

## Elektroremediasi Perairan Tercemar: Penggunaan Grafit pada Elektrokolorisasi Larutan Remazol Black B

Didik Setiyo Widodo <sup>a\*</sup>, Gunawan <sup>a</sup>, Wahyu Adi Kristanto <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Analytical Chemistry Laboratory, Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang 50275

\* Corresponding author: [widodo.ds@live.undip.ac.id](mailto:widodo.ds@live.undip.ac.id)

### Article Info

#### Keywords:

Electrodecolorization, electrolysis, black B remazol, graphite electrode, UV-Visible spectrometry

#### Kata kunci:

elektrokolorisasi, elektrolisis, remazol black B, elektroda grafit, spektrometri UV-Visibel

### Abstract

Decolorization of dye solution -Remazol black B- has been done by electrolysis method (electrodecolorization) using graphite anode. Remazol black B is a reactive dye that is widely used in textile and batik industries. In the production process, these dyes can be wasted into the environment and contaminate the waters, so efforts are needed to improve the aquatic environment. The electrochemical approach is an alternative method for solving dye-contaminated environmental problems such as Remazol black B. In this method, electrode material is an important factor in the success of the process. The choice of graphite as an electrode is done by considering the properties of this material in the electrolysis system, conductive, stable (inert) and easily obtained. This study aims to decolorize Remazol Black B dye by electrolysis approach using graphite electrode. This method was performed by electrolyzing a 50 mL remazol solution of B as much as 6.5 V for 120 min. After the electrolysis of the sample solution was analyzed by UV-Visible spectrometer. To obtain preliminary data, electrolysis was conducted to sample solution with variation of application potential and electrolysis time variation up to 120 min. At that time variation, a flowing current recording is performed and the dye-density reduction test with UV-Visible Spectrometer. As a comparison and to obtain the working area there is also electrolysis of the solvent system (aquades containing excess  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ). The research data shows that electrolysis with the use of graphite as anode on electrodecolorization of Remazol Black B solution has succeeded in removing color with intensity parameter up to 97.09%. This decrease in intensity indicates that the decolorization of the Remazol Black B dye solution has taken place. Electrodecolorization is caused by the process of oxidative destruction (electrodestruction) Remazol Black B into more simple molecules. Electroconducted products are expected to be more environmentally friendly than contaminants prior to electrodecolorization, as indicated by the UV-Vis spectra of the solution after electrolysis.

### Abstrak

Telah dilakukan penelitian dekolorisasi larutan zat warna -Remazol black B- dengan metode elektrolisis (elektrokolorisasi) menggunakan anoda grafit. Remazol black B merupakan zat warna reaktif yang banyak digunakan pada industri tekstil dan batik. Pada proses produksi, zat warna ini dapat terbuang ke lingkungan dan mencemari perairan, sehingga diperlukan upaya untuk memperbaiki lingkungan perairan. Pendekatan elektrokimia merupakan metode alternatif bagi upaya pemecahan masalah lingkungan yang tercemar zat warna seperti Remazol black B. Pada metode ini, bahan elektrode merupakan faktor penting pada keberhasilan proses. Pemilihan grafit sebagai elektrode dilakukan dengan mempertimbangkan sifat bahan ini dalam sistem elektrolisis, konduktif, stabil (inert) dan mudah diperoleh. Penelitian ini bertujuan untuk

mendekolorisasi zat warna Remazol Black B dengan pendekatan elektrolisis menggunakan elektrode grafit. Metode ini dilakukan dengan mengelektrolisis larutan remazol black B sebanyak 50 mL dengan potensial 6,5 V selama 120 menit. Setelah elektrolisis larutan sampel dianalisis dengan spektrometer UV-Visibel. Untuk memperoleh data awal, elektrolisis dilakukan terhadap larutan sampel dengan variasi potensial aplikasi dan variasi waktu elektrolisis hingga 120 menit. Pada variasi waktu tersebut, dilakukan pencatatan arus yang mengalir dan pengujian tingkat pengurangan kepekatan zat warna dengan Spektrometer UV-Visibel. Sebagai pembandingan dan untuk memperoleh daerah kerja dilakukan juga elektrolisis terhadap sistem pelarut (akuades yang mengandung  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  berlebih). Data penelitian menunjukkan bahwa elektrolisis dengan penggunaan grafit sebagai anoda pada elektrokolorisasi larutan Remazol Black B telah berhasil menghilangkan warna dengan parameter intensitas hingga 97,09%. Penurunan intensitas ini menunjukkan bahwa dekolorisasi larutan zat warna Remazol Black B telah berlangsung. Elektrokolorisasi ini disebabkan oleh proses destruksi oksidatif (elektrodestruksi) Remazol Black B menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana. Produk elektrodestruksi diharapkan lebih ramah terhadap lingkungan dibandingkan bahan pencemar sebelum elektrokolorisasi, sebagaimana diindikasikan dari spektra UV-Vis larutan setelah elektrolisis.

## 1. Pendahuluan

Limbah cair produksi batik mengandung zat warna yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan jika dibuang tanpa pengolahan sebelumnya, sementara lingkungan mempunyai kemampuan terbatas untuk mendegradasi zat warna tersebut. Akibat langsung adalah air menjadi tercemar (berwarna) dengan kualitas air menjadi semakin buruk dan tidak layak sebagai air bersih sehingga tidak mampu mendukung sistem kehidupan perairan.

Zat warna merupakan senyawa organik yang mengandung gugus kromofor terkonjugasi. Zat warna golongan reaktif merupakan zat warna yang banyak digunakan untuk pewarnaan tekstil. Beberapa zat warna reaktif yang sering digunakan antara lain *Remazol Brilliant Orange 3R*, *Remazol Golden Yellow RNL* dan *Remazol Black B* [1]. Zat warna reaktif sangat larut dalam air dan tidak terdegradasi pada kondisi aerob biasa [2]. Dampak yang dapat ditimbulkan pada kesehatan antara lain adalah iritasi pada kulit dan sakit perut.

Metode pengolahan limbah cair baik secara biologi, kimia, fisika, maupun kombinasi antara ketiga proses tersebut banyak digunakan untuk mengolah limbah serupa. Beberapa penelitian penghilangan warna dan senyawa organik yang ada dalam limbah cair industri batik telah banyak dilakukan, misalnya dengan cara kimia antara lain degradasi warna dengan reaksi oksidasi, reaksi anaerob dan reaksi fotokatalisis [3]. Secara fisika dengan adsorpsi menggunakan karbon aktif, silika, dan biomaterial [4]. Pengolahan limbah cair dengan proses biologi misalnya dengan menggunakan mikroorganisme juga banyak diterapkan untuk menurunkan kandungan senyawa organik di dalam limbah cair industri [5].

Metode-metode baru penanganan kasus serupa terus diteliti dan dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses remediasi lingkungan perairan. Di antara pendekatan alternatif adalah dengan metode elektrolisis (proses elektrokolorisasi),

sebagaimana telah dilaporkan oleh [6][7-11]. Beberapa yang telah dilaporkan menunjukkan bahwa pendekatan ini memiliki potensi baik dalam upaya penanganan limbah cair yang mengandung zat warna, baik dari parameter penurunan kandungan bahan pencemar maupun parameter fisik perairan. Keunggulan tersebut masih dapat ditingkatkan, misalnya dari segi penggunaan bahan-bahan (reagen) atau pemilihan material elektrode.

Pemilihan bahan elektrode dilakukan untuk mendukung proses yang diinginkan dengan meningkatkan kinerja dalam fungsi elektrode sebagai tempat proses oksidasi atau reduksi berlangsung. Ketidakterediaan suatu kutub positif (anode) ideal dengan stabilitas dan aktivitas sempurna merupakan suatu masalah yang kritis dalam suatu proses elektrokolorisasi air limbah yang mengandung zat organik. Penggunaan grafit sebagai anode diharapkan dapat menjadi alternatif dan menjawab masalah di atas. Bahan ini memiliki kekuatan dan ketahanan fisik yang baik pada kondisi elektrolisis biasa (potensial tidak terlalu tinggi), tidak mengalami pasivasi, dan dapat digunakan dalam waktu yang lama pada densitas arus tinggi. Penelitian-penelitian berikutnya memanfaatkan bahan ini untuk berbagai keperluan, seperti sebagai elektrode dalam oksidasi ion  $\text{CN}^-$ , oksidasi asam sulfat, oksidasi EDTA dan oksidasi limbah organik. Fakta tersebut menunjukkan bahwa grafit (karbon) dapat digunakan sebagai elektrode yang cukup baik untuk berbagai proses dan kondisi elektrolisis, dan penggunaan untuk elektrolisis larutan zat warna dicobakan untuk elektrolisis larutan artifisial di laboratorium.

## 2. Metode Penelitian

### Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan untuk mendukung proses elektrolisis larutan *Remazol Black B* meliputi labu takar 25 mL dan 50 mL, gelas ukur 10 mL, batang pengaduk, erlenmeyer 250 mL, gelas beker 100 mL, timbangan elektrik (merk KERN), elektroanaliser, multimeter,

Spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu). Sel elektrolisis terdiri atas wadah gelas, elektroda karbon yang dihubungkan dengan sumber pada alat elektroanaliser.

Bahan-bahan yang diperlukan meliputi  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  serbuk, batang karbon dari baterai, zat warna *remazol black B*, dan akuades.

**Prosedur kerja**

*Penentuan rentang potensial kerja dan potensial aplikasi.* Larutan sampel sebanyak 50 mL ditambah  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  sebanyak 0,71 gram kemudian larutan dielektrolisis dengan memvariasi potensial aplikasi (1-15 volt). Arus yang mengalir dicatat tiap proses elektrolisis 3 menit. Perlakuan yang sama dilakukan terhadap larutan blanko, kemudian data yang didapat dibuat kurva arus terhadap potensial.

*Penentuan waktu elektrolisis minimum.* Larutan sampel sebanyak 50 mL ditambah  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  sebanyak 0,71 gram kemudian larutan dielektrolisis dengan variasi waktu. Setiap 10 menit, absorbansi larutan sampel diukur pada panjang gelombang maksimum (595 nm). Elektrolisis dihentikan ketika absorbansi sampel mendekati/sama dengan nol atau nilai absorbansi diperoleh tetap.

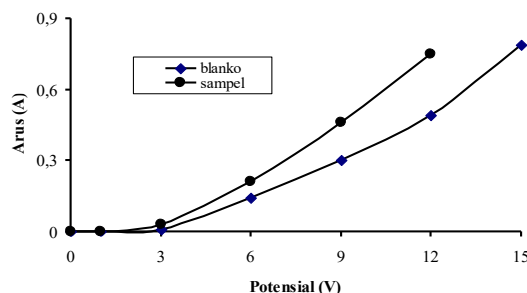
*Elektrodekolorisasi sampel.* Sampel zat warna *Remazol Black B* sebanyak 50 mL ditambah 0,71 gram  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  kemudian absorbansi larutan diukur dengan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum, kemudian larutan dielektrolisis pada potensial tetap selama 120 menit. Absorbansi larutan hasil elektrolisis diukur kembali dengan Spektrofotometer UV-Vis.

*Metode analisis.* Analisis kualitatif meliputi pengamatan warna larutan sampel sebelum elektrolisis dan sesudah elektrolisis, dan pengukuran absorbansi dengan Spektro-fotometer UV-Vis. Analisis kuantitatif dilakukan dengan mengolah data pengukuran absorbansi pada panjang gelombang maksimum dengan spektrofotometer UV-Vis sebelum dan sesudah elektrolisis.

**3. Hasil dan Pembahasan**

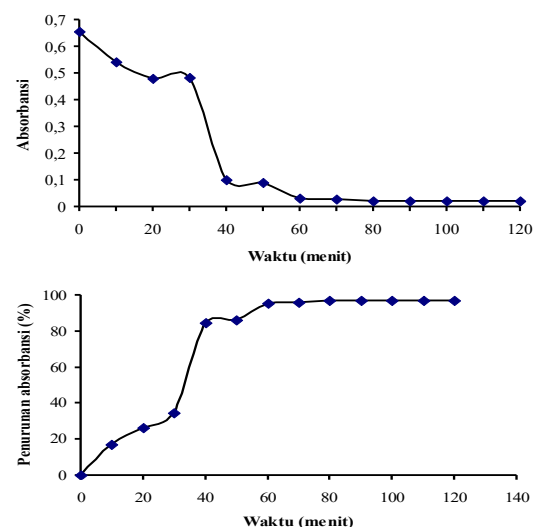
Upaya pemulihan lingkungan perairan tercemar pewarna tekstil (industri tekstil dan batik) diarahkan pada dekolorisasi zat warna *Remazol black B* dengan pendekatan elektrolisis. Pada kajian awal media elektrolisis adalah akuades. Kajian ini dimulai dengan menentukan potensial kerja yang digunakan untuk aplikasi elektrolisis pada larutan sampel selama waktu tertentu. Data penentuan potensial kerja ini ditampilkan pada gambar 1 berikut. Kurva tersebut memberikan informasi tentang ranah elektroaktif sistem pelarut berair pada pH tertentu. Sistem ini terdiri atas akuades dan elektrolit pendukung,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Rentang potensial ini menggambarkan tingkat energi yang setara dengan energi yang diperlukan untuk berlangsungnya proses transfer elektron. Besar dan lebar rentang potensial ini bersifat khusus untuk setiap pelarut dan dalam

penerapannya bergantung pula pada komposisi sistem elektrolit pendukung dan sifat alami elektroda kerja karbon. Sistem elektrolisis dengan elektroda karbon-karbon diperoleh rentang potensial 0-7,10 volt (sebagaimana diindikasikan oleh posisi titik belok kurva pada gambar 1, kurva blanko). Rentang potensial ini memberikan batas terbesar pemberian potensial pada tahap elektrolisis selanjutnya. Potensial aplikasi sebagai potensial kerja minimal diperoleh sebesar 4,24 volt dan selanjutnya potensial aplikasi untuk elektroda karbon-karbon ditetapkan sebesar 6,5 volt.



**Gambar 1.** Kurva hubungan antara arus dan potensial pada elektrolisis larutan sampel dan blanko

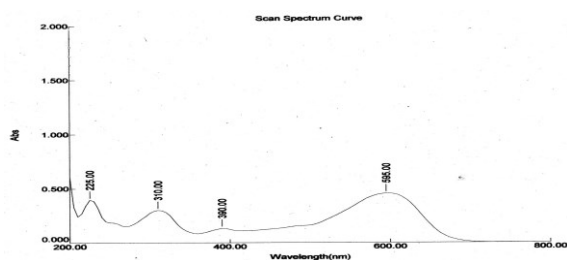
Elektrolisis sampel *remazol black B* pada potensial terkontrol 6,5 V dengan variasi waktu diperoleh waktu minimal proses ini adalah 60 menit. Peyimpulan ini didasarkan pada data pengukuran sebagaimana disajikan pada gambar 2.



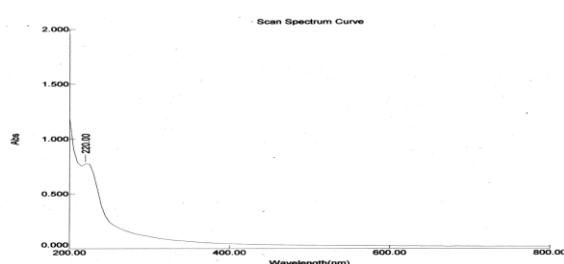
**Gambar 2.** Kurva hubungan antara waktu dan penurunan absorbansi larutan setelah elektrolisis sampel 50 mL *Remazol black B* 50 ppm dengan elektroda karbon-karbon pada potensial 6,5 volt: a) dalam satuan absorbansi b) dalam persen

Dari kurva tersebut didapat informasi bahwa penggunaan karbon sebagai anoda memerlukan waktu minimal 60 menit untuk dekolorisasi 50 mL larutan sampel 50 ppm sampai tingkat 95,11 %. Gambar 2 menunjukkan bahwa pada akhir elektrolisis selama 120 menit, persentase penurunan absorbansi sebesar 97,09 % telah dicapai. Penurunan absorbansi pada penggunaan karbon sebagai anoda menyebabkan kandungan sistem

benzena pada sampel terkurangi secara signifikan (terdegradasi), gugus-gugus pengkontribusi warna zat juga telah hilang, sebagaimana diindikasikan pada perbandingan spektra UV-Vis pada gambar 3 dan 4 berikut.



Gambar 3. Spektra UV-Vis sampel *remazol black B* sebelum dielektrolisis



Gambar 4. Spektra UV-Vis sampel *remazol black B* sesudah dielektrolisis selama 120 menit dengan elektroda karbon-karbon

Hasil elektrodekolorisasi diperkirakan adalah molekul-molekul yang lebih sederhana sehingga lebih aman berada di lingkungan perairan daripada keberadaan zat warna. Induksi di atas didasarkan pada spektra gambar 4 dibandingkan dengan spektra pada gambar 3, sebelumnya. Pada gambar 4 tidak tampak/muncul lagi adanya puncak gugus penyerap radiasi pada seluruh panjang gelombang UV hingga *visible*. Spektra ini mengarahkan pada kondisi elektrolisis sempurna sehingga diperkirakan reaksi oksidasi yang juga telah berlangsung sempurna. Kajian teoritis bahwa proses oksidasi sempurna senyawa organik akan menyisakan  $H_2O$  dan  $CO_2$ , dan molekul-molekul sederhana lain yang bergantung pada kandungan substrat organik tersebut. Untuk prasaran ini masih memerlukan kajian pembuktian dan analisis lanjutan terhadap larutan setelah dielektrolisis.

#### 4. Kesimpulan

Larutan zat warna *remazol black B* dapat didekolorisasi dengan baik dengan metode elektrolisis menggunakan elektroda karbon. Pada temperatur kamar, elektrodekolorisasi 50 mL sampel *remazol black B* 50 ppm dengan anoda dan katoda karbon menghasilkan persen dekolorisasi sebesar 97,09%.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] M. Catanho, G.R.P. Malpass, A.d.J. Motheo, Avaliação dos tratamentos eletroquímico e fotoeletroquímico na degradação de corantes têxteis, *Química Nova*, 29 (2006) 983-989.
- [2] M.I. Beydilli, S.G. Pavlostathis, W.C. Tincher, Biological decolorization of the azo dye reactive red 2 under various oxidation-reduction conditions, *Water Environment Research*, 72 (2000) 698-705.
- [3] M. Rashed, A. El-Amin, Photocatalytic degradation of methyl orange in aqueous  $TiO_2$  under different solar irradiation sources, *International Journal of Physical Sciences*, 2 (2007) 73-81.
- [4] S. Mondal, Methods of Dye Removal from Dye House Effluent—An Overview, *Environmental Engineering Science*, 25 (2008) 383-396.
- [5] M.A. Mazmanci, A. Ünyayar, Decolourisation of Reactive Black 5 by *Funalia trogii* immobilised on *Luffa cylindrica* sponge, *Process Biochemistry*, 40 (2005) 337-342.
- [6] L. Szpyrkowicz, C. Juzzolino, S.N. Kaul, A Comparative study on oxidation of disperse dyes by electrochemical process, ozone, hypochlorite and fenton reagent, *Water Research*, 35 (2001) 2129-2136.
- [7] A. Roessler, O. Dossenbach, U. Meyer, W. Marte, P. Rys, Direct Electrochemical Reduction of Indigo, *CHIMIA International Journal for Chemistry*, 55 (2001) 879-882.
- [8] P.A. Carneiro, C.S. Fugivara, R.F.P. Nogueira, N. Boralle, M.V.B. Zanon, A Comparative Study on Chemical and Electrochemical Degradation of Reactive Blue 4 Dye, *Portugaliae Electrochimica Acta*, 21 (2003) 49-67.
- [9] M. Esteves, J.D. Silva, Electrochemical degradation of reactive blue 19 dye in textile wastewater, (2004).
- [10] C.A. Martinez-Huitle, S. Ferro, Electrochemical oxidation of organic pollutants for the wastewater treatment: direct and indirect processes, *Chemical Society Reviews*, 35 (2006) 1324-1340.
- [11] V.K. Gupta, R. Jain, S. Varshney, Electrochemical removal of the hazardous dye Reactofix Red 3 BFN from industrial effluents, *Journal of Colloid and Interface Science*, 312 (2007) 292-296.