

PENYAHWARNAAN LARUTAN PEWARNA *BROMOPHENOL BLUE* DENGAN  
MENGGUNAKAN KAEDAH ELEKTROKOAGULASI

MOHD WAHIDDUZZAMAN B. ZAINAL

DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI  
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI  
IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN

PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH  
PROGRAM KIMIA INDUSTRI  
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

APRIL 2007



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: PENYAHUWARNAAN LARUTAN BROMOPHENOL BLUE DENGAN KAEDEH ELEKTROKOAGULASI

Ijazah: IJAZAH SARJANA MUDA SAINS (KEPUJIAN)

SESI PENGAJIAN: 2004 / 2005

Saya MOHD WAHID DOZAMAN ZAINAL

(HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPS/Sarjana/Doktor Filosafia)\* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hak milik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sabaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. \*\*Sila tandakan (/)

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

En. JAHIMIN ASIK

Nama Penyelia

Alamat Tetap: 01-06-12, FLAT  
DBKL, KG FERINCHI,  
59200, KUALA LUMPUR

Tarikh: 19 APRIL '07

NOTATAN: \* Potong yang tidak berkenaan.

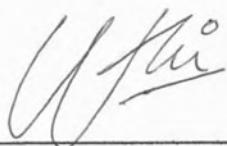
\*\* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

@ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Filosafia dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



**PENGAKUAN**

Saya akui hasil kajian ini adalah hasil kerja saya sendiri  
kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya  
telah dijelaskan sumbernya.



---

MOHD WAHIDDUZZAMAN B. ZAINAL

APRIL, 2007

HS2004 – 4669

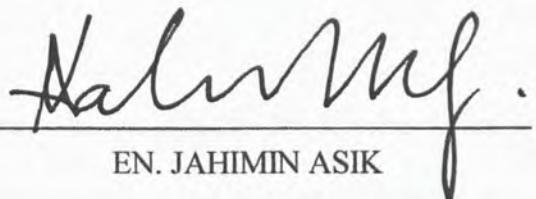


**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**PENGESAHAN**

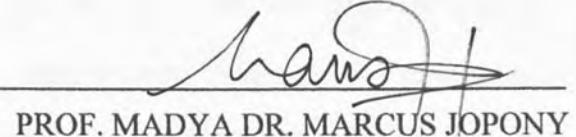
NAMA : MOHD WAHIDDUZZAMAN BIN ZAINAL

TAJUK : PENYAHWARNAAN LARUTAN PEWARNA *BROMOPHENOL BLUE*  
DENGAN MENGGUNAKAN KAEDAH ELEKTROKOAGULASI



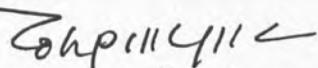
---

EN. JAHIMIN ASIK



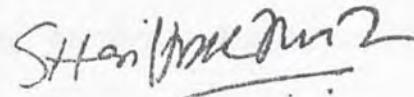
---

PROF. MADYA DR. MARCUS JOPONY



---

EN. MOH PAK YAN



---

DEKAN

Sekolah Sains dan Teknologi

APRIL 2007



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SARAWAK

## PENGHARGAAN

Bersyukur saya ke Hadrat Illahi kerana setelah sekian lama berusaha, akhirnya saya berjaya menyiapkan Projek Tahun Akhir saya. Di kesempatan ini, saya ingin mengambil peluang untuk mengucapkan ribuan terima kasih kepada Encik Jahimin Asik, penyelia saya di dalam projek ini di atas bimbingan dan tunjuk ajar beliau sepanjang projek ini di jalankan.

Terima kasih juga diucapkan kepada pensyarah-pensyarah dari sekolah Sains dan Teknologi atas bimbingan, tunjuk ajar dan nasihat yang diberikan sepanjang masa, terutamanya Prof. Madya Dr. Marcus Jopony, Dr. How Siew Eng, Dr. Lutfor Rahman. Dr. Loumi @ Noumie Surugau, Dr. Suhami Md. Yasir, Encik Collin Glen Joseph dan Encik Moh Pak Yan. Tidak lupa juga kepada pembantu makmal, Encik Sani, Encik Samudi dan cik Aishah serta kakitangan makmal yang lain di atas bantuan dan kerjasama yang telah diberikan.

Akhir sekali saya mengucapkan jutaan terima kasih dan setinggi-tinggi penghargaan kepada keluarga tersayang yang memberi sokongan moral dan kewangan. Dan terima kasih juga kepada rakan-rakan seperjuangan dalam program Kimia Industri yang telah memberikan bantuan, galakan dan kerjasama sepanjang tiga tahun ini.

## ABSTRAK

Elektrokoagulasi adalah antara kaedah yang sangat efektif untuk menyahwarnakan air sisa. Dalam kajian ini, proses elektrokoagulasi dijalankan bagi menyahwarnakan larutan yang mengandungi pewarna *Bromophenol Blue* yang merupakan sejenis pewarna reaktif. Satu sel elektrolisis digunakan bersama dengan pembekal arus terus sebagai sumber arus elektrik. Elektrod yang digunakan ialah elektrod besi sebagai anod dan keluli sebagai katod. Pengaruh parameter operasi seperti ketumpatan arus, nilai pH awal larutan, kekonduksian larutan dan tempoh elektrokoagulasi di siasat bagi mencapai peratus penyahwarnaan yang lebih tinggi. Hasil dari kajian mendapati bahawa peratus penyahwarnaan akan meningkat pada ketumpatan arus  $1000 \text{ Am}^{-2}$ , pH awal 1 dan kekonduksian larutan pada  $600 \mu\text{Scm}^{-1}$ . Pada nilai  $K_A$ , pH awal dan kekonduksian yang optimum, jumlah masa yang diperlukan bagi menyahwarnakan larutan dengan optimum ialah selama 15 minit. Hasil kajian ini proses elektrokoagulasi adalah sesuai untuk menyahwarnakan pencemar yang mengandungi pewarna *Bromophenol Blue*.



**REMOVAL OF COLOUR FROM BROMOPHENOL BLUE SOLUTION USING  
ELECTROCOAGULATION**

**ABSTRACT**

*Electrocoagulation is one of the most effective techniques to remove colour from wastewater. In the present study, electrocoagulation process was conducted to remove Bromophenol Blue, a type of reactive dye from aqueous solution. An electrolysis cell was used together with a direct current power supply to provide the necessary electric current needed. The electrodes used were iron for anode and stainless steel for cathode. The effect of operational parameters such as current density, initial pH of the solution, solution conductivity and time of electrolysis were studied in an attempt to attain optimum removal efficiency. The findings in this study showed that an increase in the current density up to  $1000 \text{ Am}^{-2}$  and initial pH of 1 increased the colour removal. The optimum conductivity was found to be  $600 \mu\text{Scm}^{-1}$ . At the optimum current density, pH and conductivity, the time needed for 99% colour removal was 15 minutes. The results revealed the suitability of the electrocoagulation process to effectively decolorize wastewaters.*



## SENARAI KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI SIMBOL	xiii
BAB 1	
1.1    Air Sisa Bepewarna	1
1.2    Objektif Kajian	3
BAB 2 ULASAN LITERATUR	
2.1    Pewarna	4
2.1.1 <i>Bromophenol Blue</i>	7
2.3    Elektrolisis	8
2.4    Hukum Elektrolisis Faraday	9



a) Hukum Elektrolisis Faraday Pertama	11
b) Hukum Elektrolisis Faraday Kedua	12
2.5 Elektrokoagulasi	12
2.5.1 Aluminium sebagai anod	14
2.5.2 Ferum sebagai Anod	15
a) Mekanisma 1	15
b) Mekanisma 2	16
2.6 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Elektrokoagulasi	17
2.6.1 Ketumpatan Arus Elektrik	17
2.6.2 Nilai pH Awal	19
2.6.3 Kekonduksian	21
2.6.4 Tempoh Elekrolisis	22

### BAB 3 BAHAN DAN KAEDAH

3.1 Pewarna	24
3.2 Senarai Alat Radas	24
3.3 Penyediaan Larutan Pewarna	26
3.3.1 Larutan Stok	26
3.3.2 Larutan Eksperimen	26
3.4 Penentuan Serapan Pewarna <i>Bromophenol Blue</i>	27
3.5 Kajian Penyingkir Warna dari Larutan <i>Bromophenol Blue</i>	27
3.5.1 Susunan Sel Elektrokoagulasi	27
3.5.2 Penyediaan Graf Kalibrasi	28



3.6	Elektrokoagulasi Larutan <i>Bromophenol Blue</i>	29
3.6.1	Kesan Perubahan Ketumpatan Arus Elektrik	29
3.6.2	pH Awal Larutan	31
3.6.3	Kekonduksian Larutan	31
3.6.4	Tempoh Elektrokoagulasi	32
3.7	Pengiraan Penyahwarnaan	32

#### BAB 4 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

4.1	Serapan maksimum Larutan Pewarna <i>Bromophenol Blue</i>	33
4.2	Graf kalibrasi <i>Bromophenol Blue</i>	33
4.3	Penyahwarnaan <i>Bromophenol Blue</i>	35
4.3.1	Ketumpatan Arus	35
4.3.2	Nilai pH	37
4.3.3	Kekonduksian	40
4.3.4	Masa pada Keadaan Optimal.	41

#### BAB 5 KESIMPULAN

5.1	Kesimpulan	43
-----	------------	----

#### RUJUKAN

44
----

#### LAMPIRAN



**SENARAI JADUAL**

Muka Surat

Jadual 2.1 Jenis Pewarna dan bahan pencemar yang dikaitkan dengannya. 6

Jadual 3.1 Kuantiti Bahan dan Nilai Arus Elektrik bagi mengkaji Kesan  
Arus Elektrik. 30**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## SENARAI RAJAH

### Muka Surat

Rajah 2.1 Struktur Molekul Pewarna <i>Bromophenol Blue</i> .	7
Rajah 2.2 Struktur Molekul Pewarna <i>Dispersive Blue 106</i> .	13
Rajah 2.3 Struktur Molekul Pewarna <i>Reactive Blue 49</i> .	13
Rajah 2.4 Struktur Molekul Pewarna <i>Basic Brown 3</i> .	14
Rajah 2.5 Graf Peratus Penyahwarnaan melawan Ketumpatan Arus <i>Basic Blue 3</i> dan <i>Basic Red 46</i> .	18
Rajah 2.6 Graf Peratus Penyahwarnaan melawan Ketumpatan Arus Pewarna <i>Orange II</i> .	18
Rajah 2.7 Graf Peratus Penyahwarnaan melawan Ketumpatan Arus <i>Methelene Blue</i> dan <i>Eosin Y</i>	19
Rajah 2.8 Graf Peratus Penyahwarnaan melawan nilai pH Awal <i>Basic Blue 3</i> dan <i>Basic Red 46</i> .	20
Rajah 2.9 Graf Peratus Penyahwarnaan melawan nilai pH awal <i>Acid Red 14</i>	20
Rajah 2.10 Graf Peratus Penyahwarnaan melawan Kekonduksian <i>Basic Red 46</i>	21
Rajah 2.11 Graf Peratus Penyahwarnaan melawan Kekonduksian <i>Basic Blue 3</i> .	22
Rajah 2.12 Graf Peratus Penyahwarnaan melawan Tempoh Elektrolisis <i>Basic Blue 3</i> dan <i>Basic Red 46</i> .	23
Rajah 3.1 Susunan Radas bagi Proses Elektrokoagulasi	28



Rajah 4.1 Panjang Gelombang Pada Serapan Maksimum Bagi <i>Bromophenol Blue.</i>	34
Rajah 4.2 Graf Kalibrasi <i>Bromophenol Blue.</i>	34
Rajah 4.3 Graf Peratus penyahwarnaan <i>Bromophenol Blue</i> melawan Ketumpatan Arus.	36
Rajah 4.4 Graf Peratus Penyahwarnaan melawan Nilai pH.	38
Rajah 4.5 Spesis Bromophenol pada nilai pH yang berbeza.	40
Rajah 4.6 Graf Peratus Penyawarnaan <i>Bromophenol Blue</i> Melawan Kekonduksian Larutan <i>Bromophenol Blue.</i>	40
Rajah 4.7 Graf Peratus Penyahwarnaan menentang Tempoh Elektrokoagulasi Larutan <i>Bromophenol Blue.</i>	41



## SENARAI SIMBOL

K<sub>A</sub>      Ketumpatan Arus

$\gamma$       Kekonduksian Larutan

DNA    *Deoxyribonucleic Acid*

COD    *Chemical Oxygen Demand*

N/A    Tidak Diperolehi (*Not Available*)

[BB]    Kepekatan awal *Bromophenol Blue*



## BAB 1

### PENGENALAN

#### 1.1 Air Sisa Bepewarna

Industri tekstil merupakan industri yang sedang berkembang maju dan pesat terutama di dalam era perindustrian ini. Proses pengautomasian telah memastikan yang bahan tekstil dapat dibuat secara besar-besaran dan memenuhi permintaan pengguna diseluruh dunia. Namun begitu, di dalam mengejar pembangunan aspek pemuliharaan alam sekitar diabaikan oleh para pengilang. Sebahagian besar bahan buangan dari kilang-kilang tekstil telah dibuang ke dalam saliran tanpa sebarang rawatan seperti penyahwarnaan dan peneutralan pH air sisa tersebut.

Industri tekstil melibatkan dua proses utama iaitu pencelupan (*dyeing*) dan pematian (*finishing*) warna pada tekstil, yang mana kedua-dua proses ini memerlukan kuantiti air yang banyak. Proses-proses ini menghasilkan air sisa yang terkandung banyak bahan pewarna. Kebanyakkan pewarna ini adalah tidak reaktif terhadap cahaya (*non photoreactive*), sukar dioksidakan dan juga tahan terhadap pereputan aerobik (Gupta *et al.*, 2003). Selain itu bahan pewarna juga merupakan bahan yang sukar dirawat melalui kaedah perawatan biologikal dan fizikal yang biasa, kerana strukturnya yang kompleks dan saiz molekulnya yang besar (Weber dan Morris, 1962).



Air sisa buangan industri tekstil dicirikan oleh kandungan bahan pewarna yang tinggi, kuantiti bahan terampai yang besar, nilai permintaan oksigen kimia (COD) dan pH air yang tinggi (Ali *et al.*, 2006). Pembuangan air yang mengandungi pewarna secara terus ke dalam saliran dan sungai dari kilang industri tekstil, kertas dan percetakan akan menyebabkan pencemaran teruk kepada ekologi alam sekitar. Ini kerana bahan pewarna tersebut mampu menyebabkan hidupan akuatik terancam dan merosakkan alam (Ali *et al.*, 2006). Sesetengah bahan pewarna dan hasil daripada proses degredasinya adalah bersifat karsinogenik dan sangat toksik terhadap hidupan (Arias *et al.*, 2000; Chen, 2002; Lee *et al.*, 2003). Oleh itu, proses perawatan air sisa berpewarna adalah sangat penting bagi memelihara kesihatan manusia dan kebersihan alam.

Umumnya, kaedah biologikal dan fizikal telah digunakan dari dahulu lagi bagi mengasingkan pewarna dari air sisa industri tekstil, tetapi, kedua-dua kaedah tersebut tidak berjaya kerana sifat dan ciri kebanyakan pewarna yang tidak dapat dibiodegrasi (Huren *et al.*, 1996; Buiton *et al.*, 2004). Terdapat banyak kaedah alternatif yang telah digunakan bagi merawat air sisa dari industri tekstil. Antara kaedah yang digunakan ialah kaedah penyerapan dan pengozonan. Setiap kaedah mempunyai kelebihan dan kekurangannya yang tersendiri. Misalnya, kos bagi merawat air dari sisa industri tekstil melalui kaedah penyerapan adalah sangat tinggi. Proses pengozonan pula merupakan kaedah yang efektif, tetapi, ozon dan asik hipoklorik yang menjadi bahan utama di dalam kedah tersebut adalah mahal dan sukar dihasilkan. Selain itu, melalui kaedah pengozonan, gas klorin yang terhasil akan menyebabkan terhasilnya bahan pencemar sekunder (Shen *et al.*, 2001).

Rawatan air sisa berpewarna melalui kaedah elektrokoagulasi telah mula diperkenalkan pada abad ke 20 dengan kejayaan yang terhad. Namun begitu, dalam dekad yang lalu, teknologi ini telah berkembang dan digunakan dengan meluas di Amerika Selatan dan Eropah bagi tujuan merawat pelbagai jenis air sisa. Kaedah yang digunakan di kawasan ini ialah dengan membenarkan partikel bahan pencemar untuk bertindakbalas dengan ion-ion yang mempunyai cas yang berlawanan dan logam hidroksida yang terhasil di dalam bahan pencemar (Yousuf *et al.*, 2001). Proses elektrokoagulasi adalah sangat bergantung kepada sifat kimia air sisa yang mengandungi pewarna terutamanya nilai pH awal, kekonduksian larutan, saiz partikel dan bentuk molekul (Shen *et al.*, 2001). Kelebihan menggunakan elektrokoagulasi sebagai kaedah rawatan sisa air industri tekstil ini ialah kosnya yang kompetitif dan iaanya tidak menghasilkan sebarang bahan pencemar sekunder.

## 1.2 Objektif Kajian

Objektif kajian ini ialah

- a) Untuk menjalankan proses rawatan elektrokoagulasi pada larutan pewarna *Bromophenol Blue*,
- b) mendapatkan nilai optimum bagi parameter ketumpatan arus, pH awal larutan pewarna dan kekonduksian larutan pewarna, dan
- c) mendapatkan tempoh penyahwarnaan larutan pewarna pada ketumpatan arus, pH awal dan kekonduksian larutan yang optimum.



## BAB 2

### ULASAN LITERATUR

#### 2.1 Pewarna

Pewarna atau pencelup, adalah bahan yang digunakan untuk mewarnakan tekstil, kulit, kertas dan pelbagai lagi bahan yang digunakan oleh manusia. Pewarna mempunyai keupayaan menyerap cahaya nampak pada panjang gelombang sekitar 400-700 nm (O'Neil *et al.*, 2000; Zollonger, 1991). Otak manusia akan menafsirkan jenis-jenis warna yang di perhatikan apabila reseptor cahaya di mata menyerap cahaya yang dipantulkan oleh objek yang disinari cahaya.

Air tulen sebenarnya tidak mempunyai sebarang warna (Sherman dan Sherman, 1992). Namun begitu, kehadiran bahan larut semulajadi boleh menyebabkan air yang jernih, kelihatan bewarna misalnya warna biru, hijau, kuning dan lain-lain lagi. Ianya bergantung kepada jumlah bahan larut semulajadi yang terdapat di dalam air. Warna yang disebabkan oleh komponen organik dalam air di percayai tidak merbahayakan kesihatan manusia. Namun begitu, bahan organik ini mempunyai kemampuan untuk bertindakbalas dengan klorin yang digunakan untuk membasmikan kuman. Oleh itu, keberkesanan klorin sebagai pembasmi patogen akan berkurangan dan membuka peluang kepada jangkitan penyakit. Umumnya, air yang berwarna merupakan satu petunjuk yang baik tentang pencemaran (Willmot, 1999). Air yang

mempunyai warna yang gelap, biasanya menunjukkan permintaan oksigen kimia atau oksigen biologi yang tinggi(Nemerrow, 1971).

Bahan yang digunakan bagi tujuan mewarna biasanya adalah bahan organik yang mengandungi ikatan dubel yang terkonjugat. Kumpulan berfungsi yang menyebabkan pewarna kelihatan mempunyai warna dikenali sebagai kromofor. Pada umumnya kromofor ialah kumpulan atom yang mempunyai elektron yang tak setempat (*delocalized electron*) (Oxford, 2001). Ausksiokrom merupakan kumpulan berfungsi seperti –OH dan –NH<sub>2</sub>, yang mengandungi sepasang elektron tunggal yang setempat (*localized electron*) bersama-sama elektron dari kromofor (Oxford, 2001). Ia akan meningkatkan kecerahan warna pada molekul pewarna.

Pewarna boleh diklasifikasikan mengikut struktur molekul bahan pewarna tersebut. Jadual 2.1 menyenaraikan jenis pewarna yang biasa digunakan.



**Jadual 2.1** Jenis Pewarna dan bahan pencemar yang dikaitkan dengannya.

Jenis Pewarna	Penerangan	Jenis Fiber	Lekatan pada fiber (%)	Pencemar yang dikaitkan dengan pewarna
Asid	Sebatian anionik yang larut air	Benang bulu biri-biri, nilon	80-93	Pewarna yang tidak melekat pada fiber, asid organik
Basic	Larut air, digunakan bersama rendaman pewarna berasid lemah, warna yang sangat terang	Akrilik, sesetengah poliester	97-98	N/A
Terus (direct)	Sebatian anionik yang larut air, boleh terus digunakan terhadap bahan berselulosa	Kapas, rayon, bahan berselulosa	70-95	Pewarna yang tidak melekat pada fiber, surfaktan, agen perencat
Menyerak (disperse)	Tidak larut air	Poliester, asetat, bahan sintetik lain	80-92	Asid organik , fosfat, pelincir
Reaktif	Sebatian anionik yang larut air, kelas pewarna yang terbesar	Kapas, bahan berselulosa, benang bulu biri-biri	60-90	Garam alkali, Pewarna yang tidak melekat,
Sulfur	Bahan organic yang mengandungi sulfur atau <i>sodium sulfide</i>	Kapas, bahan berselulosa	60-70	Agen pengoksidan, Pewarna yang tidak melekat
Tangki (Vat)	Kelas pewarna yang paling tua, struktur kimia yang kompleks, tidak larut air	Kapas, bahan berselulosa	60-95	Agen pengoksidan dan penurunan

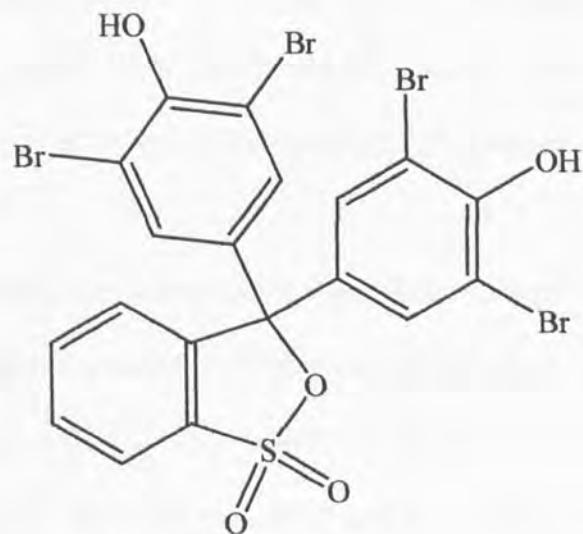
Sumber : Snowden (1995)



## 2.2 *Bromophenol Blue*

*Bromophenol Blue* merupakan sejenis pewarna dari kelas pewarna reaktif. Ia juga dikenali sebagai Tetrabromophenol Blue, Tetrabromophenol, Tetrabromosulfonephthalein, 3',3",5',5"-Tetrabromophenolsulfonephthalein dan BPB. Struktur molekulnya adalah seperti yang ditunjukkan di dalam Rajah 2.1. *Bromophenol Blue* mempunyai berat molekul relatif sebanyak  $670 \text{ gmol}^{-1}$ .

*Bromophenol Blue* ialah sejenis penunjuk asid-bes yang mempunyai julat penunjuk antara pH 3.0 hingga 4.6. Larutan *Bromophenol Blue* akan bertukar warna dari kuning pada pH 3.0 dan biru pada pH 4.6. Tindak balas penukaran warna ini adalah berbalik. Pada suhu  $20^\circ\text{C}$ , pH asal bagi larutan *Bromophenol Blue* ialah pH 4.8. Pada pH yang rendah, pewarna ini akan menyerap cahaya ultrungu dan biru, serta warna nampaknya ialah kuning pada larutan.



Rajah 2.1 Struktur Molekul *Bromophenol Blue*.

*Bromophenol Blue* juga digunakan sebagai penunjuk warna untuk memantau proses elektroforesis. Pada pH sederhana, molekul-molekul *Bromophenol Blue* adalah beras negatif. Oleh itu, ia akan berpindah mengikut arah yang sama dengan DNA dan protein di dalam gel elektroforesis.

### 2.3 Elektrolisis

Elektrolisis ditakrifkan sebagai penghasilan tindak balas kimia dengan mengalirkan arus elektrik melalui elektrolit untuk mendorong berlakunya tindakbalas tidak sepontan (Chang, 2002). Elekrolisis berlaku apabila arus elektrik dialirkan melalui dua elektrod yang terendam di dalam larutan yang mengandungi ion-ion bebas. Elektrod yang beras negatif dikenali sebagai katod dan elektrod yang beras positif dikenali anod. Setiap elektrod akan menarik ion-ion yang mempunyai cas yang berlawanan dengannya. Oleh itu kation akan bergerak ke arah katod, dan anion akan bergerak ke anod. Tenaga yang diperlukan bagi memisahkan kation dan anion dan menggerakkannya ke arah elektrod diperolehi daripada pembekal tenaga elektrik.

Di dalam proses elektrolisis, kation yang bersentuhan dengan katod akan menerima elektron dan mengalami penurunan. Ini kerana kation merupakan spesis ion yang beras positif (kurang elektron) dan cenderung untuk menerima elektron. Perkara yang sebaliknya pula akan berlaku pada anion. Apabila spesis anion bersentuhan dengan anod, ia akan mendermakan elektonnya dan proses pengoksidaan akan berlaku.

Kadar pengaliran arus yang lebih tinggi melalui sel elektrokimia, bermakna bilangan elektron yang melalui larutan tersebut juga tinggi. Dengan meningkatnya arus elektrik yang mengalir pada satu-satu masa di dalam elektrolit tersebut, maka kadar tindakbalas redoks di kedua-dua elektrod akan meningkat, lantas menghasilkan lebih banyak hasil tindakbalas redoks. Jumlah arus yang mengalir melalui elektrolit juga bergantung kepada kekonduksian elektrolit tersebut.

Perlu diperhatikan bahawa, di dalam elektrogenesis, katod adalah beras positif dan anod beras negatif. Namun pada kedua dua elektrolisis dan elektrogenesis, penurunan akan berlaku pada katod.

#### **2.4 Hukum Elektrolisis Faraday**

Seorang ahli kimia dan fizik bernama Michael Faraday telah menjalankan kajian berkaitan dengan elektrolisis. Daripada kajian tersebut, beliau telah membuat beberapa rumusan. Hasilnya ialah Hukum Elektrolisis Faraday.

Di dalam ujikajinya, beliau telah menggunakan sel elektrolisis yang mengandungi larutan tertentu di dalamnya. Di dalam larutan tersebut, beliau telah membuat anggapan bahawa larutan tersebut mengandungi bilangan atom sebanyak  $N$  mol, setiap partikel mempunyai jisim,  $m$  yang sama dan beras positif,  $q$ . Kemudiannya beliau membuat anggapan bahawa kesemua cas elektrik yang mengalir melalui elektrolit dipindahkan hanya oleh atom-atom tersebut. Semasa arus elektrik dialirkkan, sebanyak  $N_x$  bilangan atom akan terkumpul pada elektrod negatif. Jisim bahan yang terdeposit,  $M_x$  adalah bersamaan dengan

$$M_X = N_X \cdot m \quad (2.1)$$

Jumlah cas,  $Q$ , yang telah melalui elektrolit adalah bersamaan dengan

$$Q = N_X \cdot q \quad (2.2)$$

Dengan membahagikan Persamaan 2.1 dengan Persamaan 2.2

$$\frac{M_X}{Q} = \frac{m}{q} \quad (2.3)$$

Maka  $M_X$  dapat dikira dari Persamaan 2.3, iaitu;

$$M_X = Q \cdot \frac{m}{q} \quad (2.4)$$

Jisim,  $m$  bilangan elemen boleh ditunjukkan sebabagi hasil darab jisim atom relatif atom tersebut dengan pemalar,  $d$ , yang mana  $d$  merupakan  $1/12$  daripada jisim atom karbon.

$$m = u \cdot d \quad (2.5)$$

Anggapan juga boleh di buat tentang cas,  $q$  partikel tersebut adalah bersamaan dengan hasil darab nombor valensi elemen tersebut dan cas elemen  $q_0$ , itu;



## RUJUKAN

- Abu-El sha'r, W.Y., Gharaibeh, S.H. dan Mahmoud, S. 1999. Removal of Dyes From Aqueous Solution Using Low Cost Sorbent Made of Solid Residue From Olive Mill Wastes (JEFT) and solid Residue From Refined Jordanian Oil Shale, *Environmental Geology*. **39** (10): 1090-1094.
- Ali, R. D., Yalcin, G., Nusret, K., Elsin, G., 2006. Comparison of activated carbon and bottom ash for removal of reactive dye from aqueous solution, *Bioresource Technology* **98**, 834- 839
- Arias, M.J.L., Girardi, E., Navarro, J.A., Savarino, P., Valldeperas, J., Viscardi, G., 2000. Novel azobenzene derivatives containing a glucopyranoside moiety. Part II: dyeing properties. *Dyes Pigments* **46**, 37–42.
- Atkins. P., 2001, *The Elements of Physical Chemistry*. Ed. 3. Oxford University Press, Oxford, 188
- Buitron, G., Quezada, M., Moreno, G., 2004. Aerobic degradation of the azo dye acid red 151 in a sequencing batch biofilter, *Bioresource Technology* **92**, 143-149.
- Chang, R., 2002. *Chemistry*. Ed. 7. McGraw-Hill, New York, 793.
- Chen, B. Y., 2002. Understanding decolorization characteristics of reactive azo dyes by *Pseudomonas luteola*: toxicity and kinetics, *Proc. Biochem.* Oxford, United Kingdom **38** (3),437–446.
- Danesvar, N., Ashassi-Sorkhabi, H. dan Tizpar, A., 2003. Decolorization of Orange II by Electrocoagulation Using Aluminum electrodes. *Sep. Purif. Technology* **31**, 153-162.

- Daneshvar, N., Ashassi-Sorkhabi, H. dan kasiri, M.B., 2004. Decolorization of dye solution containing Acid Red 14 by electrocoagulation with a comparative investigation of different electrode connections. *Journal of Hazardous Materials* **112**. 55–62
- Daneshvar, N., Oladegaragoze, N.A. dan Djafarzadeh, N., 2006. Decolorization of basic dye solutions by electrocoagulation: An investigation of the effect of operational parameters. *Journal of Hazardous Materials* **129**. 116–122.
- EPA, Office of Research and Development, 1995; Snowden-Swan, L.J. "Pollution Prevention in the Textile Industries," in *Industrial Pollution Prevention Handbook*, 1995.
- Ge, J., Qu, J., Lei, P. dan Lui, H., 2004. New Bipolar electrocoagulation electroflotation Process for the Treatment of Laundry wastewater. *Sep. Purif. Technol.* **36**. 33-39
- Gupta, V.K., Ali, I., Mohan, D., 2003. Equilibrium uptake and sorption dynamics for the removal of a basic dye(basic red) using low-cost adsorbents, *J. Colloid Interface Scienc.* **265**. 257-264
- Golder, A.K., Hridaya, N., Samanta, A.N. dan Ray, S., 2005. Electrocoagulation of Methylene Blue and eosin Yellowish using Mild Steel electrodes. *Journal of Hazardous Materials* **127**. 34–140
- Huren, Q.Y., Xiasheng, G. Z., Walter, T., 1996. Biological treatment of dye wastewaters using an anaerobic-oxic system, *Chemosphere* **33**, 2533–2542.
- Kim, T., Park, C., Shin, E. dan Kim, S., 2002. Decolorization of Disperse and Reactive Dye by Continuous Electrocoagulation Process. *Desalination* **150**. 165-175

- Koyba, M., Can, O.T., Bayramoglu, M. dan Sozbir M., 2004. Operating Cost Analysis of Electrocoagulation of Textile Dye Wastewater. *Sep. Purif. Technol.* **37**. 117–125
- Lee, H. Y., Choi, S. H., Gu, M. B., 2003. Response of bioluminescent bacteria to sixteen Azo dyes, *Biotechnol. Bioprocess Eng.* **8**, 101–105.
- Mohammad, Y.A., Saurabh, R., Prasanth, K., Madhavi, V., Tejas, S., Jewel, A.G., Mehmet, K. dan David, K., 2004. Treatment of Orange II Azo-dye by Electrocoagulation (EC) Technique in a Continuous Flow Cell Using Sacrificial Iron Electrodes. *Journal of Hazardous Material* **109**. 165–171
- Nemerow, N.L., 1971. *Industrial Water Pollution: Origins, Characteristics and Treatment*. Addison-Wesley. Canada.
- O'Neill, C., Lopez, A., Esteves, S., Hawkes, F.r., Hawkes, D.L., Wilcox, S., Azo Dye Degradation In an Anaerobic Treatment System Operating On Simulated Textile Effluent. *Application Microbial Biotechnology* **53**. 249–254
- Oxford; Dictionary of Chemistry*, 2001. Ed.5. Oxford University Press, Oxford.
- Parekh B.K., 1979. Ph.D. Dissertation, Pennsylvania State University, State College, PA,
- Pons, M.N., Alinsafi, A., Khemis, M., Leclerc, J.P., Yaacoubi, A., Benhammou, A. dan Nejmeddine, A., 2005. Electro-Coagulation of Reactive Textile Dyes and textile Wastewater. *Chem. Eng. Process* **44**. 461–470.
- Sanroman, M.A., Pazos, M., Ricart, M.T., Cameselle C., 2004. Electrochemical decolourisation of structurally different dyes. *Chemosphere* **57**. 233–239.

Sherman , A. dan Sherman, S. J., 1992. *Chemistry And Our Changging Worlds*. Ed 3 Prentice Hall. New Jersey.

Shen, Z., Wang, W., Jia, J., Ye, X., Feng, A. dan Peng, J., 2001. *Journal of Hazardous Material* **84**. 117-116

Slokar, Y.M. dan Marechal, A.M.L., 1998. Methods of Decoloration of Textile Wastewaters. *Dyes and Pigment* **37**. 335-356

Snowden-Swan L.J., 1995. Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry. Dlm : Freeman, H.M. (pnyt.) *Industrial Pollution Prevention Handbook*. McGraw-Hill, Inc.,New York

Tadao S., Noriko O., Takeshi K., Hideto S., 1992. Formation of Ternary Ion Associates Using Diprotic Acid Dyes and Its Application to Determination of Cationic Surfactants. *Mikrochim Acta* **106**, 45-55

Tak H.K., Chulhwan P., Eung B.S., Sangyong K., 2002. Decolorization of disperse and reactive dyes by continuous electrocoagulation process. *Desalination* **150**. 165-175

Vorobiev. E., Lerue. C., Vu. C. dan Durand B., 2003. Electrocoagulation and Coagulation by Iron of Latex Particels in Aqueous suspension. *Sep. Purif. Technol.* **31**. 177-192

Weber, W.J., Morris, C.J., 1962. *Removal of Biological Resistant Pollutants from Wastewater by Adsorption*.Ed. 2. Pergamon Press, New York.

Yousuf, M., Mollah, A., Schennach, R., Parga, J. R., Cocke, D.L., 2001. *Journal of Hazardous Material* **84**. 29-41.