



ELEKTRODEGRADASI *INDIGOSOL GOLDEN YELLOW IRK* DALAM LIMBAH BATIK DENGAN ELEKTRODA GRAFIT

Sigit Nugroho*), Agung Tri Prasetya dan Sri Wahyuni

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Oktober 2013
Disetujui Oktober 2013
Dipublikasikan November 2013

Kata kunci:
elektrolisis
elektroda
indigosol golden yellow IRK

Abstrak

Pencemaran lingkungan oleh zat warna sisa pembuatan batik semakin meningkat, sehingga perlu dikembangkan metode pengolahan limbah yang mampu mengatasi pencemaran. Penelitian ini bertujuan untuk mencari kondisi optimum yang meliputi pH larutan, kuat arus dan konsentrasi elektrolit. Kajian ini dilakukan dengan mengelektrolisis *indigosol golden yellow IRK* sebanyak 100 mL konsentrasi 100 ppm dengan potensial 6 V selama 30 menit variasi pH 2, 4, 6, variasi kuat arus 0,5; 1; 5 ampere dan konsentrasi elektrolit 0,5; 1; 2 M. Larutan sisa elektrolisis diekstraksi dengan dietil eter, filtrat dianalisis dengan menggunakan GC-MS. Data pengamatan menunjukkan bahwa kondisi optimum pH, kuat arus dan konsentrasi elektrolit adalah pada pH 4, kuat arus 1 A dan konsentrasi elektrolit 0,5 M dalam aplikasi kondisi optimum ke limbah batik mampu menurunkan konsentrasi semula 917,5 ppm menjadi 86 ppm atau turun 90%. Data GC-MS zat warna terdegradasi menjadi senyawa karbon rantai pendek. Perlu adanya penelitian tentang jarak elektroda dan waktu dalam proses elektrolisis.

Abstract

Environmental pollution by residual dye batik making is increasing, so that waste treatment methods need to be developed that can cope with pollution. This study aims to find the optimum conditions including pH, Strong Flow and electrolyte concentration. The study was conducted by electrolyzing *indigosol IRK golden yellow* of 100 mL with a concentration of 100 ppm with a potential 6 V for 30 min pH variation 2, 4, 6, strong variations in flow 0.5, 1, 5 amperes and electrolyte concentrations 0.5, 1, 2 M. Electrolysis remaining solution was extracted with diethyl ether, the filtrate was analyzed using GC-MS. Observational data shows that the optimum pH conditions, strong currents and electrolyte concentration at pH 4, a strong current of 1 A and 0.5 M electrolyte concentration in the optimum conditions for the application of waste batik can lower initial concentration 917.5 ppm to 86 ppm or down 90%. GC-MS Data dye degraded to short-chain carbon compounds. There needs to be research on electrode distance and time in the process of electrolysis.

Pendahuluan

Seiring perkembangan zaman proses industri menjadi sangat maju. Penggunaan teknologi yang canggih serta bahan-bahan sintesis pada pabrik maupun *home industry* telah menggantikan alat-alat tradisional dan bahan baku alami. Proses produksi batik banyak menggunakan zat-zat kimia yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Pada 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.

Zat warna merupakan senyawa organik yang mengandung gugus kromofor terkonjugasi. Zat warna reaktif merupakan zat warna yang banyak digunakan untuk pewarnaan tekstil, contohnya *remazol brilliant orange 3R*, *remazol golden yellow*, *remazol red*, dan *remazol black B*. Zat warna tersebut sering digunakan untuk proses pewarnaan batik baik dalam skala industri besar maupun *home industry*.

Pewarna jenis *indigosol* sering digunakan karena menghasilkan warna yang cerah dan tidak mudah memudar, namun air bekas cucian-nya dapat mengakibatkan gangguan terhadap lingkungan. Limbah batik yang mengandung senyawa *indigosol* sangat berbahaya karena dapat menyebabkan beberapa dampak bagi kesehatan. Zat warna ini dapat mengakibatkan penyakit kulit dan yang sangat membahayakan dapat mengakibatkan kanker kulit.

Pengolahan limbah dapat dilakukan secara kimia, fisika, maupun biologi. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengolah limbah batik. Secara kimia terdapat beberapa metode pengolahan limbah cair diantaranya reaksi fotokatalitik adsorpsi, koagulasi. Cara ini memiliki kelemahan yang mendasar yaitu menghasilkan limbah lain berupa *sludge* sehingga perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah tersebut. Secara fisika terdapat pengolahan dengan metode sedimentasi namun metode ini kurang cocok karena hanya mengendapkan limbah dan butuh pengolahan lebih lanjut terhadap limbah yang terendapkan. Pengolahan limbah secara biologi juga sudah sering dilakukan dengan memanfaatkan organisme tertentu namun hasilnya kurang efektif karena metode ini membutuhkan waktu yang cukup lama dalam penghilangan zat warna.

Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dilakukan proses pengolahan limbah cair dari industri batik dengan metode yang tidak menghasilkan limbah lain, sehingga metode elektrodegradasi dipilih untuk pengolahan limbah. Elektrodegradasi memiliki keunggulan dibandingkan dengan metode yang lainnya karena selain tidak menghasilkan limbah sampingan berupa *sludge*, juga tidak diperlukan penambahan bahan kimia yang mahal dan prosesnya berlangsung lebih cepat.

Beberapa penelitian-penelitian elektrodegradasi telah banyak dilakukan. Panizza, *et al.* (2006) membandingkan penggunaan dua anoda *boron-doped diamond* dan TiRuO_2 dan sebagai katoda keduanya menggunakan *stainless steel*. Rajkumar & Kim (2006) menggunakan elektroda titanium untuk katoda dan *stainless steel* sebagai anoda.

Menurut Lorimer, *et al.* (2000) efek elektrolisis dapat dipengaruhi oleh pH, konsentrasi elektrolit dan kuat arus. Penelitian ini akan mempelajari hubungan ketiganya dalam proses elektrolisis limbah cair batik, karena ketiganya berpengaruh pada peningkatan produksi klor (Cl_2), asam hipoklorit (HOCl) dan ion hipoklorit (OCl^-) yang merupakan agen pengoksidasi yang kuat dan sering digolongkan ke dalam klor aktif (Deborde & Von Gunten; 2008).

Produksi klor aktif akan mempengaruhi proses degradasi zat warna yang terkandung dalam limbah batik tersebut. Klor aktif merupakan senyawa yang berperan aktif mendegradasi zat warna pada limbah batik. Keberadaan klor aktif ini mempengaruhi cepat atau lambatnya proses degradasi zat warna tersebut.

Permasalahan yang didapat dalam penelitian ini, antara lain berapa pH, kuat arus, konsentrasi elektrolit optimum pada proses elektrodegradasi zat warna *Indigosol Golden Yellow IRK* dalam limbah batik sehingga dapat mendapat hasil penurunan konsentrasi zat warna yang memuaskan setelah proses elektrolisis.

Berdasarkan permasalahan yang ingin diteliti, maka tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah mengetahui berapa pH, kuat arus, konsentrasi elektrolit optimum pada proses elektrodegradasi zat warna *Indigosol Golden Yellow IRK* dalam limbah batik sehingga dapat mendapat hasil penurunan konsentrasi zat warna yang memuaskan setelah proses elektrolisis.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan sampel larutan *indigosol golden yellow IRK* 100 ppm. Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah konsentrasi *Indigosol Golden Yellow IRK* dalam larutan limbah batik setelah proses elektrolisis adalah kuat arus (0,5; 1; 5 ampere), konsentrasi elektrolit NaCl (0,5; 1; 2 M) dan pH larutan 2, 4, 6. Sedangkan untuk variabel terkontrol selama penelitian adalah elektroda yaitu grafit (C), tegangan elektrolisis 6 volt, volume sampel yang dielektrolisis 100 mL, Waktu elektrolisis selama 30 menit.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat gelas, neraca analitik metter toledo, pH meter wakalab, elektroanaliser Montana, spektrofotometer UV-Vis Shimadzu tipe UV mini 1240, kertas saring Whatman, stopwatch, Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS) Shimadzu QP-2010s. Sedangkan bahan yang digunakan adalah batang grafit (C) dari baterai bekas, aquades, pewarna *Indigosol Golden Yellow IRK*, H_2SO_4 , NaOH, natrium tiosulfat, NaCl, dietil eter dengan *grade pro analysis* buatan Merck.

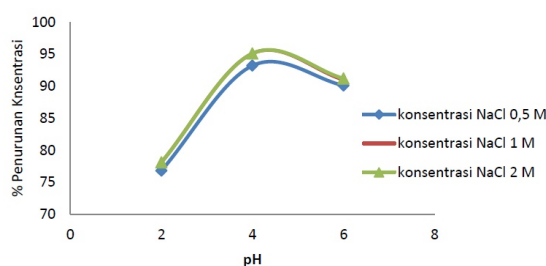
Penelitian dilakukan dengan beberapa langkah yang meliputi persiapan bahan, menentukan λ maksimum dari zat warna *Indigosol Golden Yellow IRK*, menentukan pH larutan optimum, kuat arus optimum dan penambahan konsentrasi elektrolit maksimum pada proses elektrolisis untuk diaplikasikan pada limbah batik. Prosedur penentuan kondisi pH larutan, kuat arus optimum dan konsentrasi elektrolit optimum dilakukan pada larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* 100 ppm sebanyak 100 mL ditambah 2,925 gram NaCl (0,5 M) dikondisikan pH 2 dengan penambahan H_2SO_4 , absorbansi larutan diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimal. Kemudian larutan dielektrolisis dengan kuat arus 3 ampere dan tegangan 6 volt selama 30 menit. Absorbansi larutan hasil elektrolisis diukur kembali dengan spektrofotometer UV-Vis. Perlakuan tersebut diulang untuk variasi pH 4 dan 6, konsentrasi elektrolit 1 dan 2 M dan variasi kuat arus 1 dan 5A.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan di laboratorium kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang yang meliputi persiapan sampel, preparasi sampel, analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan analisis kandungan zat warna

Indigosol Golden Yellow IRK baik sebelum maupun sesudah proses elektrolisis. Larutan induk standar zat warna *Indigosol Golden Yellow IRK* 1000 ppm digunakan untuk membuat larutan dengan konsentrasi yang lebih rendah pada saat mencari panjang gelombang maksimum zat warna *Indigosol Golden Yellow IRK*. Setelah mempersiapkan sampel dan preparasi sampel langkah selanjutnya dalam tahap ini adalah mencari λ maksimum, untuk mengetahui λ maksimumnya dengan cara mengukur sampel zat warna pada kisaran 400 - 1100 nm. Sampel zat warna *Indigosol Golden Yellow IRK* 100 ppm yang dibuat dari pengenceran larutan standar 1000 ppm. Pada pengukuran panjang gelombang maksimal ini dilakukan pada variasi pH yaitu pada pH 2, 4 dan 6. Hal ini dilakukan karena pH yang semakin asam menyebabkan perubahan-perubahan struktur (Bassed, dkk.; 1991) sehingga dapat berpengaruh pada panjang gelombang maksimal suatu zat warna. Berdasarkan data yang rekam oleh alat spektrofotometer pada pH 6 terlihat puncak (*peak* yang jelas) pada panjang gelombang 463 nm, untuk pH 4 dan 6 sedangkan pada pH 2 panjang gelombang bergeser ke 420 nm.

Pencarian pH larutan optimum dalam penelitian ini dilakukan setelah mengetahui λ maksimumnya, dengan tujuan untuk mengetahui pH larutan yang paling optimum dalam proses elektrolisis untuk mendegradasi zat warna *Indigosol Golden Yellow IRK*. Waktu variasi perendaman adalah 2, 4, 6. Hubungan pH dan penurunan konsentrasi zat warna dapat dilihat dari Gambar 1.



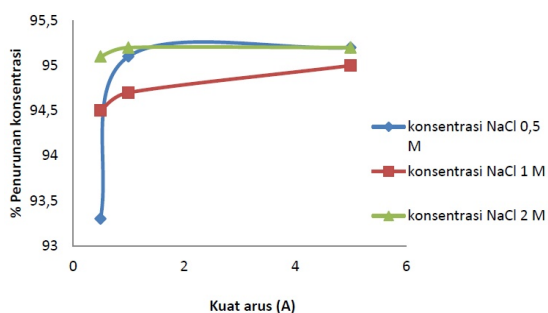
Gambar 1. Hubungan pH dengan % penurunan konsentrasi zat warna pada kuat arus 0,5 A

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa berdasarkan variasi pH larutan (2, 4 dan 6) pada degradasi *Indigosol Golden Yellow IRK* dengan beberapa konsentrasi elektrolit NaCl didapatkan hasil yang menunjukkan degradasi yang lebih baik pada variasi pH 4. Dalam variasi ini didapatkan hasil pH optimum pada yaitu pH 4 dengan presentase penurunan berkisar antara

90-95 % pada beberapa konsentrasi NaCl tetap menunjukkan bahwa pH 4 menunjukkan penurunan konsentrasi *indigosol golden yellow IRK* yang paling besar di antara pH 2 dan pH 6.

Penurunan paling optimum pada pH 4 dikarenakan spesies HOCl banyak terbentuk pada pH 4. Menurut Deborde & Gouten (2008) pada kondisi pH 2 reaksi antara Cl_2 dan H_2O hanya membentuk HOCl dengan persentase yang lebih sedikit dibandingkan dengan HOCl yang terbentuk pada kondisi pH 4 sedangkan pada pH 6 HOCl mulai turun dan cenderung membentuk ClO^- .

Pengaruh kuat arus ini adalah variabel yang sangat penting dalam teknik elektrokimia. Degradasi zat warna *indigosol Golden Yellow IRK* dilakukan dengan membuat variasi kuat arus yang bertujuan untuk menentukan kuat arus yang dipergunakan sebagai arus optimum yang digunakan dalam proses degradasi zat warna *indigosol Golden Yellow IRK* pada konsentrasi 100 ppm.



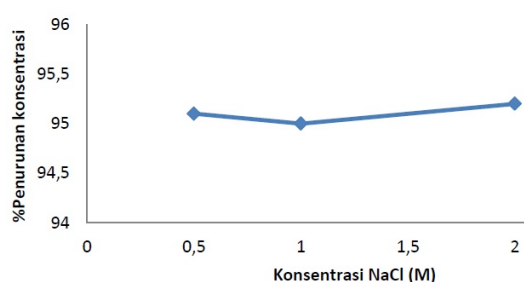
Gambar 2. Hubungan kuat arus terhadap % penurunan konsentrasi

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa pada variasi kuat arus (0,5; 1 dan 5 A) pada proses elektrolisis *indigosol golden yellow IRK* dengan beberapa konsentrasi elektrolit NaCl didapatkan hasil yang menunjukkan degradasi yang lebih baik pada kuat arus 1 ampere dimana setelah kuat arus 1 ampere penurunan sudah tidak menunjukkan peningkatan yang tajam. Dalam variasi ini didapatkan hasil kuat arus optimum yaitu pada kuat arus 1 A dengan presentase penurunan berkisar antara 95% pada beberapa konsentrasi NaCl tetap menunjukkan bahwa kuat arus 1 ampere menunjukkan penurunan konsentrasi *indigosol golden yellow IRK* yang paling baik karena setelah kuat arus 1 ampere tidak terjadi penurunan yang signifikan dibanding pada kuat arus 1 ampere.

Pada penelitian sebelumnya Kariyajanavar, *et al.*; (2011) juga menunjukkan pening-

katan kuat arus berbanding lurus dengan penurunan konsentrasi zat warna dalam limbah. Lorimer, *et al.*; (2001) juga menghasilkan data yang sama yaitu dengan meningkatnya kuat arus penurunan konsentrasi zat warna pada limbah.

Konsentrasi NaCl sangat mempengaruhi penurunan konsentrasi tingkat warna, degradasi terjadi dengan pembentukan (hipoklorit) dari oksidasi spesies disitu, yang kemudian bereaksi dengan spesies zat warna dalam larutan. Dalam penelitian ini dilakukan variasi konsentrasi elektrolit yaitu 0,5; 1; 2 M. Hubungan pH dan penurunan konsentrasi zat warna dapat dilihat dari Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan variasi konsentrasi elektrolit pada kuat arus 1 ampere

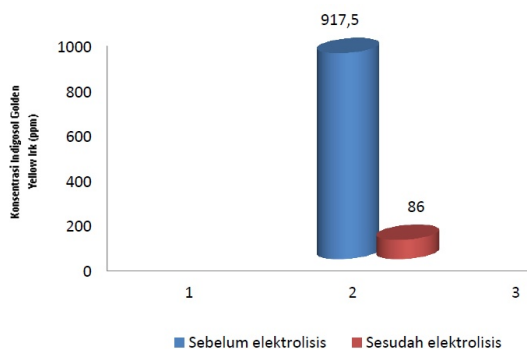
Dari Gambar 3 variasi konsentrasi elektrolit menunjukkan peningkatan yang tidak terlalu signifikan hal ini mungkin dikarenakan spesies (HOCl) yang terbentuk pada penambahan konsentrasi elektrolit 0,5 M sudah sanggup medegradasi senyawa zat warna yang terdapat dalam larutan. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa kondisi optimum penambahan konsentrasi larutan NaCl yaitu pada 0,5 M diatas penambahan 0,5 M sudah tidak terlalu berpengaruh pada penurunan konsentrasi karena zat warna dalam larutan sudah hampir keseluruhan terdegradasi.

Penelitian Kariyajanavar, *et al.*; (2010) melaporkan bahwa ketika konsentrasi elektrolit dalam proses elektrolisis sudah mencapai kondisi optimum penambahan konsentrasi diatas kondisi optimum sudah tidak meningkatkan degradasi zat warna pada larutan atau limbah. Hal itu berarti Penambahan konsentrasi elektrolit diatas kondisi optimum sudah tidak diperlukan karena tidak meningkatkan proses degradasi.

Dari berbagai data percobaan variabel diatas didapat kondisi optimum yaitu pH pada pH 4 kuat arus 1 A dan konsentrasi elektrolit yaitu pada 0,5 M. Kondisi ini akan digunakan pada proses elektrolisis limbah dari sisa-sisa proses pematikan. Sebelum proses mula-mula

limbah batik dikondisikan pada pH 4 dan diukur absorbansinya terlebih dahulu setelah itu dikondisikan pada kondisi optimum kemudian limbah batik dielektrolisis selama 30 menit.

Berdasarkan olah data absorbansi sebelum dan sesudah proses elektrolisis didapat konsentrasi mula-mula limbah batik yang digambarkan Gambar 4.



Gambar 4. Konsentrasi limbah sebelum dan sesudah elektrolisis

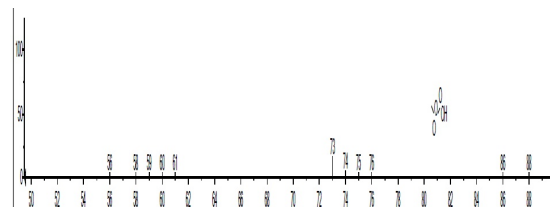
Dari Gambar 4 terlihat penurunan konsentrasi zat warna *indigosol golden yellow IRK*. Konsentrasi limbah batik sebelum proses elektrolisis yaitu 917,5 ppm, proses elektrolisis pada kondisi optimum dapat menurunkan konsentrasi sebesar 90 % sehingga masih tertinggal 86 ppm. Mungkin dengan penambahan waktu elektrolisis dapat menurunkan konsentrasi limbah lebih besar lagi.

Dalam proses degradasi melalui metode elektrolisis menurut Liu *et al.* (2009) zat warna mengalami degradasi menjadi zat-zat atau senyawa intermediet sebelum dapat terdegradasi sempurna menjadi CO_2 dan H_2O . Setelah proses elektrolisis zat warna *indigosol golden yellow IRK* menjadi senyawa yang lebih sederhana (rantai C pendek) dan tidak mempunyai gugus kromofor. Untuk mengkonfirmasi hal tersebut, maka dilakukan analisis terhadap produk setelah elektrolisis. Sebelum analisis GC-MS, produk diekstraksi menggunakan dietil eter untuk memisahkan senyawa organik dari lapisan air. Lapisan organik yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan GC-MS. Hasil analisa GC-MS untuk limbah setelah proses elektrolisis dapat dilihat pada Gambar 5.

Dari hasil analisis yang ditunjukkan Gambar 5, ditemukan ada beberapa puncak-puncak kromatogram. Hal ini diperkirakan senyawa-senyawa setelah elektrodegradasi merupakan senyawa dalam fraksi pendek, dan berubah menjadi asam-asam organik.



Gambar 5. Hasil analisis GC-MS larutan setelah elektrolisis



Gambar 6. Spektrum pada RT = 1.44 menit

Dari spectra RT = 1,44 yang ditunjukkan Gambar 6 kemungkinan zat tersebut adalah asam asetat dengan demikian semakin jelas bahwa produk elektrodegradasi *Indigosol golden yellow IRK* merupakan senyawa intermediet dengan struktur rantai yang lebih pendek dan asam-asam organik sebelum terdegradasi menjadi CO_2 dan H_2O dan diharapkan lebih aman terhadap lingkungan ketika dibuang.

Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan pH optimum pada proses elektrolisis zat warna *Indigosol Golden Yellow IRK* adalah pada pH 4 dan kuat arus optimum pada proses elektrolisis zat warna *Indigosol Golden Yellow IRK* adalah pada kuat arus 1 ampere, penambahan konsentrasi elektrolit NaCl optimum pada proses elektrolisis zat warna *Indigosol Golden Yellow IRK* adalah pada konsentrasi 0,5 M. Pada aplikasi konduksi optimum pada limbah batik zat warna *Indigosol Golden Yellow IRK* dalam limbah batik yang degradasi oleh proses elektrolisis mengalami penurunan sebesar 90 % dari konsentrasi mula-mula 917,5 ppm menjadi 86 ppm.

Daftar Pustaka

- Bassed J., Denney R.C., Jeffery G.H. dan Mendham J. 1991. *Vogel's Textbook Of Quantitative Inorganic Analysis Including Elementary Instrumental Analysis*. Fourth Edition. Longman Group UK Limited. London
- Deborde M. & U. Von Gunten. 2008. Reaction Of Chlorine With Inorganic And Organic Compounds During Water Treatment-Kinetics And Mechanisms: A critical review. *Water Research*. 42: 13-15

- Kariyajjanavar P., J. Narayana and Y.A. Nayaka. 2011. Degradation of Textile Wastewater by Electrochemical Method. *Hydrol Current Res.* 2011. 2: 1
- Liu Y., H. Liu, J. Ma, X. Wang. 2009. Comparison Of Degradation Mechanism Of Electrochemical Oxidation Of Di- And Tri-Nitrophenols On Bi-Doped Lead Dioxide Electrode: Effect Of The Molecular Structure. *Applied Catalysis B: Environmental.* 91: 284–299
- Lorimer J.P., T.J. Plattes & S.S. Phull. 2000. Dye Effluent Decolourisation Using Ultrasonically Assisted Electro-Oxidation. *Ultrasonics Sonochemistry.* 7: 273-24
- Lorimer J.P., T.J. Mason, M. Plattes, S.S. Phull and D.J. Walton. 2001. Degradation of dye effluent. *Pure Appl. Chem.* Vol. 73. No. 12: 1957–1968
- Panizza M., A. Barbucci, R. Ricotti & G. Cerisola. 2006. *Electrochemical Degradation Of Methylene Blue.* Genoa: Department of Chemical and Process Engineering University of Genoa
- Rajkumar D. & J.G. Kim. 2006. Oxidation Of Various Reactive Dyes With In Situ Electro-Generated Active Chlorine For Textile Dyeing Industry Wastewater Treatment. *Journal of Hazardous Materials.* B136: 203–212