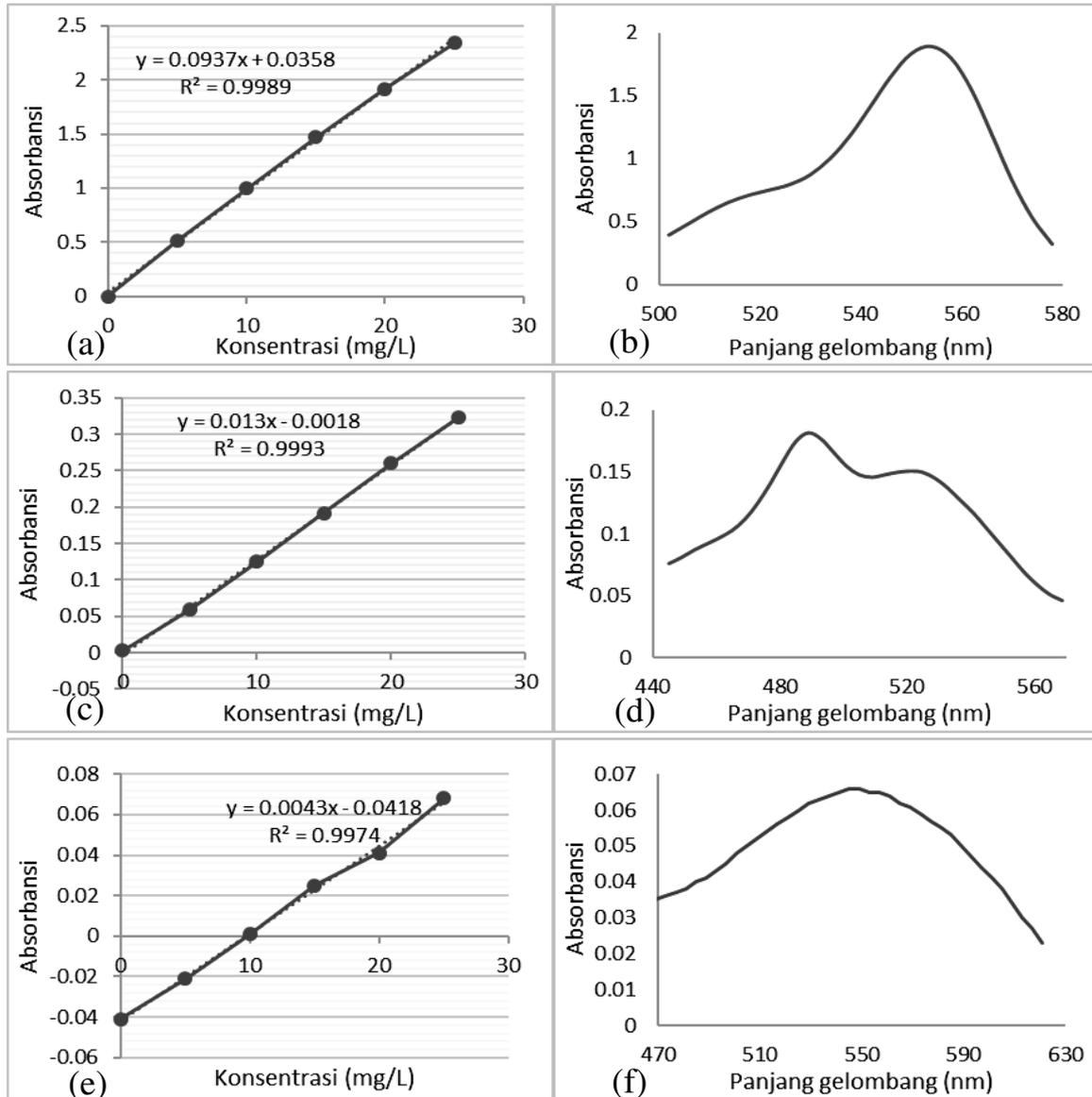
Penentuan pH optimum

Larutan zat warna dengan konsentrasi 20 mg/L sebanyak 250 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia kemudian ditambah H_2SO_4 2 N sampai pH 3 (untuk basa ditambah NaOH 2 N), kemudian absorbansi larutan diukur. Larutan dipindahkan ke dalam sel elektrolisis dengan jarak elektroda dan arus optimum. Larutan hasil elektrokolorisasi diambil dengan pipet 10 mL, disaring dan ditentukan absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Visible Shimadzu 1800. Perlakuan diulang untuk larutan zat warna dengan pH 3, 5, 7, 9 dan 11 hingga didapatkan pH optimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan kurva kalibrasi dan penentuan panjang gelombang maksimum pewarna batik

Panjang gelombang maksimum masing-masing sampel pewarna yang diukur pada rentang panjang gelombang (λ) 400-800 nm (Gambar 1). Pewarna rhodamin B (RhB), indigosol dan *naphthol blue black* menunjukkan serapan pada panjang gelombang maksimum berturut-turut pada 554, 489 dan 549 nm. Kelinieran dalam kurva kalibrasi dari rhodamin B (RhB), indigosol dan *naphthol blue black* pada panjang gelombang maksimum berturut-turut 0,9986; 0,9993 dan 0,9974. Nilai koefisien korelasi atau R^2 yang mendekati 1 menandakan bahwa kurva regresi yang dibuat memiliki tingkat kesalahan yang kecil dan sangat baik untuk standar pengukuran dalam dekolorisasi sampel pewarna (Kurniawan 2008).

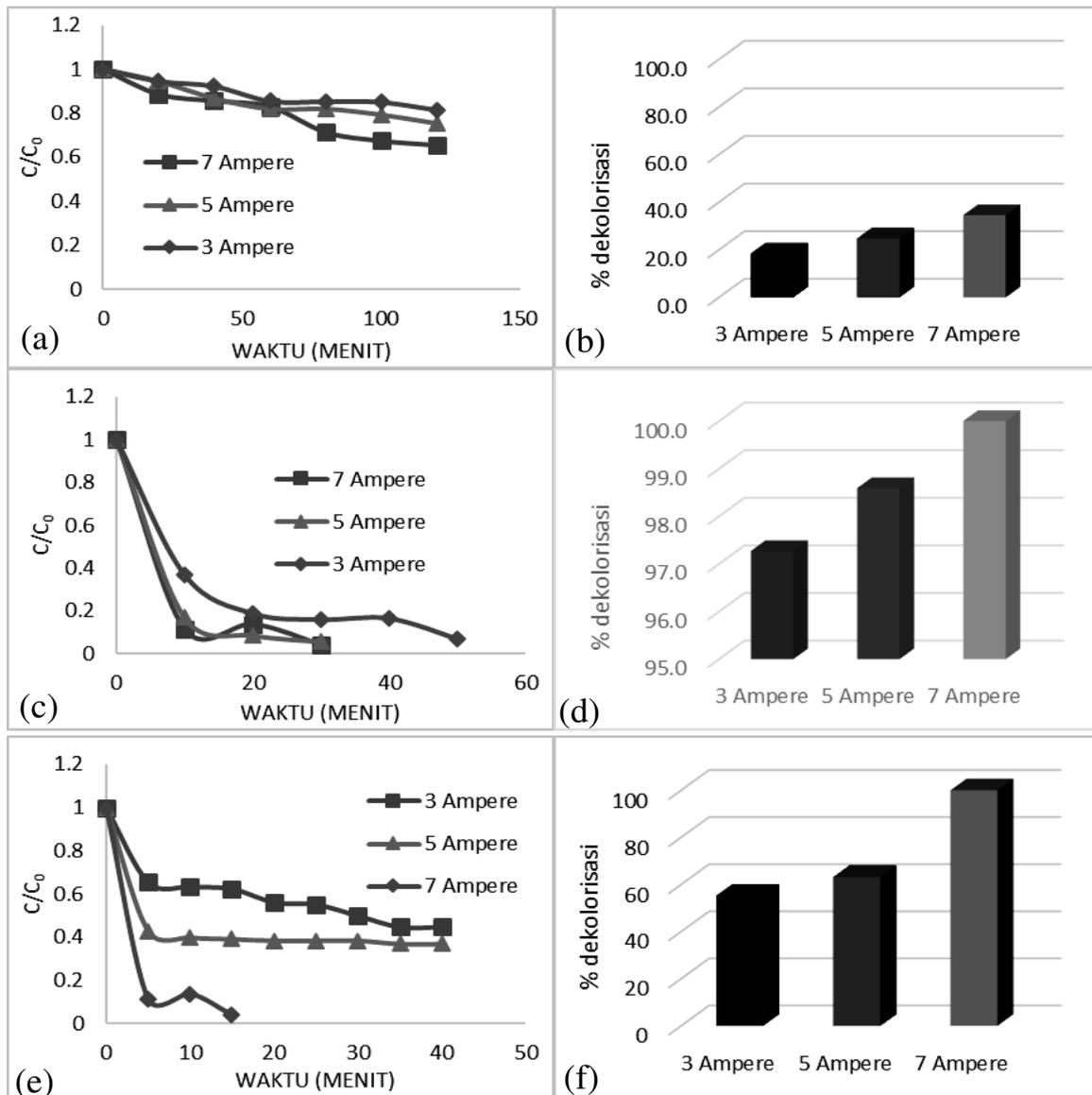


Gambar 1. Kurva regresi dan panjang gelombang maksimum rhodamin B (RhB) (a dan b); Indigosol (c dan d) dan *Naphtol blue black* (e dan f).

Aktivitas dekolorisasi pewarna batik pada variasi arus

Uji aktivitas dekolorisasi pewarna pada variasi arus 3, 5 dan 7 A dilakukan pada jarak antar elektroda adalah 1 cm. Gambar 2 menunjukkan bahwa arus 7 A memberikan aktivitas dekolorisasi yang lebih besar dibandingkan dengan arus lainnya. Pewarna rhodamin B, indigosol dan *naftol blue black* mampu diturunkan konsentrasinya pada arus 7 A berturut-turut 34,50% dalam 120 menit, 100% dalam 30 menit dan 100% dalam 25 menit. Meskipun arus 7 A kurang berpengaruh terhadap aktivitas dekolorisasi rhodamin B,

namun penggunaan arus yang semakin besar memberikan aktivitas dekolorisasi yang semakin besar pula. Hal ini mengindikasikan bahwa arus memiliki peran yang penting dalam penurunan konsentrasi zat pewarna. Sesuai dengan hukum ohm: $I = V/R$, arus yang semakin besar akan menurunkan hambatan, sehingga proses oksidasi logam akan semakin cepat terjadi (Darmawan *et al.* 2006). Pembentukan logam besi dalam keadaan teroksidasi berguna untuk membentuk senyawa besi hidroksida ($Fe(OH)_3$) yang akan membentuk flok dengan zat warna sehingga konsentrasi pewarna dalam larutan berkurang.

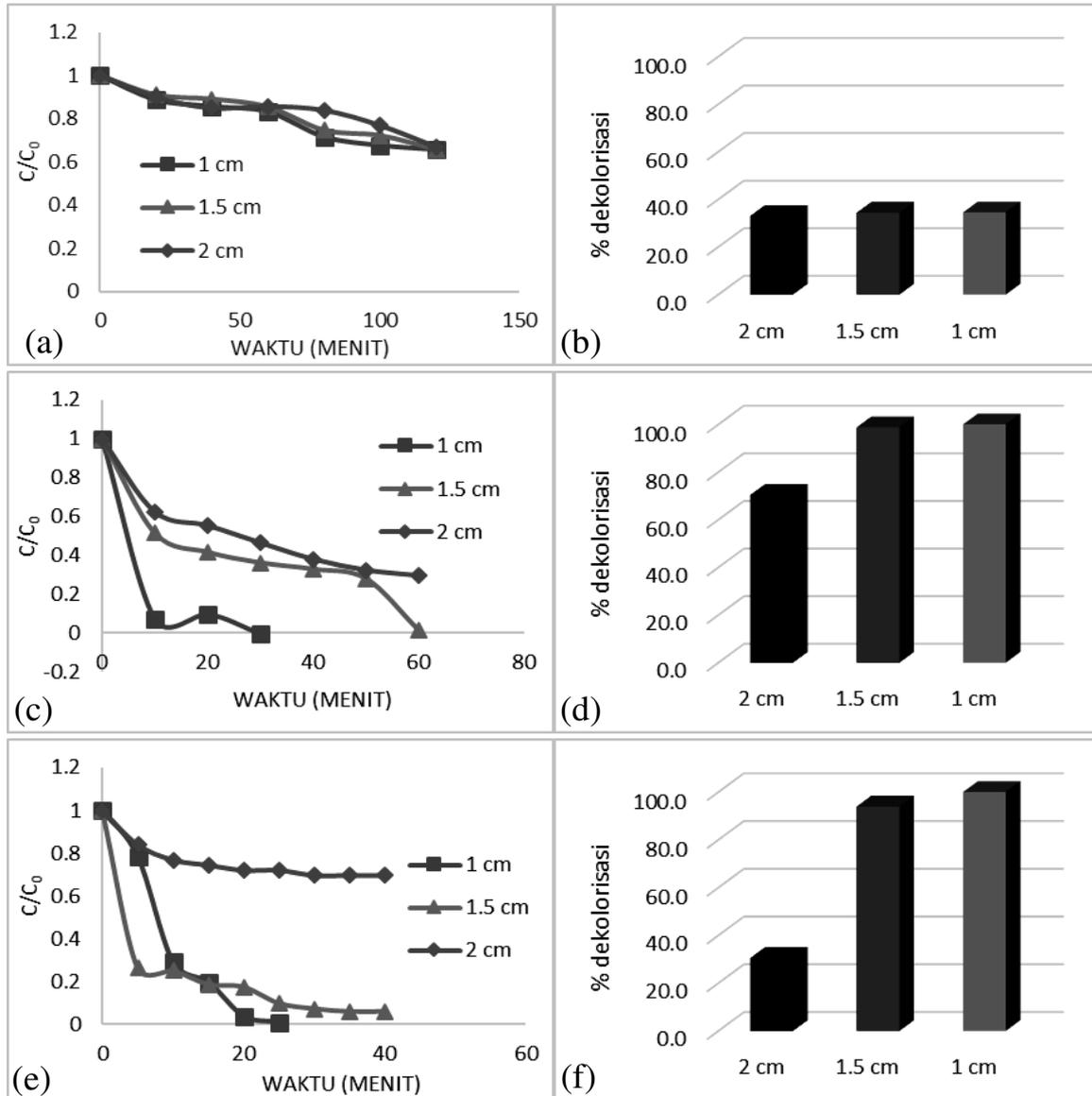


Gambar 2. Aktivitas penurunan dan persen dekolorisasi pewarna rhodamin B (RhB) (a dan b); indigosol (c dan d) dan *naphthol blue black* (e dan f) pada variasi arus

Aktivitas dekolorisasi pewarna batik pada variasi jarak

Uji aktivitas dekolorisasi pewarna pada variasi jarak 1; 1,5 dan 2 cm dilakukan pada arus

optimum yakni 7 A. Gambar 3 menunjukkan bahwa jarak 1 cm memberikan aktivitas dekolorisasi yang tinggi dibandingkan dengan jarak lainnya.



Gambar 3. Aktivitas penurunan dan persen dekolorisasi pewarna rhodamin B (RhB) (a dan b); indigosol (c dan d) dan *naphthol blue black* (e dan f) pada variasi jarak

Hal ini ditunjukkan dengan aktivitas dekolorisasi pewarna rhodamin B sebesar 34,50% dalam 120 menit, indigosol dan *naphthol blue black* masing-masing 100% dalam waktu 30 dan 25 menit. Berdasarkan hal ini bahwa jarak antar elektroda memiliki berperan penting terhadap penurunan konsentrasi pewarna dimana jarak elektroda yang semakin kecil maka aktivitas dekolorisasi akan semakin besar. Hal ini didukung melalui persamaan yang ditunjukkan sebagai berikut:

$$R = \frac{\rho l}{A} \quad (2)$$

dengan (R) adalah hambatan, (ρ) massa jenis zat, (l) jarak elektroda dan (A) adalah luas penampang, dimana jika luas penampang

elektroda dibuat konstan, semakin kecil jarak elektroda maka semakin kecil pula hambatan yang timbul dalam larutan pada sistem elektrolisis tersebut. Sesuai dengan hukum ohm: $I = V/R$ pada potensial atau tegangan konstan, semakin kecil hambatan yang timbul dalam larutan maka arus menjadi semakin besar sehingga mengakibatkan proses oksidasi logam yang terjadi semakin cepat (Darmawan *et al.* 2006). Akibatnya pembentukan flok besi hidroksida semakin cepat.

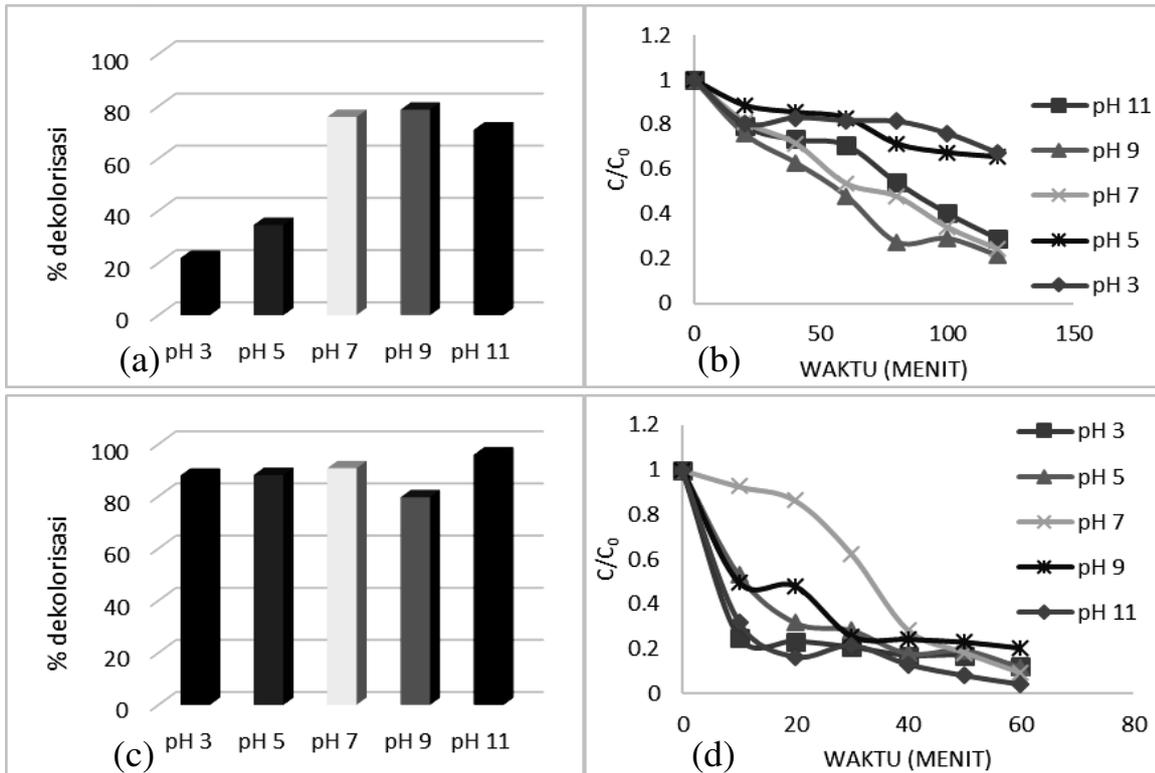
Aktivitas dekolorisasi pewarna batik pada variasi pH

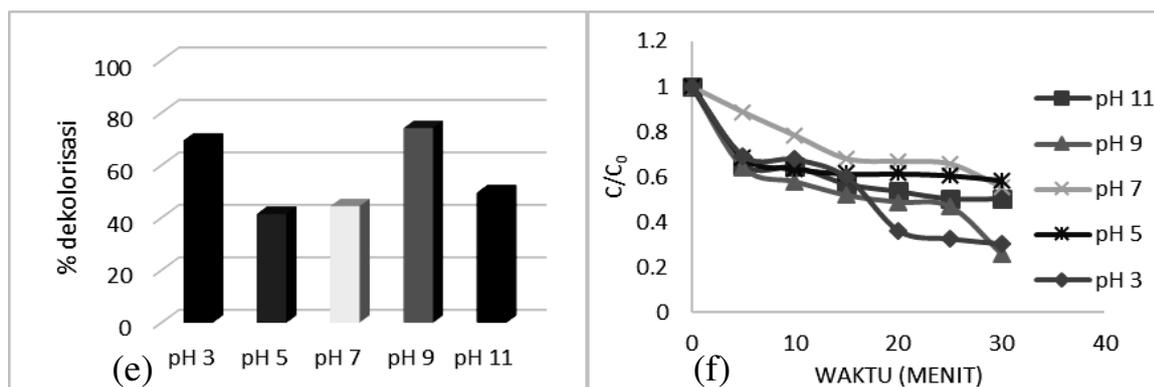
Uji aktivitas dekolorisasi pewarna pada variasi pH 3, 5, 7, 9 dan 11 dilakukan pada jarak

dan arus optimum yakni masing-masing 1 cm dan 7 A. Gambar 4 menunjukkan bahwa pH basa secara umum memberikan aktivitas yang cukup tinggi dibandingkan dengan pada pH lainnya. Hal ini ditunjukkan aktivitas dekolorisasi pewarna rhodamin B, indigosol dan *naphtol blue black* pada pH optimum berturut turut pada pH 9 sebesar 78,68%; pH 11 sebesar 95,90 % dan pH 9 sebesar 74,15 %. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kecenderungan ketiga zat warna tersebut mempunyai aktivitas dekolorisasi optimum pada pH basa. Hal ini disebabkan karena zat warna rhodamin B, indigosol dan *naphtol blue black* sendiri bersifat basa, sehingga proses elektrokolorisasi untuk menurunkan kadar zat warna tersebut lebih efektif pada kondisi basa (Utami & Budi 2010). Menurut Darmawan *et al* (2006), pada kondisi pH basa dengan adanya ion-ion hidroksida (OH⁻) dalam larutan akan bereaksi dengan Fe³⁺ yang dihasilkan oleh anoda membentuk endapan Fe(OH)₃. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Pembentukan endapan Fe(OH)₃ yang semakin tinggi akan meningkatkan aktivitas dekolorisasi pewarna batik menjadi meningkat. Hal ini dikarenakan endapan Fe(OH)₃ bertindak sebagai koagulan dan flokulan dalam dekolorisasi zat warna batik sehingga endapan Fe(OH)₃ yang terbentuk dalam jumlah banyak pada pH basa akan banyak menangkap pewarna yang akhirnya akan mampu memisahkan pewarna dalam larutan. Namun, berdasarkan hasil penelitian bahwa pada pH asam menunjukkan aktivitas dekolorisasi yang cukup tinggi pula. Hal ini dapat dijelaskan bahwa pada suasana asam ion-ion hidrogen lebih banyak dan mudah terserap pada endapan besi hidroksida, sehingga mengakibatkan besi hidroksida semakin bermuatan positif, akibatnya partikel-partikel bermuatan negatif seperti halnya rhodamin B, indigosol, dan *naphtol* akan mudah terkopresipitasi pada suasana asam (Darmawan *et al.* 2006).





Gambar 4. Aktivitas penuruann dan persen dekolorisasi pewarna Rhodamin B (RhB) (a dan b); Indigosol (c dan d) dan *Naphtol blue black* (e dan f) pada variasi pH

SIMPULAN

Pewarna batik terbukti dapat diturunkan konsentrasinya menggunakan metode elektrokolorisasi menggunakan batang karbon baterai bekas sebagai katoda. Berdasarkan penelitian yang dilakukan menunjukkan keadaan optimum aktivitas dekolorisasi pewarna rhodamin B (RhB), indigosol dan *naphtol blue black* berturut turut jarak 1 cm, arus 7 A dan pH 9 sebesar 78,68%; jarak 1 cm, arus 7 A dan pH 11 sebesar 95,90 %; serta jarak 1 cm, arus 7 A dan pH 9 sebesar 74,15 %.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada pendanaan riset Program Kreativitas Mahasiswa Penelitian (PKM-P) tahun 2014 oleh DIKTI, kepada Suyata, M.Si selaku pembimbing, Umi Salamah dan Ende Hopsah Badriyah atas masukan, saran dan ide.

DAFTAR PUSTAKA

- Darmawan A, Suhartana & Kristinawati L. 2006. Koagulasi Pewarna Indigo Karmina (*Disodium-3,3'-dioxo-2,2'-bi-indolylidene-5,5'disulfonat*) dengan Metode Elektrolisis Menggunakan Anoda Seng. *JSKA* 9(1).
- Ibanez GJ. 1998. Electrochemical Remediation of The Enviroment Fundamentals and Microscale Laboratory Experiment. *Chem Edu* 75(8):1040-1041.
- Kasam, Yulianto A, & Rahmayanti AE. 2009. Penurunan COD dan Warna Pada Limbah Industri Batik dengan Menggunakan Aerobic Roughing Filter Aliran Horizontal. *Logika* 6(1):27-31.
- Kurniawan D. 2008. *Regresi Linier (Linear Regression)*. Austria: R. Development Core Team.
- Laksono A. 2012. *Pengolahan Biologis Limbah Batik dengan Media Biofilter*. Skripsi. Universitas Indonesia, Depok.
- Mathur N, Bhatnagar P, & Bakre P. 2005. Assessing Mutagenicity of Textile Dyes From Pali (Rajasthan) Using Ames Bioassay. *Appl Ecol Environ Res* 4(1):111-118.
- Purwaningsih. 2008. *Pengolahan Limbah Cair Industri Batik CV Batik Indah Raradjonggrang Yogyakarta dengan Metode Elektrokoagulasi Ditinjau dari Parameter Chemical Oxygen Demand (COD) dan Warna*. Skripsi. UII. Yogyakarta.
- Suyata & Kurniasih M. 2012. Degradasi Zat Warna Kongo Merah Limbah Cair Industri Tekstil Di Kabupaten Pekalongan Menggunakan Metode Elektrokolorisasi. *Jurnal Molekul* 7(1):53-60.
- Utami W & Budi U. 2010. *Analisis Kajian Implementasi Pendekatan Sains, Teknologi dan Masyarakat (STM) pada Bahan Ajar Redoks dan Elektrokimia*. FKIP. Universitas Sebelas Maret.
- Wardhana WA. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Widodo DS, Gunawan, & Kristanto WA. 2012. *Elektroremediasi Perairan Tercemar: Penggunaan Grafit Pada Elektrokolorisasi Larutan Remazol Black B*. Laporan Penelitian. Semarang: FMIPA Universitas Diponegoro.
- Wilhelm P & Stephan D. 2007. Photodegradation of Rhodamine B in Aqueous Solution Via SiO-TiO₂ Nano-Spheres. *J Photochem Photobiol: Chem* 185:19-25.