

**DEGRADASI LIMBAH BATIK BERWARNA BIRU  
DENGAN METODE ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN  
ELEKTRODA PLATINUM**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai  
Gelar Sarjana Sains (S.Si) Program Studi Ilmu Kimia  
pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Islam Indonesia  
Jogjakarta**



Disusun oleh :

**YUWANTO HERI PURNOMO**

**No.Mhs : 00 612 053**

**JURUSAN ILMU KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
JOGJAKARTA  
2010**

**DEGRADASI LIMBAH BATIK BERWARNA BIRU  
DENGAN METODE ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN  
ELEKTRODA PLATINUM**

oleh :

**YUWANTO HERI PURNOMO**

**No.Mhs : 00 612 053**

Telah dipertahankan dihadapan Penguji Skripsi  
Jurusan Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Islam Indonesia

Tanggal : 23 September 2010

Dewan Penguji

1. Riyanto, M.Si.,Ph.D.
2. Dwiwarso Rubiyanto, S.Si.,M.Si.
3. Tatang Shabur Julianto, S.Si.,M.Si.
4. Dr. Is Fatimah, M.Si.

Tanda tangan



Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Islam Indonesia



Yandi Syukri, M.Si.,Apt.

## MOTTO

*“Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pemurah lagi Maha Penyayang.  
Segala puji bagi Allah, Tuhan semesta alam. Maha Pemurah lagi Maha  
Penyayang.*

*Yang menguasai hari pembalasan. Hanya kepada Engkaulah kami menyembah  
dan hanya kepada Engkaulah kami mohon pertolongan. Tunjukkanlah  
kami jalan yang lurus. (yaitu) jalan orang-orang yang telah Engkau  
anugerahkan nikmat kepada mereka; bukan (jalan) mereka yang  
dimurkai, dan bukan (pula jalan) mereka yang sesat.*

*(QS. Al Faatihah: 1-7)*

*“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, Maka apabila kamu telah  
selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan)  
yang lain” (QS. Alam Nasyrah: 6-7)*

*“Barang siapa ditanyakan kepadanya tentang sesuatu ilmu yang diketahui  
tetapi tidak mau menerangkan kepada penanya, maka Allah akan  
membelenggunya dengan api pada hari kiamat” (H. R. Ibnu Majah dari Abu  
Hurairah)*

*“Ridho Allah terletak pada ridhinya kedua orang tua, dan murka Allah terletak  
pada kemurkaan keduanya.” (H. R. Tarmidzi dan Hakim)*

## *Persembahan*

Laporan ini kupersembahkan sebagai tanda bakti dan sayangku kepada:

Bapak Yusman H.S dan Ibu Sumiati  
tercinta  
Kakak\_ku tersayang, Suyati, Suharsono, Gati  
Kartiningasih, serta adik\_ku yang tercinta Lilik  
Mintarto yang selalu mendukung dan mensupportku.  
dan seseorang yang tercipta untukku kelak yang  
sekarang telah singgah dihatiQ...

## THANKS TO.....

### Allah SWT

Hanya dengan kehendak-Nya segala keinginan dan harapan dapat terwujud. Terima kasih atas bimbingan yang Engkau berikan dalam menggapai setiap detik kehidupan. Amin amin ya Rabb....

### Bapak, Ibu, Kaka'dan Ade'

Bapakku tercinta, **Yusman H.S** atas dorongan moril, spirituil, dan tentu saja materiil yang senantiasa selalu membimbing dan tetep berusaha.....

Ibuku tercinta, **sumiati** atas bimbingan dan kasih sayangmu yang membuatku benar-benar menjadi seorang anak yang paling beruntung dilahirkan dikeluarga besar ini.....

Kakak\_2Q tersayang, **Suyati, Suharsono, Gati Kartininggsih** atas kasih sayangmu sebagai kakak yang patut diteladani dan dibanggakan.....

AdeQ yang tercinta **Lilik Mintarto** yang selalu mensupportQ dan bersemangat demi kemajuanQ, ayo dek semangat yach.....!!!!

Semua keluargaku dari keluarga Besar Blora, Pemalang dan Purbalingga. Terima kasih atas dukungannya selama ini yang merupakan nafas yang sangat berharga dalam urat nadi kehidupanku..

### Sahabatku Tersayang

**Sahabatku Tersayang...** Engkaulah yang selama ini menjadi tempatku berkeluh kesah, tempatku mengadu atas segala duka, lara, sedih dan gembira. Engkau juga tempatku meminta pertolongan. Engkau ada di saat aku membutuhkanmu. Engkau senantiasa berusaha memotivasiku, engkau membuatku malu terhadap diri sendiri. Engkaulah yang banyak membuatku belajar kehidupan, belajar menjadi pribadi yang lebih baik. Maafkan aku ya, walaupun namamu tidak kusebut, yang penting kamu selalu ada di dalam hati sanubariku. Terima kasih telah menjadi bagian dalam hidupku sebagai teman sahabat dan cinta. Bersamamu banyak asa dan harapan yang akan kita rajut 'tuk mencapainya. Dan aku akan selalu mengingat masa-masa kebersamaan kita, aku akan selalu **menanti kehadiranmu**

### Teman-teman Kost "Nurul Iman" tercinta

**Keluarga Besar Bp. Sugiman Notoraharjo dan Ibu Tumirah (Alm), Andre, Nina, Agus, dan Wahyu** yang telah memberikan tempat bagiku untuk berteduh menuntut ilmu hingga usai diwisuda, ku

mohon maaf apabila selama kehadiranku bapak dan ibu sekeluarga kurang berkenan dihati. Terima kasih banyak jasa yang berharga buatku, amin,.....

Buat temen seperjuangan *Sri suhartati* yang selalu memberikan semangat dan support luar biasa membuat seseorang menjadi hidup untuk berkarya,..... *Mba Fat*, thanks banget yang senantiasa berbagi pengalaman hidup yang membuatku menjadi orang yang tetep tegar dan tetep berusaha, *Haris Joni Rimbawan dan keluarga* yang sudah memberi semangat dan pinjaman Laptopnya sehingga Penulisan Laporan skripsiku sampai kelar, Ku tidak bisa membalas jasa kalian ku hanya bisa mengingat betapa besar jasmu bagiku, dan *Irma Nuswantari* yang sudah bersedia membantuku mentranslate,.... *Ari Wirawan* yang sudah meminjami buku-buku refrensi.

Keluarga besar Bpk.Djamin H.S dan Ibu Sumilatin yang telah menerima saya dalam rangka pengabdian masyarakat melalui KKN Tematik KKS unit 38 di Dukuh TanjungSari, sehingga segala kegiatan dan program kami dapat berjalan dengan lancar,..... amin. Buat Andri, Djohan dan Mas Yapro makasih atas bantuan selama kami berada di sana , tetep semangat dan rajin belajar semogga cita cita dan harapannya terkabul amin,.....

Temen-temen KKN Tematik KKS Unit 38 di Tanjungsari Roberta, Yongki, Eko, Risky, Saepul, Tita , Dienda dan Tiwi terima kasih atas kerjasamanya selama menjalankan tugas dan program kegiatan pengabdian masyarakat di Tanjungsari sehingga berjalan lancar dan sukses, jangan lupa maen-maen ke Tanjungsari,.....

Tak lupa untuk semua orang yang telah membantu dan tak bisa aku sebutkan satu persatu.

## KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan mengucapkan puji syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT atas rahmat dan segala limpahan nikmat dan karunia-Nya kami dapat menyelesaikan penelitian sehingga Skripsi dengan judul **“Degradasi Limbah Batik Berwarna Biru dengan Metode Elektrolisis Menggunakan Elektroda Platinum”** ini. Tak lupa pula penulis haturkan shalawat serta salam terhadap junjungan alam dan sang revolusioner Rasulullah Muhammad SAW yang telah membimbing umatnya dari zaman kejahiliyahan menuju dunia yang penuh dengan ilmu pengetahuan seperti sekarang ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara untuk mendegradasi limbah batik berwarna biru dengan metode elektrolisis. Hal tersebut dilakukan mengingat selama ini metode yang digunakan untuk mendegradasi limbah industri batik masih banyak kelemahan-kelemahan yaitu biaya yang mahal dan waktu yang relatif lama. Dengan adanya penelitian tersebut diharapkan dapat memberikan pengetahuan tentang cara mendegradasi limbah industri batik secara efisien.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Program Studi Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.

Penyelesaian penulisan Skripsi ini tidak terlepas dari bantuan pihak-pihak lain yang ikut terlibat di dalamnya. Untuk itulah, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Yandi Syukri, M.Si., Apt. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Riyanto, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Riyanto, M.Si., Ph.D. selaku Dosen pembimbing I.
4. Bapak Dwiarso Rubiyanto, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing II.
5. Bapak Tatang Shabur Julianto, S.Si., M.Si. selaku dosen Pembimbing Akademis dan Dosen Penguji I.
6. Ibu Dr. Is Fatimah, M.Si. selaku Dosen Penguji II.
7. Mas Cecep S, S.Si. selaku Laboran Laboratorium Terpadu Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan serta jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk penyempurnaan Skripsi ini. Semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun bagi pihak-pihak yang membutuhkan. Amien....

**Wassalamu'alaikum Wr. Wb.**

Jogjakarta, September 2010  
Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>THANKS TO</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>INTISARI</b> .....	xvi
<b>ABSTRAKSI</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Zat Warna .....	7
2.2 Penggolongan Zat Warna .....	8
2.3 Limbah Cair Tekstil .....	9

2.4 Pengolahan Limbah Cair Tekstil .....	11
2.5 Elektrolisis .....	16
2.5.1 Hukum Elektrolisis Faraday .....	19
<b>BAB III DASAR TEORI .....</b>	<b>21</b>
3.1 Industri Tekstil .....	21
3.1.1 Proses Pembuatan Batik .....	21
3.1.2 Proses Pembuatan Tekstil .....	21
3.1.3 Limbah Industri Tekstil .....	22
3.2 Limbah Industri Batik .....	26
3.3 Koagulasi dan Flokulasi .....	24
3.3.1 Elektrolisis .....	28
3.3.2 Pengertian Elektrolisis .....	28
3.3.3 Komponen-komponen pada Elektrokimia .....	29
3.3.4 Proses Penghantaran Arus Listrik .....	30
3.4 Spektrofotometri UV-Vis .....	31
3.4.1 Dasar Spektrofotometri UltraViolet dan Visibel .....	31
3.4 Hipotesis .....	38
<b>BAB IV METODE PENELITIAN .....</b>	<b>39</b>
<b>4.1 Alat dan Bahan Penelitian .....</b>	<b>39</b>
4.1.1 Alat-alat yang digunakan .....	39
4.1.2 Bahan-bahan yang digunakan .....	39
<b>4.2 Cara Kerja Penelitian .....</b>	<b>40</b>
4.2.1 Analisis Limbah Batik Berwarna Biru .....	41

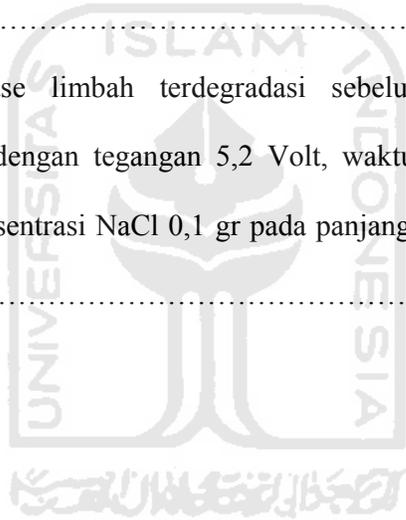
4.2.2 Pembuatan Elektroda dan Sel Elektrokimia .....	41
4.2.3 Elektrolisis Limbah Batik Berwarna Biru .....	41
4.2.4 Analisis Dengan Spektrofotometer UV-Vis .....	41
4.2.5 Optimasi kondisi elektrolisis seperti arus, potensial dan waktu elektrolisis .....	42
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>44</b>
5.1 Pengambilan Sampel (Sampling) .....	44
5.2 Analisa Limbah Batik Berwarna Biru .....	44
5.3 Data dan Pembahasan Spektrofotometer UV-Vis .....	44
5.3.1 Analisa limbah batik berwarna biru sebelum dan sesudah di elektrolisis .....	48
5.3.2 Analisis limbah batik berwarna biru dengan optimasi waktu	50
5.3.3 Analisis limbah batik berwarna biru dengan optimasi tegangan	53
5.3.4 Analisis limbah batik berwarna biru dengan optimasi konsentrasi NaCl .....	56
5.4 Efek Penambahan garam NaCl .....	59
5.5 Mekanisme Degradasi Limbah Batik Berwarna Biru .....	61
<b>BAB VI PENUTUP .....</b>	<b>65</b>
<b>6.1 KESIMPULAN .....</b>	<b>65</b>
<b>6.2 SARAN .....</b>	<b>65</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>67</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>70</b>

LAMPIRAN 1 Perhitungan Persentase Degradasi .....	70
LAMPIRAN 2 Foto Seperangkat Elektrolisis .....	78
LAMPIRAN 3 Dokumentasi Foto Penelitian .....	79



## DAFTAR TABEL

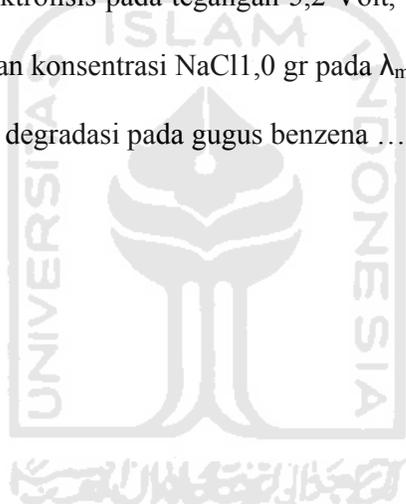
Tabel 1. Nama dan struktur kimia gugus kromofor .....	9
Tabel 2. Rata-rata penggunaan air untuk berbagai jenis industri .....	10
Tabel 3. Perbandingan beberapa metode pengolah limbah industri .....	12
Tabel 4. Data persentase limbah terdegradasi sebelum dan sesudah elektrolisi.....	48
Tabel 5. Data persentase limbah terdegradasi sebelum dan sesudah elektrolisis dengan tegangan 5,2 Volt, waktu elektrolisis 240 menit dan konsentrasi NaCl 0,1 gr pada panjang gelombang $\lambda_{maks}$ 673 nm .....	59



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur $\alpha$ -nafhtol .....	26
Gambar 2. Struktur C.I Acid Blue 62 .....	27
Gambar 3. Struktur reactive red 198 .....	28
Gambar 4. Struktur Acid Red 87 .....	28
Gambar 5. Sel elektrolisis .....	31
Gambar 6. Intensitas sinar pada Spektrofotometer UV-Vis .....	34
Gambar 7. Cuplikan sampel pada Spektrofotometer UV-Vis .....	36
Gambar 8. Rangkaian alat elektrolisis .....	47
Gambar 9. Spektra degradasi sebelum dan sesudah elektrolisis dengan waktu elektrolisis 60 dan 240 menit pada $\lambda_{maks}$ 673 nm .....	48
Gambar 10. Spektra hasil analisis untuk variasi waktu elektrolisis pada tegangan 5,2 volt dan konsentrasi NaCl 1,0 gr pada $\lambda_{maks}$ 673 nm.....	50
Gambar 11. Diagram waktu elektrolisis Vs % degradasi dengan tegangan 5,2 volt dan konsentrasi NaCl 1,0 gr pada $\lambda_{maks}$ 673 nm.....	51
Gambar 12. Spektra hasil analisis untuk variasi tegangan, dengan waktu elektrolisis 240 menit dan konsentrasi NaCl 1,0 gr pada $\lambda_{maks}$ 673 nm .....	
Gambar 13. Diagram tegangan Vs % degradasi dengan waktu elektrolisis 240 menit dan konsentrasi NaCl 1,0 gr pada $\lambda_{maks}$ 673 nm .....	54

Gambar 14. Spektra hasil analisis dengan variasi konsentrasi NaCl, untuk tegangan 5,2 volt dan waktu elektrolisis 240 menit pada $\lambda_{maks}$ 673 nm .....	56
Gambar15. Diagram % degradasi dengan variasi konsentrasi NaCl pada tegangan 5,2 volt dan waktu elektrolisis 240 menit pada $\lambda_{maks}$ 673 nm .....	57
Gambar 16. Spektra degradasi limbah batik berwarna biru sebelum dan sesudah elektrolisis pada tegangan 5,2 Volt, waktu elektrolisis 240 menit dan konsentrasi NaCl 1,0 gr pada $\lambda_{maks}$ 673 nm .....	59
Gambar 17. Tahap reaksi degradasi pada gugus benzena .....	63



**DEGRADASI LIMBAH BATIK BERWARNA BIRU  
DENGAN METODE ELEKTROLISIS MENGGUNAKAN  
ELEKTRODA PLATINUM**

**YUWANTO HERI PURNOMO**

**No. Mhs : 00 612 053**

**INTISARI**

Telah dilakukan penelitian tentang degradasi limbah batik berwarna biru secara elektrolisis dengan menggunakan elektroda Platinum. Penelitian ini dilakukan dengan cara limbah batik terlebih dahulu dipreparasi dengan cara diencerkan dengan menggunakan aquadest sebanyak 20 kali. Setelah pengenceran sampel kemudian dimasukkan ke dalam gelas beker yang sudah diletakkan di atas pengaduk stirrer. Elektroda platinum dipasang sedemikian rupa sehingga antara anoda dan katoda saling berhadapan. Kedua elektroda tersebut kemudian dihubungkan dengan sumber arus DC. Dalam penelitian digunakan beberapa variasi yaitu potensial, waktu elektrolisis dan konsentrasi NaCl yang ditambahkan. Katoda dihubungkan dengan kutub negatif sedangkan pada anoda dihubungkan pada kutub positif. Luas platinum pada katoda yang tercelup dalam larutan sampel adalah  $3 \text{ cm}^2$  dan luas platinum pada anoda yang tercelup dalam larutan sampel adalah  $1 \text{ cm}^2$ . Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode elektrolisis dengan menggunakan elektroda platinum dapat mendegradasi limbah batik berwarna biru. Sedangkan persentase degradasi limbah batik berwarna biru optimal pada saat elektrolisis menggunakan tegangan 5,2 Volt, waktu elektrolisis 240 menit serta konsentrasi NaCl 1,0 gr pada  $\lambda_{\text{maks}}$  673 nm dengan persentase degradasi yaitu sebesar 97,33 %.

Kata kunci : *limbah batik biru, platinum, elektrolisis,*

**DEGRADATION OF BATIK BLUE COLOR WASTE  
WITH ELECTROLYSIS METHOD BY  
PLATINUM ELECTRODES**

**YUWANTO HERI PURNOMO**

**No. Mhs : 00 612 053**

**ABSTRACT**

Degradation of blue color batik waste water using electrolysis method by platinum electrodes has been done. This research has been done by use batik wastewater was prepared by diluted using aquadest at 20 times. After has been diluted sample, was processed in beaker glass that has been placed on stirrer mixer. Platinum electrode has ben properly, in which position of anoda and cathode facing each other. Next both electrode is connected with DC current. In the study used some variation the potential, electrolysis time and the concentration of NaCl were added. Cathode was connected using negative polar, and anode was connected using positif polar. Platinum area in cathode that immersed on batik waste was 3 cm<sup>2</sup> and platinum area in anode that immersed on batik waste was 1 cm<sup>2</sup>. The research results show that the electrolysis method using platinum electrode able to degrade of blue color batik industrial waste. While percentage of blue color batik industrial waste degradation optimal blue color batik industrial during electrolysis by a using Voltage 5,2 volt, the electrolysis time of 240 minutes, and using 1,0 gram NaCl on λmaks of 673 nm with the percentage of 97,33%.

Keywords: *waste batik blue, platinum, electrolysis*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan industri di Indonesia saat ini semakin pesat, seiring dengan perkembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Salah satu wujud perkembangan industri di Indonesia adalah industri tekstil. Hal ini ditandai dengan munculnya berbagai macam industri rumah tangga baik skala besar maupun kecil. Salah satu industri rumah tangga yang juga bergerak di bidang tekstil adalah industri batik. Sebagaimana yang telah dikukuhkan oleh UNESCO pada Tanggal 2 Oktober 2009, bahwa batik merupakan warisan budaya dunia (*World Cultural Heritage*) yang perlu dihargai dan dilestarikan sebagai karya bangsa Indonesia.

Berbagai macam industri yang bermunculan tentu akan mengakibatkan dampak yang timbul baik positif maupun dampak negatif. Dampak positif tentu menguntungkan manusia misalnya saja kesempatan bekerja untuk mendapat pekerjaan, tingkat pendapatan dan kesejahteraan meningkat, daya beli masyarakat terjangkau, dan pada akhirnya akan mendorong suatu negara akan lebih maju dan kehidupan penduduk semakin lebih terjamin.

Namun, dampak negatif yang dirasakan tidak kalah hebatnya yaitu muncul berbagai macam pencemaran lingkungan yang disebabkan dari pembuangan limbah industri langsung ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu. Sehingga lingkungan rusak menyebabkan keseimbangan ekosistem dan

kelestarian lingkungan tidak seimbang. Salah satu penyumbang pencemar lingkungan tersebut adalah industri tekstil dan salah satunya adalah industri batik.

Perkembangan industri ini akan menimbulkan kerusakan lingkungan apabila tidak diterapkannya sistem pengolahan limbah yang benar dan ramah lingkungan. Sebelum limbah dilepas ke lingkungan bebas maka limbah harus diolah terlebih dahulu agar tidak merusak lingkungan. Apabila lingkungan rusak menyebabkan keseimbangan ekosistem dan kelestarian lingkungan yang tidak seimbang. Salah satu penyumbang pencemar lingkungan tersebut adalah industri tekstil dan salah satunya adalah industri batik.

Untuk limbah industri tekstil terdiri dari limbah padat dan limbah cair. Pemasakan dan maserisasi kapas serta pemucatan semua kain adalah sumber limbah cair yang penting, yang menghasilkan asam, basa, COD, BOD, padatan tersuspensi dan zat-zat kimia. Proses-proses ini menghasilkan limbah cair dengan volume besar, pH yang sangat bervariasi dan beban pencemaran yang tergantung pada proses dan zat kimia yang digunakan. Pewarnaan dan pembilasan menghasilkan air limbah yang berwarna dengan COD tinggi dan bahan-bahan lain dari zat warna yang dipakai, seperti fenol dan logam.

Industri tekstil merupakan salah satu penghasil limbah cair yang berasal dari proses pewarnaan. Selain kandungan zat warnanya tinggi, limbah industri tekstil juga mengandung bahan-bahan sintetik yang sukar larut atau sukar diuraikan (Atmaji, 1999). Industri batik merupakan industri tekstil yang memerlukan bahan-bahan kimia baik alami maupun non alami serta air dalam jumlah yang sangat besar dalam proses pewarnaan. Setelah proses pewarnaan

selesai, akan dihasilkan limbah cair yang berwarna keruh dan pekat. Biasanya warna air limbah tergantung pada zat warna yang digunakan. Limbah air yang berwarna-warni ini yang menyebabkan masalah terhadap lingkungan.

Limbah industri batik yang dibuang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang berdampak besar bagi masyarakat sekitar terutama dalam segi kesehatan dan kebersihan. Limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil umumnya merupakan senyawa organik *non-biodegradable*, yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama lingkungan perairan. Di lingkungan, senyawa zat warna sebenarnya dapat mengalami dekomposisi secara alami oleh adanya cahaya matahari, namun reaksi ini berlangsung relatif lambat, karena intensitas cahaya UV yang sampai ke permukaan bumi relatif rendah sehingga akumulasi zat warna ke dasar perairan atau tanah lebih cepat daripada fotodegradasinya (Gunlazuardi, 2001).

Jika industri tersebut membuang limbah cair, maka aliran limbah tersebut akan melalui perairan di sekitar pemukiman. Dengan demikian mutu lingkungan tempat tinggal penduduk menjadi turun. Limbah tersebut dapat menaikkan kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*). Jika hal ini melampaui ambang batas yang diperbolehkan, maka gejala yang paling mudah diketahui adalah matinya organisme perairan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan limbah industri tekstil yang lebih lanjut agar limbah ini aman bagi lingkungan.

Salah satu contoh zat warna yang banyak dipakai industri tekstil adalah metilen biru (Tahir dan Wijaya, 2004). Dalam pewarnaan, senyawa ini hanya digunakan sekitar 5% sedangkan sisanya yaitu 95% akan dibuang sebagai limbah.

Senyawa ini cukup stabil sehingga sangat sulit untuk terdegradasi di alam dan berbahaya bagi lingkungan apalagi dalam konsentrasi yang sangat besar karena dapat menaikkan COD. Hal ini tentu saja dapat merusak keseimbangan ekosistem lingkungan yang ditandai dengan matinya organisme perairan di sekitar lokasi pembuangan limbah sehingga perlu pengolahan lebih lanjut agar limbah tekstil ini aman bagi lingkungan.

Saat ini berbagai teknik atau metode penanggulangan limbah tekstil telah dikembangkan, di antaranya adalah metode adsorpsi. Namun metode ini ternyata kurang begitu efektif karena zat warna tekstil yang diadsorpsi tersebut masih terakumulasi di dalam adsorben yang pada suatu saat nanti akan menimbulkan persoalan baru. Sebagai alternatif, dikembangkan metode fotodegradasi dengan menggunakan bahan fotokatalis dan radiasi sinar ultraviolet. Metode fotodegradasi akan membuat zat warna terurai menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana dan lebih aman untuk lingkungan (Gunlazuardi, 2000).

Beberapa peneliti juga pernah melakukan penelitian, salah satunya yaitu adsorpsi metilen biru dengan menggunakan karbon aktif (Yasin, 2004), adsorpsi limbah zat warna tekstil jenis Celadon Red X5B menggunakan tanah alofan teraktivasi NaOH, adsorpsi zat warna tekstil Remazol Yellow FG pada limbah batik menggunakan enceng gondok teraktivasi NaOH (Aryunani, 2003).

Selain itu, pengolahan secara biologi juga banyak dilakukan. Salah satunya yaitu dengan menggunakan tanaman bakau sebagai bahan pengadsorpsi limbah. Namun beberapa proses pengolahan limbah tekstil di atas banyak kelemahannya yaitu memerlukan bahan kimia yang mahal, memerlukan proses

pemisahan bahan kimia dengan air limbah serta menghasilkan limbah baru yang berasal dari sisa bahan kimia yang telah digunakan. Proses kimia tidak ramah terhadap lingkungan. Proses biologi memerlukan teknologi yang sangat rumit dan proses ini tidak tahan terhadap konsentrasi zat warna dalam limbah sangat pekat, karena mikroba akan keracunan. Kelemahan cara fisik memerlukan biaya yang mahal untuk prosesnya.

Karena beberapa kelemahan tersebut ada cara baru yang diusulkan yaitu pengolahan limbah cair industri tekstil dengan cara elektrolisis. Cara elektrolisis sangat sesuai untuk mengolah limbah cair tekstil yang banyak mengandung zat warna organik, karena degradasi di anoda akan mudah terjadi referensi. Cara elektrolisis tidak memerlukan bahan-bahan kimia tambahan, tidak memerlukan proses pemisahan karena katalis bersifat heterogen dan cara penggunaan yang mudah.

Hasil akhir proses elektrolisis adalah air dan gas karbon dioksida. Cara elektrolisis tidak memerlukan katalis karena anoda dapat bersifat sebagai katalis dan tempat oksidasi atau reduksi. Dengan didapatkan cara pengolahan yang tepat dan murah, pihak industri di samping merasa tidak dirugikan, juga limbah yang dikeluarkan akan memenuhi baku mutu lingkungan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Apakah limbah batik berwarna biru dapat didegradasi menggunakan metode elektrolisis dengan elektroda Platinum?
2. Bagaimanakah persentase degradasi limbah batik berwarna biru dengan menggunakan metode elektrolisis dengan elektroda Platinum?

3. Bagaimanakah kondisi optimum elektrolisis yang meliputi tegangan, waktu elektrolisis dan penambahan konsentrasi NaCl?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Mendegradasi limbah batik berwarna biru menggunakan metode elektrolisis dengan elektroda yang digunakan adalah Platinum.
2. Mengetahui persentase degradasi limbah batik berwarna biru menggunakan metode elektrolisis dengan elektroda Platinum.
3. Mengetahui kondisi optimum elektrolisis yang meliputi tegangan, waktu elektrolisis, dan penambahan konsentrasi NaCl.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Dari penelitian yang telah dilakukan, manfaat yang diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Memperoleh pengetahuan tentang metode alternatif yang dapat digunakan untuk mendegradasi limbah batik.
2. Dapat mengatasi permasalahan limbah batik dengan mudah, murah dan efisien. Penelitian ini dilakukan murah karena elektroda Platinum dapat digunakan berkali-kali tanpa harus membeli elektroda yang baru.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Zat Warna

Molekul zat warna merupakan gabungan dari zat organik tidak jenuh dengan kromofor sebagai pembawa atau pengaktif kerja warna dan Auksokrom sebagai pengikat warna dengan serat (Risnandar dan Kurniawan, 1998). Beberapa contoh gabungan dari zat organik yang tak jenuh yang dijumpai dalam pembentukan zat warna adalah senyawa aromatik antara lain :

1. Senyawa-senyawa hidrokarbon aromatik dan turunannya seperti :
  - a. Benzena, Toluena, Xilena, Naftalena, Antrasena, dan Xantena.
2. Fenol dan turunannya seperti; Fenol dan Kresol.
3. Senyawa-senyawa hidrokarbon yang mengandung Nitrogen seperti :
  - b. Piridin, Kinolin, dan Karbozolom

Gugus kromofor merupakan gugus yang menyebabkan molekul menjadi berwarna seperti pada Tabel 1. sedangkan auksokrom memberi daya ikat terhadap serat yang diwarnainya.

Gugus auksokrom terdiri dari dua golongan yaitu :

Golongan kation :  $\text{NH}_2$ ,  $\text{NHR}$ ,  $-\text{NR}_2$

Golongan Anion :  $-\text{SO}_3\text{H}$ ,  $-\text{OH}$ ,  $-\text{CO}$ ,  $-\text{COOH}$

Tabel 1. Nama dan struktur kimia gugus kromofor

Nama gugus	Struktur Kimia
Nitroso	NO atau ( -N-OH )
Nitro	NO <sub>2</sub> atau ( N-OOH )
Grup Azo	N=N
Grup Etilen	C=C
Group Karbonil	C-O
Group Karbon- Nitrogen	C=NH , CH=N-
Group Karbon- Sulfur	-C=S , -C-S-S-C

## 2.2 Penggolongan Zat Warna

Zat warna dapat digolongkan menurut sumber yang diperolehnya yaitu zat warna alam dan zat warna sintetik. Zat warna alam merupakan zat warna yang berasal dari alam misalnya dari tumbuh-tumbuhan dan hewan. Contohnya : nila (indigo) untuk warna biru, kulit batang jeruk untuk warna kuning, ketapang untuk warna coklat kehitaman. Sedang zat warna dari hewan misalnya lendir kerang untuk warna merah, Caro untuk warna merah tua. Zat warna sintetik atau buatan merupakan zat warna yang dibuat oleh manusia misalnya zat warna asam, basa, maupun naphthol.

Zat warna berdasarkan pemakaiannya yaitu zat warna substantif dimana zat tersebut langsung dapat mewarnai serat dan zat warna reaktif merupakan zat warna yang memerlukan zat-zat pembantu supaya dapat mewarnai serat. zat warna menjadi dua bagian berdasarkan warna yang ditimbulkannya yaitu zat warna monogenik apabila hanya memberikan satu warna sedangkan zat warna poligenik apabila memberikan beberapa jenis warna.

Penggolongan zat warna secara umum dikenal berdasarkan konstitusinya atau struktur molekul dan berdasarkan aplikasi atau cara pewarnaan pada bahan. Misalnya di dalam pencelupan dan pencapan bahan tekstil, kulit, kertas, maupun bahan-bahan lain.

Berdasarkan Color Index volume 3 digolongkan atas dasar sistem kromofor yang berbeda misalnya : Zat warna Azo, Antrakuinon, Flaiosia, Nitroso, Indigo, Benzodifuran, Okazin, Polimetil, Di- dan Tri- Arilkarbonium, Polisiklik, Aromatik karbonil, Quinon Ftlalen, Sulfur, Nitro, Nitrosol, dan lain-lain (Heaton, 1994).

Lebih 50% zat warna dalam color index adalah zat warna azo, karena mempunyai sistem dari gugus azo ( $-N=N-$ ) yang berikatan dengan gugus aromatik. Lingkungan zat warna azo sangat luas mulai dari warna kuning, merah, jingga, biru, AL (Navy Blue), Violet, dan Hitam hanya untuk warna hijau yang sangat terbatas.

Dari uraian di atas sangat jelas bahwa tiap-tiap jenis zat warna mempunyai kegunaan tertentu dan sifat-sifat tertentu pula, pemilihan ini tergantung pada bermacam-macam faktor antara lain : jenis serat yang diwarnai, macam warna yang dipilih dan warna-warna yang tersedia, tahan lunturnya, dan peralatan yang tersedia.

### **2.3 Limbah Cair Tekstil**

Kegiatan industri tekstil memiliki potensi menimbulkan pencemaran lingkungan hidup dengan melakukan proses industri yang mengolah bahan baku, bahan setengah jadi dan barang jadi menjadi barang yang lebih tinggi bagi

penggunanya, termasuk kegiatan rancang bangun dan perekayasa industri. Salah satu kegiatan industri yang banyak mencemari lingkungan hidup adalah industri tekstil. Banyaknya pemakaian air dari industri khususnya industri tekstil seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata penggunaan air untuk berbagai jenis industri

No	Jenis Kegiatan	Rata-rata volume air ( $m^3/m^2$ )
1	Industri Kalengan	
	Sayur hijau	50 - 70
	Buah-buahan, buah pear	15 - 30
	Lain-lain, buah-buahan dan sayuran	4 - 35
2	Industri bahan kimia	
	Amoniak	100 - 130
	Karbondioksida	60 - 90
	Bensin	7 - 30
	Laktosa	600 - 800
	Sulfur/ belerang	8 - 18
3	Makanan dan Minuman	
	Bir	10 - 16
	Roti	2 - 4
	Pengepakan daging	15 - 20
	Produksi susu	10 - 20
	Minuman keras	60 - 80
4	Bubur kayu dan kertas	
	Bubur kayu	200 - 800
	Pabrik kertas	120 - 180
5	Tekstil	
	Pengelantangan	200 - 300
	Pencelupan	30 - 60

Sumber : Sugiharto, 1987

Pada industri tekstil, pemakaian air terutama dipergunakan untuk keperluan sebagai air pendingin dan air proses. Baik untuk keperluan proses maupun untuk pendingin kebutuhan air sangat banyak. Selain itu air juga diperlukan dalam jumlah yang banyak sebagai air umpan ketel dan air service.

Adapun rata-rata volume air yang dipergunakan dalam industri tekstil secara keseluruhan untuk kegiatan industri diperkirakan kurang lebih 0,005–0,3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> produk tekstil (Sugiharto, 1987).

Pada dasarnya aktivitas tekstil berpotensi menghasilkan limbah mulai dari proses pemintalan sampai *Finishing*, baik limbah padat maupun limbah cair. Limbah pewarnaan pada industri tekstil menggunakan komponen diantaranya sisa zat warna (*Dye Stuff*), garam (*Glauber Salt*), kaustik soda dan bahan aktif seperti, Urea, Sodium alginate, Sodium bikarbonat serta air (sisa pewarnaan dan pencucian) kurang lebih 24% dari zat warna, 68% dari garam yang di butuhkan pada proses pewarnaan sebagai limbah.

#### **2.4 Pengolahan Limbah Industri Tekstil**

Pengolahan limbah industri tekstil telah banyak dilakukan penelitian. Beberapa teknik yang selama ini digunakan dapat ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan beberapa metode untuk mengolah limbah tekstil

Metode Pengolahan Limbah	Cara kerja	Efektifitas
Cara Biologi	Lumpur yang diaktivasi dengan bantuan aerasi	Penurunan BOD
Pengendapan Kimia	Penambahan bahan pengendap $Al^{3+}$ , $Fe^{3+}$ , $Ca^{2+}$ dengan pengaturan pH	Penurunan Logam berat, TSS, COD, dan BOD
Karbon Diaktivasi	Penyerapan dengan Karbon	COD, BOD dan Warna
Ultrafiltrasi	Penyaringan dengan menggunakan membran polimer	COD, BOD, dan warna
Oksidasi dengan ozon	Proses oksidasi limbah dengan ozon	COD, BOD dan Warna

Pada industri tekstil pengolahan limbah dilakukan beberapa langkah atau tahapan yaitu :

1. Pengolahan pendahuluan (*pre treatment*)

Pada pengolahan ini dilakukan pembersihan agar mempercepat dan memperlancar proses pengolahan selanjutnya.

2. Pengolahan pertama (*primary treatment*)

Pengolahan ini bertujuan untuk menghilangkan zat padat tercampur melalui pengendapan dan pengapungan.

3. Pengolahan kedua (*second treatment*)

Pada pengolahan ini mencakup proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada didalamnya. Di sini reaktor pengolahan lumpur aktif yang bertujuan untuk memperbanyak jumlah bakteri agar proses biologis dalam menguraikan bahan organik berjalan lebih cepat.

4. Pengolahann ketiga (*tertiary treatment*)

Pengolahan ini merupakan kelanjutan dari pengolahan terdahulu, disamping itu pengolahan ini merupakan secara khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam limbah air yang khusus pula.

5. Pembunuhan kuman (*desinfektan*)

Pembunuhan kuman bertujuan untuk mengurangi atau membunuh mikroorganismenya patogen yang ada didalam air, biasanya digunakan klorin yang komponennya dapat mematikan bakteri dengan cara merusak atau menonaktifkan enzim utama sehingga menyebabkan kerusakan pada dinding sel.

6. Pembuangan Lanjutan (*Ultimate disposal*)

Pada pengolahan ini dihasilkan berupa lumpur, sehingga perlu dilakukan proses lanjutan yaitu pemekatan, penstabilan, pengaturan, pengurangan air, penjernihan dan terakhir pembuangan.

Pengolahan limbah batik dengan proses kimia dan adsorpsi karbon aktif telah dilakukan oleh Setyaningsih, (2007). Pengolahan limbah yang dipilih adalah dengan proses kimia dan fisika, hal ini karena tujuan utama dari pengolahan limbah batik adalah penghilangan warna dari limbah batik. Koagulan yang digunakan adalah  $\text{FeSO}_4$  dan  $\text{Ca(OH)}_2$ . Untuk mendapatkan pengolahan limbah dengan cara paling tepat, dilakukan rangkaian percobaan pengolahan limbah yaitu koagulasi/flokulasi-sedimensi, koagulasi-flotasi, koagulasi/flokulasi sedimentasi-adsorpsi dan proses adsorpsi. Hasil penelitian Setyaningsih, (2007) didapatkan cara yang paling baik adalah proses koagulasi/flokulasi-sedimensi-adsorpsi, dengan persen pengurangan warna sebesar 100%. Jenis adsorben yang paling

bagus adalah karbon aktif tempurung kelapa, karbon aktif sekam padi, karbon aktif batu bara lokal dan karbon aktif batu bara impor.

Pengolahan Senyawa Metilen Biru dengan menggunakan adsorpsi karbon aktif juga telah dilakukan. Parameter yang digunakan adalah pH larutan, waktu kontak, dan aktivitas adsorben. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa karbon aktif dapat mendegradasi metilen biru (Yasin, 2004).

Fatimah (2005) melaporkan tentang sintesis  $ZrO_2$ -montmorillonit dan aktifitasnya dalam fotodegradasi rhodamin B. Degradasi senyawa organik sebagian besar mengikuti reaksi tingkat satu. Laporan ini didukung penelitian yang dilakukan oleh Nogucira dan Jardim, (1993) yang mengamati fotodegradasi metilen biru oleh sinar matahari dengan menggunakan katalis  $TiO_2$ . Aktivitas  $TiO_2$  untuk mendegradasi metilen biru dalam penelitian tersebut cukup baik. Dimana sampel metilen biru dapat terdegradasi sampai 99% dalam waktu satu jam.

Sintesis komposit  $TiO_2$  bentonit dan pegujian produk sebagai fotokatalis untuk mendegradasi larutan zat warna metilen biru telah dilakukan. Komposit bentonit terpillar  $TiO$  disintesis dari bentonit alam dengan agen pemilar kompleks-Ti yang dibuat dengan menambahkan  $TiCl_4$  0,01 M ke dalam HCl 6 M kemudian diencerkan dengan air bebas ion hingga diperoleh konsentrasi Ti akhir 0,082 M. Selanjutnya melalui proses kalsinasi pada temperatur  $350^\circ C$  selama 12 jam akan terbentuk bentonit terpillar  $TiO_2$ . Aplikasi fotokatalis untuk degradasi dilakukan dengan menambahkan 25 mg bentonit terpillar  $TiO_2$  kedalam 25 mL, larutan metilen biru 104 M kemudian disinari dengan sinar ultraviolet pada panjang

gelombang 350 nm pada temperatur kamar dengan variasi waktu 10, 20, 30, 40, 50 dan 60 menit. Pengurangan metilen biru akibat fotodegradasi dianalisis dengan spektroskopi ultraviolet. Hasil analisis menunjukkan bahwa telah terbentuk komposit bentonit yang terpillar yang ditunjukkan dengan peningkatan basal spacing ( $d_{001}$ ) sebesar 11,07 Å, peningkatan luas permukaan spesifik sebesar 143,543  $\text{m}^2/\text{g}$  dan peningkatan volume total pori sebesar  $1,139 \times 10^{-1} \text{ mL/g}$ . Penentuan kandungan Ti dalam bentonit, tertinggi diperoleh pada bentonit terpillar sebesar 18,17 % (b/b) yang menunjukkan bahwa pemiliran dengan  $\text{TiO}_2$  telah berhasil. Konsentrasi metilen biru berkurang setelah suspensi disinari dengan sinar UV dan dikatalisis dengan  $\text{TiO}_2$  bentonit, yang menunjukkan bahwa degradasi metilen biru sudah terjadi. Kajian kinetika menunjukkan reaksi degradasi metilen biru mengikuti orde satu dengan konstanta laju reaksi sebesar 0,354 detik (Tahir dan Wijaya, 2004).

Festianti (2005) telah melakukan penelitian tentang sintesis  $\text{TiO}_2$ -Montmorillonit dan aplikasinya sebagai katalis untuk mendegradasi *congo red*. Montmorillonit terpillar  $\text{TiO}_2$  disintesis dari Montmorillonit alam sebagai agen pemilar Ti.  $\text{TiO}_2$ -Montmorillonit yang terbentuk untuk mendegradasi senyawa pencemar *congo red*.

Kurniasih (2006) melakukan penelitian tentang sintesis  $\text{TiO}_2$ -Montmorillonit dan aplikasinya sebagai katalis untuk mendegradasi Alizarin S. Analisa pengukuran Alizarin S akibat fotodegradasi dengan spektroskopi UV. Hasil yang diperoleh menunjukkan analisis spektroskopi UV dan dikatalisis dengan  $\text{TiO}_2$ -Montmorillonit menunjukkan bahwa degradasi Alizarin S telah

terjadi. Montmorillonit terpillar  $\text{TiO}_2$  mempunyai kemampuan sebagai katalis reaksi fotodegradasi lebih baik dari fotodegradasi lebih baik dari montmorillonit alam dengan turunannya konsentrasi tiap penambahan waktu penyinaran pada saat fotodegradasi.

Metode oksidasi dengan menggunakan bahan-bahan pengoksidasi dengan teknik *advanced oxidation processes* (AOP) telah dikembangkan dengan menggunakan radikal bebas hidroksi. AOP proses menggunakan kombinasi ozone ( $\text{O}_3$ ), hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) dan radiasi sinar UV. Teknik ini sangat baik untuk mengurangi warna limbah tetapi tidak mampu menurunkan angka COD.

## 2.5 Elektrolisis

Elektroda yang sering digunakan dalam elektrolisis senyawa organik seperti zat warna adalah ruthenium, rhodium, lead dan stannum oksida (Vlyssides dan Israilides, 1998). Penggunaan elektroda  $\text{PbO}_2$  sebagai anoda telah banyak digunakan untuk elektrolisis (Nicola dan Badea, 1996; Tezuka dan Jwasaki, 1996; Casado dan Brillas, 1996). Senyawa orange (II) telah dapat didegradasi secara sempurna selama 120 menit dengan metode elektrolisis menggunakan anoda  $\text{PbO}_2$  dengan densitas arus  $0,2 \text{ Acm}^{-2}$ . Polcaro et al., (1999) telah melakukan studi elektrolisis 2-chlorophenol dengan anoda  $\text{Ti/PbO}_2$ . Elektroda  $\text{Ti/PbO}_2$  banyak digunakan dalam berbagai industri untuk mengolah limbah cair. Elektroda alloy yaitu gabungan antara Cr, Ni, dan Mg (*Stainless steel*) secara spesifik banyak digunakan dalam elektrolisis limbah tekstil. Metode elektrolisis yang sering digunakan dalam mengolah limbah tekstil adalah metode elektrooksidasi. Metode

ini merupakan metode yang efektif, selektif, ekonomis, bebas polutan dan sangat sesuai untuk senyawa-senyawa organik. Hasil akhirnya adalah air dan gas karbon dioksida (Polcaro et al., 1999).

Teknik elektrolisis tidak memerlukan bahan pengoksidasi dan juga katalis, karena elektroda (kutub positif) dapat berfungsi sebagai tempat oksidasi dan pada waktu yang sama dapat berfungsi sebagai katalis. Hal ini menurut pendapat Conway (1986) menyatakan bahwa senyawa organik banyak yang mengalami reaksi di permukaan elektroda bahan padat. Logam dan oksidanya mempunyai sifat alami sebagai katalis aktif, sehingga reaksi organik elektrokimia berlangsung lebih efisien dan elektroda juga berfungsi sebagai tempat oksidasi. Dari uraian di atas disimpulkan bahwa pada waktu yang sama di permukaan elektroda terjadi peristiwa oksidasi dan katalisis, sehingga dapat meningkatkan kecepatan reaksi. Menurut teori termodinamika reversible (Groot, 1963) kemungkinan adanya penggabungan oksidasi dan katalisis di permukaan elektroda sangat mungkin terjadi.

Semua reaksi elektrokimia melibatkan katalis, karena dalam reaksi elektrokimia mengandung elektroda yang digunakan sebagai tempat pertukaran elektron yaitu katalis heterogen. Elektroda memainkan peranan sebagai katalis atau lebih tepat menggunakan istilah katalis elektrokimia, karena katalisis ialah reaksi perpindahan elektron. Kyriacou (1981) menamakan peristiwa katalisis dalam elektrokimia dengan elektrokatalis.

Cara menjalankan elektrolisis dengan menaikkan potensial lebih pada interval waktu tertentu dan reaksi di elektroda didominasi oleh transfer muatan,

maka akan terjadi arus naik sebagai fungsi dari potensial lebih. Bila kenaikan potensial lebih tidak menaikkan arus maka proses reaksi didominasi oleh transfer masa (Bockris and Drazic, 1972).

Aplikasi elektrolisis untuk oksidasi atau reduksi senyawa organik seperti identifikasi limbah beracun, telah mengoksidasi fenol dengan menggunakan elektrolisis dan elektroda berpori. Elektroda yang digunakan yaitu platinum sebagai katoda dan zeolit yang dimasuki oleh logam Sn dan dalam waktu yang singkat elektrolisis yang dihasilkan cukup baik.

Elektrolisis adalah peristiwa penguraian atau perubahan kimia senyawa tertentu jika dilewatkan muatan atau arus listrik melalui larutan elektrolit zat cair senyawa tersebut. Arus yang dihantar melalui perpindahan ion-ion kation ke katoda dan anion ke anoda padanya terjadi pemisahan ion-ion suatu elektrolisis karena pengaruh listrik sehingga terbentuk persenyawaan lain akibat jual beli elektron dari dan ke elektroda.

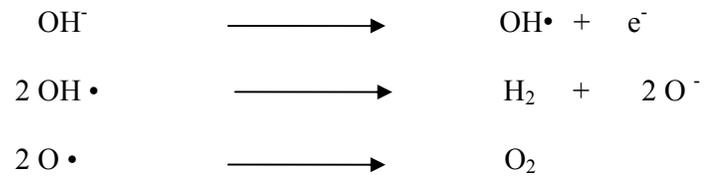
Pada elektrolisis air, ion-ion positif akan lari ke katoda dan ion-ion negatif bergerak ke anoda hendaknya di berikan sedikit asam, basa, atau garam yang dapat larut agar larutannya langsung menghantar listrik, sebab air murni nyaris sebagai medium konduktor.



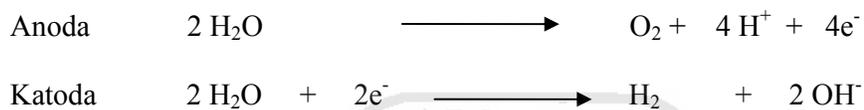
Reaksi reduksi pada katoda :



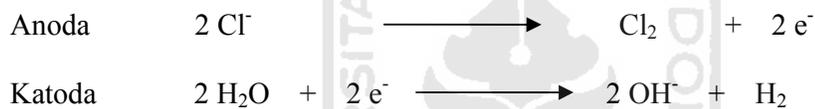
Reaksi oksidasi pada anoda :



Pentingnya suasana sistem yang dielektrolisa ditunjukkan elektrolisis NaCl dielektrolisis menggunakan elektroda Platinum adalah



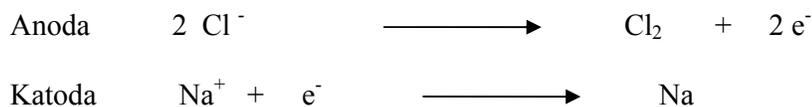
Jika larutannya cukup pekat, reaksi yang terjadi :



Jika leburan NaCl dielektrolisis maka reaksi pada elektroda adalah



Jika larutan NaCl pada elektrolisis digunakan raksa sebagai katoda, reaksi pada elektroda adalah



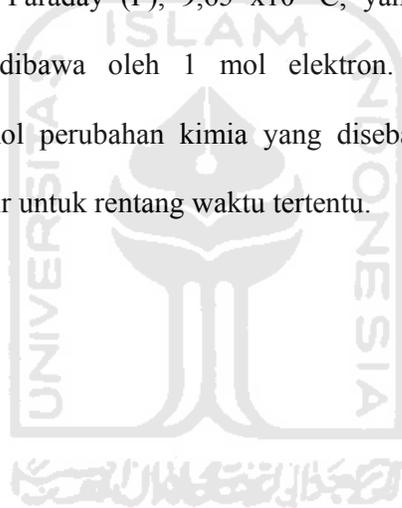
### 2.5.1 Hukum elektrolisis Faraday

Hukum elektrolisis Faraday

1. Jumlah zat yang dihasilkan dielektroda sebanding dengan jumlah arus listrik yang melalui sel.

2. Bila sejumlah tertentu arus listrik melalui sel, jumlah mol zat yang berubah dielektroda adalah konstan tidak tergantung jenis zat. Misalnya kuantitas listrik yang diperlukan untuk mengendapkan 1 mol logam monovalen listrik adalah 96.485 C (*Coulomb*) tidak bergantung pada jenis logamnya.

C (*Coulomb*) adalah satuan muatan listrik, dan 1 C adalah muatan yang dihasilkan bila arus 1 A (*Ampere*) mengalir selama 1 detik. Tetapan fundamental listrik adalah konstanta Faraday (F),  $9,65 \times 10^4$  C, yang didefinisikan sebagai kuantitas listrik yang dibawa oleh 1 mol elektron. Dimungkinkan untuk menghitung kuantitas mol perubahan kimia yang disebabkan oleh aliran arus listrik yang tetap mengalir untuk rentang waktu tertentu.



## **BAB III**

### **DASAR TEORI**

#### **3.1 Industri Tekstil**

##### **3.1.1 Proses Pembuatan Batik**

Secara umum proses pembuatan batik melalui tiga tahapan yaitu pewarnaan, pemberian malam (lilin) pada kain dan pelepasan lilin dari kain. Kain putih yang akan dibatik dapat diberi warna dasar sesuai selera atau tetap berwarna putih sebelum kemudian di beri malam. Proses pemberian malam ini dapat menggunakan proses batik tulis dengan *canting* tangan atau dengan proses cap. Pada bagian kain yang diberi malam maka proses pewarnaan pada batik tidak dapat masuk karena tertutup oleh malam (*wax resist*). Setelah diberi malam, batik dicelup dengan warna. Proses pewarnaan ini dapat dilakukan beberapa kali sesuai keinginan dan beberapa warna yang diinginkan.

Jika proses pewarnaan dan pemberian malam selesai maka malam dilunturkan dengan proses pemanasan. Batik yang telah jadi direbus hingga malam menjadi leleh dan terlepas dari air. Proses perebusan ini dilakukan dua kali, yang terakhir dengan larutan soda abu untuk mematikan warna yang menempel pada batik, dan menghindari kelunturan. Setelah perebusan selesai, batik direndam air dingin dan dijemur.

##### **3.1.2 Proses Pembuatan Tekstil**

Serat buatan dan serat alam (kapas) diubah menjadi barang jadi tekstil dengan menggunakan serangkaian proses. Serat kapas dibersihkan sebelum

disatukan menjadi benang. Pemintalan mengubah serat menjadi benang. Sebelum proses penenunan atau perajutan, benang buatan maupun kapas dikanji agar serat menjadi kuat dan kaku. Zat kanji yang lazim digunakan adalah pati, perekat gelatin, getah, polivinil alkohol (PVA) dan karboksimetil selulosa (CMC). Penenunan, perajutan, pengikatan dan laminasi merupakan proses kering (Setyaningsih, 2007).

Sesudah penenunan serat dihilangkan kanjinya dengan asam (untuk pati) atau hanya air (untuk PVA atau CMC). Penghilangan kanji pada kapas dapat memakai enzim. Sering pada waktu yang sama dengan pengkanjian, digunakan pengikisan (pemasakkan) dengan larutan alkali panas untuk menghilangkan kotoran dari kain kapas. Kapas juga dapat dimerserisasi dengan perendaman dalam natrium hidroksida. dilanjutkan pembilasan dengan air atau asam untuk meningkatkan kekuatannya.

Pengelantangan dengan natrium hipoklorit, peroksida atau asam perasetat dan asam borat akan memutihkan kain yang dipersiapkan untuk pewarnaan. Kapas memerlukan pengelantangan yang lebih ekstensif dari pada kain buatan (seperti pendidihan dengan soda abu dan peroksida). Pewarnaan serat, benang dan kain dapat dilakukan dalam tong atau dengan memakai proses kontinyu, tetapi kebanyakan pewarnaan tekstil sesudah ditenun. Di Indonesia denim biru (kapas) dicat dengan zat warna. Kain dibilas diantara kegiatan pemberian warna. Pencetakan memberikan warna dengan pola tertentu pada kain diatas rol atau kasa.

Larutan penghilang kanji biasanya langsung dibuang dan ini mengandung zat kimia pengkanji dan penghilang kanji pati, PVA, CMC, enzim, asam. Penghilangan kanji biasanya memberikan BOD paling banyak dibanding dengan proses-proses lain. Pemasakan dan merserisasi kapas serta pemucatan semua kain adalah sumber limbah cair yang penting, yang menghasilkan asam, basa, COD, BOD, padatan tersuspensi dan zat-zat kimia. Proses-proses ini menghasilkan limbah cair dengan volume besar, pH yang sangat bervariasi dan beban pencemaran yang tergantung pada proses dan zat kimia yang digunakan. Pewarnaan dan pembilasan menghasilkan air limbah yang berwarna dengan COD tinggi dan bahan-bahan lain dari zat warna yang dipakai, seperti fenol dan logam. Di Indonesia zat warna berdasar logam (krom) tidak banyak dipakai. Proses pencetakan menghasilkan limbah yang lebih sedikit daripada pewarnaan. Jenis-jenis kandungan limbah industri tekstil adalah:

1. Logam berat terutama As, Cd, Cr, Pb, Cu, Zn.
2. Hidrokarbon terhalogenasi (dari proses *dressing dan finishing*)
3. Pigmen, zat warna dan pelarut organik
4. Tensioactive (*surfactant*)

### **3.1.3 Limbah Industri Tekstil**

Limbah tekstil merupakan limbah yang dihasilkan dalam proses pengkanjian, proses penghilangan kanji, penggelantangan, pemasakan, merserisasi, pewarnaan, pencetakan dan proses penyempurnaan. Proses penyempurnaan kapas menghasilkan limbah yang lebih banyak dan lebih kuat daripada limbah dari proses penyempurnaan bahan sistesis.

Limbah cair industri tekstil umumnya merupakan limbah cair dengan komposisi terbesar berupa senyawa organik. Jika dalam industri terdapat unit pewarnaan pada bahan tekstil, maka limbah cair yang dihasilkan terutama berupa zat warna. Beberapa zat warna yang digunakan dalam industri tekstil dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok, salah satunya adalah senyawa azo yang umumnya merupakan senyawa karsinogenik (beracun) dengan stabilitas yang cukup tinggi. Dalam pengelolaannya, limbah cair industri tekstil umumnya diolah dengan beberapa tahap perlakuan, antara lain oksidasi limbah, perlakuan (treatment) kimia meliputi koagulasi dan flokulasi, perlakuan fisika seperti filtrasi dan adsorpsi, serta perlakuan biologi dengan teknik penumbuhan mikroba atau lumpur aktif (*active sludge*).

Jika pabrik menggunakan pewarnaan secara terbatas dan menggunakan pewarna tanpa krom atau logam lain, maka gabungan limbah sering diolah dengan pengolahan biologi saja, sesudah penetralan dan ekualisasi. Cara-cara biologi yang telah terbukti efektif ialah laguna aerob, parit oksidasi dan lumpur aktif. Sistem dengan laju alir rendah dan penggunaan energi yang rendah lebih disukai karena biaya operasi dan pemeliharaan lebih rendah. Kolom percik adalah cara yang murah akan tetapi efisiensi untuk menghilangkan BOD dan COD sangat rendah, diperlukan lagi pengolahan kimia atau pengolahan fisik untuk memperbaiki daya kerjanya.

## 1. Koagulasi dan Flokulasi

Beberapa zat kimia digunakan untuk mengolah air limbah yang dihasilkan oleh proses industri, zat-zat ini dalam proses pengolahan air limbah berfungsi untuk menghilangkan zat-zat organik yang ada dalam limbah tersebut.

Beberapa zat kimia yang dapat digunakan sebagai penggumpal dalam pengolahan limbah cair tersebut adalah :

1. Aluminium sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) disebut juga filter aluminium
2. Campuran besi (II) sulfat dengan kapur
3. Natrium aluminat ( $\text{NaAlO}_2$ )
4. *Aluminium ferric* (aluminium sulfat yang mengandung besi (II) oksida)
5. Boothal (campuran aluminium sulfat dengan soda abu) (Suhardi, 1991).

Koagulasi adalah proses penghilangan stabilitas koloid dengan mereduksi tolakan elektrostatis antar partikel koloid akibat penambahan elektrolit. Flokulasi adalah proses penghilangan stabilitas koloid dengan mereduksi tolakan elektrostatis akibat kerja polielektrolit dan membuat titian partikel.

Selain itu Skoog (1990), juga menjelaskan bahwa suspensi koloid sering kali stabil untuk periode tak terbatas dan tidak dapat dianalisis secara gravimetri karena partikelnya terlalu kecil untuk disaring. Stabilitas sebagian besar koloid dapat dikurangi karena pemanasan, digetarkan atau penambahan suatu elektrolit. Perlakuan ini menyebabkan partikel koloid berikatan membentuk amorf yang dapat tenggelam ke dasar larutan dan dapat disaring. Proses perubahan sebuah suspensi koloid menjadi padatan yang dapat disaring disebut koagulasi atau aglomerasi. Dengan adanya tolakan antara partikel, maka partikel akan

terdestabilisasi dan pada akhirnya terjadi agregasi. Agregasi merupakan proses terbentuknya agregat yaitu kumpulan partikel-partikel yang terdestabilisasi. Tahap destabilisasi ini secara khusus dapat dicapai melalui penambahan zat kimia.

Flokulasi sebagai kumpulan agregat menjadi elemen yang lebih besar. Tahap koagulasi (destabilisasi) terjadi saat itu juga ketika bahan kimia penggumpal ditambahkan. Sementara tahap flokulasi (transport) memerlukan waktu yang lebih lama untuk membentuk flok yang lebih besar.

Mekanisme koagulasi terbagi menjadi empat, antara lain :

1. Pemampatan lapisan ionik (*ionic layer compression*)
2. Adsorpsi dan penetralan muatan
3. Koagulasi sapan
4. Mekanisme titian

Meningkatnya kekuatan ion dalam larutan akan memampatkan lapisan ganda listrik dan mengurangi jarak antar partikel koloid yang berdekatan. Jika lapisan tersebut cukup mampat, gaya yang paling berperan adalah gaya van der Waals. Akibat gaya total yang bekerja pada lapisan ganda listrik antar partikel koloid yang bersifat menarik, maka partikel tersebut akan saling melekat dan mengendap sebagai padatan.

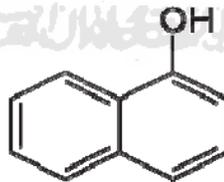
Metode koagulasi yang telah berhasil dikembangkan dan terbukti efektif untuk proses pengendapan adalah dengan menambahkan suatu elektrolit, ion elektrolit yang ditambahkan akan bergabung dengan ion yang terdapat dalam larutan sehingga akan membentuk senyawa netral. Senyawa netral tersebut selanjutnya akan bergabung menjadi partikel yang lebih besar dengan

penambahan flokulan. Penambahan flokulan dengan menggunakan metode seperti ini disebut flokulasi.

### 3.2 Limbah Industri Batik

Aktivitas industri batik disamping memberikan pengaruh positif juga memberikan dampak negatif yang menghasilkan limbah cair dengan kandungan zat warna kimia, zat padat tersuspensi, BOD, COD, fenol, krom total, minyak, lemak dan pH yang perlu pengolahan sebelum di buang ke lingkungan.

Proses pembuatan batik biasanya menggunakan jenis warna naptol dan indigosol. Pada kondisi anaerob, ikatan azo direduksi dan dipecah menjadi aromatik amina, dimana amina tersebut sulit didegradasi secara aerob, namun dapat didegradasi secara aerob. Beberapa aromatik amina dilaporkan bersifat toksik dan karsinogenik. Pengolahan lengkap adalah rangkaian pengolahan anaerob dan aerob adalah pengolahan yang tepat untuk mendegradasi zat warna azo. Rumus struktur naphthol adalah sebagai berikut :



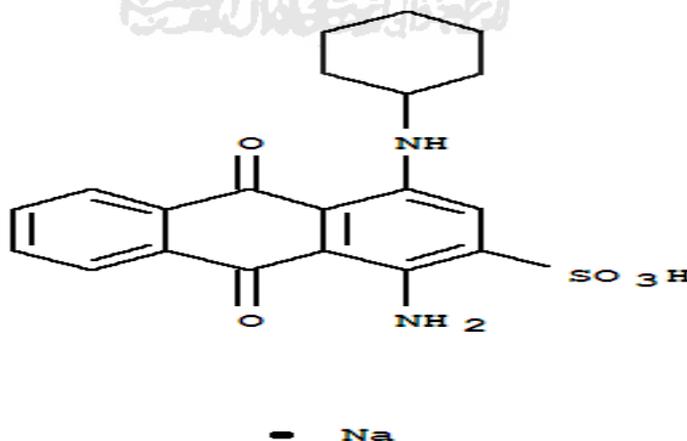
Gambar 1. Struktur  $\alpha$ -naphthol

Naphthol yang sering digunakan sebagai pewarna dalam industri batik merupakan salah satu bahan yang termasuk dalam jenis B3 merupakan Bahan Berbahaya dan Beracun. Oleh karena itu diperlukan pengetahuan yang lebih tentang penggunaan naphthol secara tepat sehingga dapat meminimalkan resiko bahaya dari naphthol. Jadi apabila para pekerja yang beraktivitas di industri batik

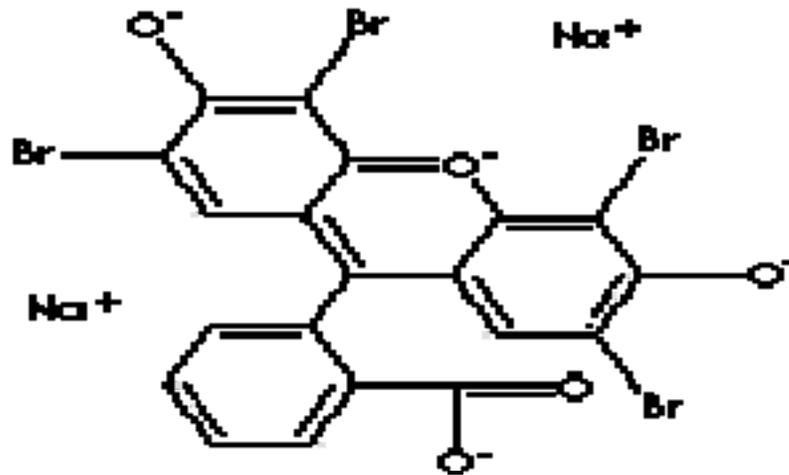
sangat memerlukan pengetahuan tentang bagaimana cara penggunaan zat warna kimia secara tepat. Mengingat selama ini banyak para pekerja dalam melakukan pekerjaannya tidak dilengkapi dengan alat pengaman, walaupun menggunakan pengaman tetapi tidak terlindungi secara maksimal. Padahal jika kulit bersinggungan langsung secara terus-menerus dengan zat warna kimia akan berpotensi menyebabkan kanker kulit (Farodilah, 2007)

Limbah yang mengandung zat pewarna kimia jika dibuang tanpa melalui proses pengolahan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan keseimbangan ekosistem. Salah satu contoh, jika limbah zat kimia warna dibuang di perairan maka akan merusak perairan tersebut. Akibatnya ikan yang ada di perairan akan mati dan airnya tidak dapat dimanfaatkan lagi. Selain itu jika limbah sampai meresap ke sumur akan sangat berbahaya.

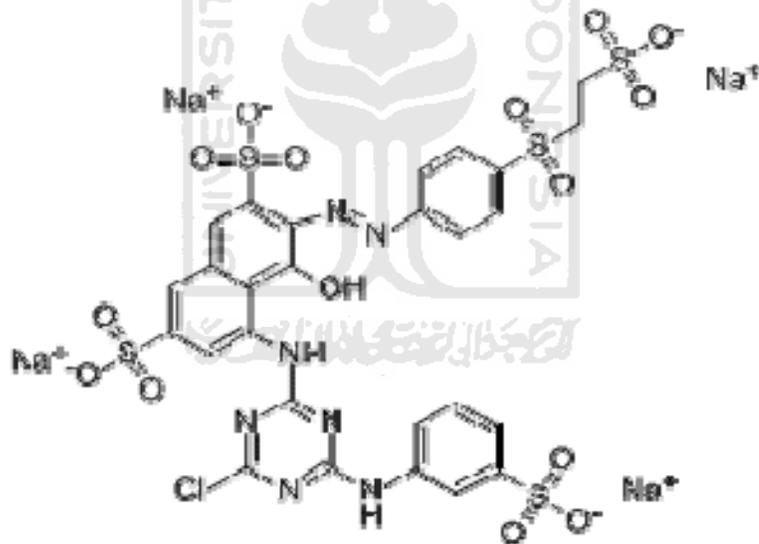
Dalam limbah industri batik pada umumnya mengandung beberapa jenis zat warna kimia antara lain, misalnya : ( Gambar 2-4 )



Gambar 2. Struktur C.I. Acid Blue 62



Gambar 3. Struktur C.I. Acid Red 87



Gambar 4. Struktur Reactive Red 198

### 3.3 Elektrolisis

#### 3.3.1 Pengertian Elektrolisis

Elektrolisis adalah peristiwa penguraian atau perubahan kimia senyawa tertentu jika dilewatkan arus listrik melalui larutan elektrolit atau zat cair senyawa

tersebut. Arus yang di hantar melalui perpindahan ion-ion suatu elektrolit karena pengaruh arus listrik sehingga terbentuk persenyawaan baru akibat jual beli elektron dari dan ke elektroda.

Ada banyak tipe elektroda, tetapi gambaran umum diringkas sebagai berikut :

1. Arus listrik yang membawa ion akan dibebaskan pada elektroda.
2. Ion negatif yang sulit dibebaskan pada anoda menyebabkan penguraian  $H_2O$  dan pembentukan  $O_2$ ,  $H^+$  dan elektron
3. Ion positif yang sulit untuk dibebaskan pada katoda menyebabkan penguraian  $H_2O$  dan pembentukan  $H^+$ ,  $OH^-$  dan adsorpsi elektron

### **3.3.2 Komponen komponen pada Elektrokimia**

Komponen-komponen dalam teknik elektrokimia terdiri dari :

#### **1. Pembangkit Sinyal**

Pembangkit sinyal yang paling sederhana adalah cuplikan itu sendiri. Misalnya warna cuplikan, masa cuplikan yang ditimbang. Sedangkan keaktifan ion-ion analit dalam cuplikan yang diukur dengan ion, eter merupakan contoh lain dari sinyal analitik teknik elektrokimia. Pada metode potensiometri, sebagai sinyal analitiknya perlu dibangkitkan oleh sumber reaksi redoks oksidan dan reduktan.

#### **2. Detektor atau Tranduser**

Komponen instrument yang menampung sinyal analit dan mampu mengubah menjadi bentuk sinyal lain disebut detektor. Pada teknik elektrokimia bentuk

akhir sinyal adalah tegangan listrik (V), arus listrik (I), tahanan listrik( $\Omega$ ).

Sinyal-sinyal listrik ini mudah ditampilkan dan mudah dibaca.

### 3. Pemroses Sinyal

Sinyal akhir yang masuk kedetektor diproses lebih lanjut oleh pemroses sinyal

1. Untuk dimodifikasi menjadi bentuk bentuk sinyal yang mudah dilihat dan dibaca oleh pengguna (operator) instrument,
2. Untuk menghitung jumlah sinyal yang masuk komponen instrument mengisi satuan sinyal yang serupa dengan sifat-sifat khas sampel.

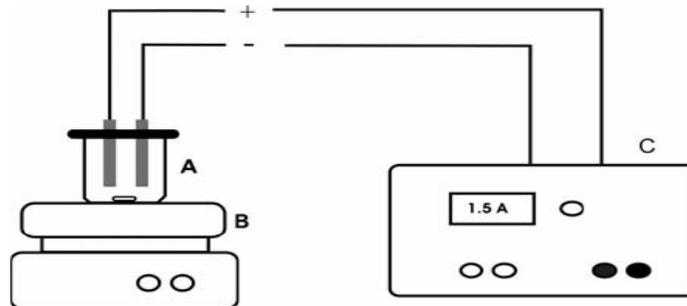
### 4. Penampilan

Untuk teknik elektrokimia terdiri dari sampel setelah pemrosesan keluar dalam bentuk tegangan listrik yang mampu menggerakkan secara mekanik jarum penunjuk meter.

#### **3.3.3 Komponen- komponen sel dan Proses Dalam Elektrokimia**

Sebuah sel elektrokimia terdiri dari dua konduktor yang disebut elektroda, masing-masing dicelupkan kedalam larutan elektrolit yang sesuai. Agar arus listrik mengalir ke dalam sistem larutan, diperlukan elektroda yang dihubungkan secara eksternal dengan kawat logam dan dua larutan elektrolit yang diupayakan salaing berhubungan (bukan dicampurkan) untuk memungkinkan perpindahan ion-ion dari suatu larutan ke larutan lainnya.

Diagram sel elektrolisis dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Sel elektrolisis

**Keterangan:**

- A. Sel elektrolisis
- B. Magnetik stirrer
- C. Sumber arus listrik

Sepanjang elektrolisis pengurangan konsentrasi reaktan pada permukaan elektroda berpengaruh baik pada potensial elektroda maupun arus listrik. Karena itu, kecepatan massa transport reaktan akan bergerak dari larutan yang berkonsentrasi tinggi ke arah permukaan elektroda, dan peristiwa ini merupakan faktor penting dalam mekanisme elektrolisis. Massa transfer disebabkan oleh tiga proses dasar yaitu migrasi, difusi dan konveksi

### 3.3.4 Proses Penghantaran Arus Listrik

Arus listrik dihantar oleh tiga proses dalam seluruh bagian sel. Dalam elektroda baik katoda maupun anoda, partikel elektron berfungsi sebagai pembawa arus listrik yang bergerak dari anoda dan katoda melalui penghantar eksternal.

Diantara kedua larutan dalam bagian sel elektrokimia, mengalir arus listrik yang intinya melibatkan migrasi dari partikel bermuatan positif dan negatif

(anion dan kation). Istilah migrasi partikel ini dalam larutan termasuk peristiwa pindah dan bergerak suatu massa (*massa transport*). Kation lepas dan menjahui anoda bergerak menuju katoda dan partikel anion bergerak dengan arah berlawanan. Semua partikel ion dalam kedua larutan terlihat dalam proses migrasi dengan arah tertentu.

Proses ketiga terjadi pada kedua permukaan elektroda. Pada proses oksidasi atau reduksi, akan menimbulkan mekanisme hantaran ion dalam larutan yang diikuti oleh serah terima elektron sehingga menyebabkan mengalirnya arus listrik. Definisi katoda suatu sel elektrokimia adalah suatu elektroda dimana berlangsung peristiwa oksidasi.

### **3.4 Spektrofotometri UV-Vis**

#### **3.4.1 Dasar Spektrofotometri Ultra Violet dan Visibel**

##### **1. Serapan oleh senyawa UV**

Serapan cahaya oleh molekul dalam daerah spektrum ultraviolet dan terlihat tergantung pada struktur elektronik dari molekul. Spektra ultraviolet dan terlihat dari senyawa-senyawa organik berkaitan erat transisi-transisi diantara tingkatan-tingkatan tenaga elektronik. Disebabkan karena hal ini, maka serapan radiasi ultraviolet terlihat sering dikenal sebagai serapan spektroskopi elektronik. Transisi-transisi tersebut biasanya antara orbital ikatan dan orbital pasangan bebas dan orbital non ikatan tak jenuh atau orbital anti ikatan. Panjang gelombang serapan adalah merupakan ukuran dari pemisahan tingkatan-tingkatan tenaga dari orbital-orbital yang bersangkutan. Pemisahan tenaga yang paling tinggi diperoleh bila elektron-elektron dalam ikatan  $\pi$  terekisitasi yang menimbulkan serapan

dalam daerah 120 hingga 200 nm. Daerah ini dikenal sebagai daerah ultraviolet vakum dan relatif tidak banyak memberikan keterangan. Di atas 200 nm eksitasi elektron-elektron dari orbital-orbital p dan d dan orbital  $\pi$  terutama system konjugasi  $\pi$ . Segera dapat diukur dan spektra yang diperoleh memberikan banyak keterangan. Dalam praktik, spektrometri ultraviolet digunakan terbatas pada system-system terkonjugasi.

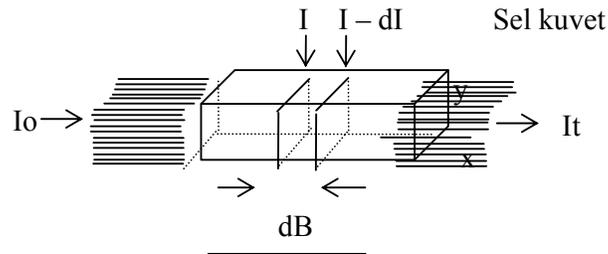
Meskipun demikian terdapat keuntungan yang selektif dari serapan ultraviolet yaitu gugus karakteristik dapat dikenal dalam molekul-molekul yang sangat kompleks. Sebagian besar dari molekul yang relatif kompleks bersifat transparan dalam ultraviolet sehingga kita mungkin memperoleh spektrum yang semacam dari molekul yang sederhana.

## **2. Kegunaan Spektrofotometer UV-Vis**

Secara kualitatif dan Kuantitatif

### **Analisa secara kuantitatif dengan serapan radisi elektromagnetik.**

1. Serapan tenaga mempunyai interaksi antara proton dengan molekul-molekul senyawa atau cuplikan
2. Serapan juga mempunyai arti tumbukan (tumbukan antara molekul-molekul senyawa dengan foton)
3. Tumbukan sebanding dengan banyaknya molekul dan foton
4. Bila jumlah molekul-molekul dan foton dinaikan, tumbukan juga akan naik



Gambar 6. Intensitas konsistensi

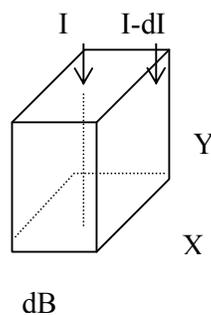
Keterangan :

$I_0$  = Intensitas sinar awal

$I_t$  = Intensitas sinar setelah melewati sel

Untuk mengetahui pengurangan intensitas sinar serapan yang terjadi antara foton dengan molekul-molekul cuplikan dalam sel. Intensitas sinar yang mengenai bagian awal dari segmen  $db$  mempunyai intensitas  $I$ . Bila sinar tersebut melewati segmen setebal  $db$  telah terjadi pengurangan intensitas akibat tumbukkan antar foton dan molekul-molekul sebesar  $dI$ . Sehingga sinar setelah lepas dari segmen setebal  $db = I - dI$  akan berkurang.

Bila sinar bergerak dari kiri ke kanan,  $x$  dan  $y$  akan tetap dan  $b$  bergerak atau berubah. Turunnya tenaga sinar  $dI$ , berbanding langsung dengan  $N$  (jumlah molekul cuplikan) dan  $I$  (jumlah foton).



Konsentrasi cuplikan :  $C$  mmol/mL

Volume :  $db \cdot x \cdot y$  . ml

Banyaknya mmol dalam kuvet setebal :

$db \cdot x \cdot y$  . mL .  $c$  mmol/mL

Banyaknya molekul ( $N$ ) :

$N = db \cdot x \cdot y \cdot c \cdot 6,02 \cdot 10^{20}$  molekul/mmol

$$= db \cdot x \cdot y \cdot c \cdot 6,02 \cdot 10^{20} \text{ molekul}$$

Jumlah tumbukan sebanding dengan :

Hasil kali :  $N \times I$

$$dI < NI$$

$$dI = K^1 c \cdot db \cdot I$$

Karena terjadi pengurangan intensitas sinar

$$dI = -K^1 \cdot c \cdot db \cdot I \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{dI}{I} = -K^1 \cdot c \cdot db$$

$$\ln \frac{I_t}{I_o} = -K^1 c \cdot b$$

$$2,303 \log \frac{I_t}{I_o} = -K^1 \cdot c \cdot b$$

$$\log \frac{I_t}{I_o} = \frac{-K^1}{2,303} b \cdot c$$

$$\log \frac{I_t}{I_o} = -\epsilon \cdot b \cdot c \dots\dots\dots (2) \quad \epsilon = \text{epsilon}$$

Bila konsentrasi larutan = g / l, maka :

$\epsilon$  diganti dengan a (serapan spesifik)

$$\log \frac{I_t}{I_o} = -a \cdot b \cdot c$$

$\frac{I_t}{I_o}$  disebut transmitansi (T) dinyatakan dalam %

$$\log \frac{I_t}{I_o} = \log T = -\epsilon \cdot b \cdot c$$

$$-\log T = \epsilon \cdot b \cdot c$$

$$\log T^{-1} = \epsilon \cdot b \cdot c$$

$$\text{Log } 1/T = \epsilon \cdot b \cdot c$$

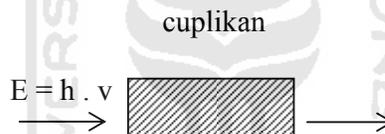
- Log T disebut Absorbansi (A)

$$A = \epsilon \cdot b \cdot c = -\text{Log } T$$

Secara kuantitatif kegunaan spektrofotometer UV-Vis adalah untuk menentukan konsentrasi sinar (c)

- Persamaan Beer-Lambert merupakan persamaan garis lurus yaitu A berbanding lurus dengan konsentrasi (c).
- Hukum Beer-Lambert mempunyai keterbatasan tidak dapat menganalisis konsentrasi dibawah minimal atau diatas maksimal.

Analisis secara kualitatif



Gambar 7. Cuplikan sampel pada Spektrofotometer UV-Vis

- Bila senyawa yang memiliki tenaga  $E = h.v$  mengenai cuplikan maka sebagian tenaga diserap hingga molekul-molekul mengalami kenaikan harga.
- Tenaga sinar  $E = h.v$  akan menaikkan tingkat tenaga yang rendah (*Ground state*) ke tingkatan yang lebih tinggi (*Eksited state*) di sebut peristiwa eksitasi. Bila tenaga sinar dihilangkan maka molekul-molekul keadaan eksitasi akan kembali keadaan semula, selama kembali ke keadaan semula energi yang dimiliki akan berwujud suatu sinar.

Secara kualitatif kegunaan spektrofotometer UV-Vis adalah untuk mengidentifikasi ikatan tidak jenuh atau ikatan rangkap.

## Instrumentasi

Instrumen yang digunakan untuk mempelajari serapan atau emisi radiasi elektromagnetik sebagai fungsi gelombang disebut spektrofotometer atau spektrometer.

Komponen-komponen dari spektrofotometer antara lain :

- a. Sumber tenaga radiasi yang stabil,
  - b. Sistem yang terdiri atas lensa-lensa atau cermin, celah-celah dan lain-lain,
  - c. Monokromator untuk mengubah radiasi menjadi komponen-komponen panjang gelombang tunggal,
  - d. Tempat cuplikan yang transparan,
  - e. Deteksi radiasi yang dihubungkan dengan sistem pencatat atau meter.
1. Sumber tenaga radiasi

Sumber tenaga radiasi terdiri dari benda-benda yang tereksitasi hingga ketinggian yang lebih tinggi oleh sumber listrik bertegangan tinggi atau oleh pemanas listrik. Benda atau materi yang kembali ketinggian tenaga yang lebih rendah atau ketinggian dasarnya, melepaskan foton dengan tenaga-tenaga yang karakteristik yang sesuai  $\Delta E$ , yaitu perbedaan tenaga antara tingkat tereksitasi dan tingkat dasar rendah.

Sumber radiasi ultraviolet. Sumber-sumber radiasi ultraviolet yang kebanyakan digunakan adalah lampu xenon, tetapi ia tidak se-stabil lampu hidrogen.

## 2. Monokromator

Monokromator merupakan serangkaian alat yang menguraikan radiasi polikromatik menjadi jalur-jalur yang efektif panjang gelombang-gelombang tunggalnya dan memisahkan panjang gelombang tersebut menjadi jalur-jalur yang sangat sempit.

## 3. Tempat cuplikan

Cuplikan yang akan dipelajari pada daerah ultraviolet atau terlihat yang berupa gas atau larutan ditempatkan dalam kuvet atau sel. Untuk daerah ultraviolet biasanya digunakan quartz atau sel dari silika yang dilebur, sedangkan untuk daerah terlihat digunakan gelas biasa quartz.

## 4. Detektor

Setiap detektor menyerap tenaga foton yang mengenainya dan mengubah tenaga tersebut untuk dapat diukur secara kualitatif seperti sebagai arus listrik atau perubahan-perubahan panas. Kebanyakan detektor menghasilkan sinyal listrik yang dapat mengaktifkan meter atau pencatat. Setiap pencatat harus menghasilkan sinyal yang secara kualitatif berkaitan dengan tenaga cahaya yang mengenainya. Detektor yang digunakan dan terlihat disebut detektor fotolistrik (Sastrohamidjojo, 2001).

### **3.5 Hipotesis**

Berdasarkan dasar teori dan tinjauan pustaka maka dapat ditarik hipotesis bahwa metode elektrolisis dapat digunakan untuk mendegradasi limbah industri batik berwarna biru pada kondisi tegangan, penambahan konsentrasi NaCl dan waktu elektrolisis yang optimal.

**BAB IV**  
**METODE PENELITIAN**

**4.1 Alat dan Bahan Penelitian**

**4.1.1 Alat-alat yang digunakan**

1. Sel elektrolisis yang dilengkapi dengan sumber arus
2. Ampermeter DT 830 Digital Multimeter
3. Voltmeter IC Regulated DC Power Supply Thunder
4. Pengaduk magnet
5. Alat-alat gelas
6. Adaptor
7. Platina Anoda
8. Platina Katoda
9. Spektrofotometer UV-Vis (HITACHI U-2010)
10. pH meter
11. Termometer

**4.1.2 Bahan-bahan yang digunakan**

1. Limbah Batik Berwarna Biru
2. Logam Platinum plat grande 100% buatan Aldrich
3. Aquadest
4. NaCl Buatan Merck

## 4.2 Cara kerja

### 4.2.1 Analisis Limbah Batik Berwarna Biru

Limbah cair batik berwarna biru diambil dari langsung di industri batik rumah tangga di daerah Jogjakarta. Limbah batik biru diambil adalah limbah hasil pencucian yang belum dibuang ke tempat pembuangan terakhir.

Sampel limbah batik biru yang akan diteliti diambil langsung dari tempat penampungan limbah. Pada saat pengambilan sampel, sampel diukur pH dan suhunya. pH dari limbah batik tersebut adalah 5,5-6 sedangkan suhunya adalah 28,5°C. Karena konsentrasi limbah batik biru terlalu pekat maka sebelum dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis limbah batik biru diencerkan dengan aquadest sebanyak 20 kali. Setelah itu limbah batik berwarna biru dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui nilai absorbansinya. Analisis ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik limbah batik berwarna biru sebelum dan sesudah dielektrolisis. Bila terjadi perubahan absorbansi pada limbah batik berwarna biru setelah dielektrolisis, dan perubahan ini menunjukkan hasil yang baik, maka degradasi limbah batik berwarna biru dengan elektrolisis dapat dikatakan berhasil.

#### **4.2.2 Pembuatan sel elektrolisis**

##### **a. Pembuatan sel elektrolisis**

Sel elektrolisis di desain dengan memperhatikan tempat pengadukan, tempat elektroda kerja dan pembanding. Sel elektrolisis dibuat dari kaca dengan volume maksimal 100 mL.

#### **4.2.3 Elektrolisis Limbah Batik Berwarna Biru**

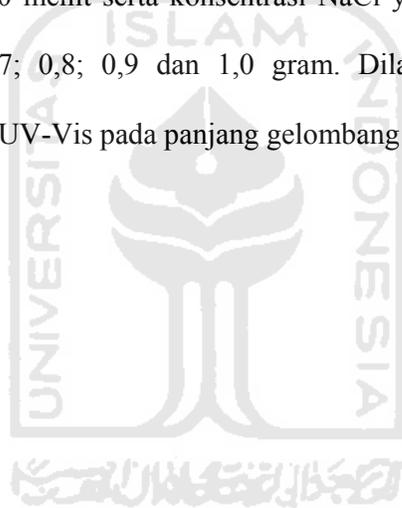
Limbah batik berwarna biru diambil 50 mL dimasukkan dalam sel elektrolisis, seterusnya elektroda kerja dan elektroda pembanding dimasukkan dalam limbah batik berwarna biru. Elektrolisis dijalankan dengan menggunakan variasi tegangan, waktu elektrolisis, serta konsentrasi NaCl yang ditambahkan. Limbah batik berwarna biru yang sudah dielektrolisis diambil dan dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis.

#### **4.2.4 Analisis dengan Spektrofotometer UV-Vis**

Limbah batik berwarna biru, sebelum dielektrolisis diambil sebagian untuk dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis pada daerah UV-Vis yaitu 190-800 nm. Hal yang sama dilakukan pada limbah batik biru yang sudah dielektrolisis kemudian spektra hasil analisis dibandingkan antara sebelum dielektrolisis dengan sesudah dielektrolisis apakah terjadi penurunan absorbansi atau tidak. Bila terjadi penurunan absorbansi yang ditunjukkan setelah elektrolisis maka semakin baik tingkat elektrolisis yang dilakukan dengan ditentukan pada panjang gelombang maksimal ( $\lambda_{maks}$ ).

#### **4.2.5 Optimasi kondisi elektrolisis seperti potensial, waktu elektrolisis, dan konsentrasi NaCl yang ditambahkan**

Optimasi beberapa variabel yang mempengaruhi hasil elektrolisis perlu dilakukan seperti arus dan waktu elektrolisis. Menurut Bockris dan Draczić (1972), variabel yang mempengaruhi elektrolisis adalah arus, potensial, dan waktu elektrolisis. Potensial divariasikan dari 1,2; 2,2; 3,2; 4,2; 5,2; 7,2 dan 8,2 volt. Waktu elektrolisis dapat divariasikan yaitu 15, 30, 60, 90, 120, 180, dan 240 menit serta konsentrasi NaCl yang ditambahkan yaitu 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,8; 0,9 dan 1,0 gram. Dilakukan analisa dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimal ( $\lambda_{maks}$ ).



## **BAB V**

### **PEMBAHASAN**

#### **5.1 Pengambilan Sampel (sampling)**

Penelitian ini dilakukan dengan mengambil sampel dari industri Rumah Tangga Batik Plentong di Daerah Jogjakarta. Pengambilan sampel dilakukan di lokasi penampung limbah yang masih di kelompokkan sesuai warna limbah yang dihasilkan dari proses pencucian kain dan dimasukkan dalam botol. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk meminimalkan resiko kerusakan sampel. Setelah proses pengambilan sampel, maka sampel yang sudah didapatkan harus secepat mungkin dianalisis. Hal ini dilakukan karena dikhawatirkan sampel dapat terkontaminasi, sehingga pada akhirnya hasil yang diperoleh kurang akurat.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometri menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Sebelum dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis sampel terlebih dahulu dielektrolisis dengan menggunakan katoda dan anoda platinum. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah perbedaan tegangan, waktu elektrolisis dan konsentrasi NaCl yang ditambahkan.

#### **5.2 Analisis Limbah Batik Berwarna Biru**

Teknik elektrolisis tidak memerlukan bahan pengoksidasi dan juga katalis, karena elektroda (kutub posisif) dapat difungsikan sebagai tempat oksidasi dan pada waktu yang sama dapat juga berfungsi sebagai katalis. Senyawa-

senyawa organik banyak mengalami reaksi dipermukaan elektroda bahan padat. Logam dan oksidanya mempunyai sifat alami sebagai katalis aktif, sehingga reaksi organik elektrokimia berlangsung efisien dan elektroda juga berfungsi sebagai tempat oksidasi. Setelah terjadi reaksi oksidasi-reduksi kemudian terjadi pembentukan radikal hidroksi yang diperoleh dari oksidasi air selama proses elektrokimia. Radikal hidroksi kemudian diserap oleh permukaan elektroda dan bereaksi lebih lanjut membentuk air dan oksigen. Pada waktu yang bersamaan senyawa organik diserap oleh permukaan elektroda dan terjadi oksidasi membentuk  $\text{CO}_2$ . Sehingga dari uraian tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa pada waktu yang sama, dipermukaan elektroda terjadi peristiwa oksidasi dan katalis sehingga dapat meningkatkan kecepatan reaksi. Menurut teori termodinamika reversible kemungkinan adanya penggabungan oksidasi dan katalis di permukaan elektroda sangat mungkin terjadi.

Semua reaksi elektrokimia melibatkan katalis, karena dalam reaksi elektrokimia mengandung elektroda yang digunakan sebagai tempat pertukaran elektron yaitu katalis heterogen. Elektroda memainkan peranan sebagai katalis atau lebih tepat menggunakan istilah katalis elektrokimia, karena ialah reaksi perpindahan elektron. Kyricou (1981) menamakan peristiwa katalis dalam elektrokimia dengan elektrokatalis. Secara umum, semua elektroda adalah katalis dan semua reaksi elektrokimia melibatkan katalis heterogen, yang dipengaruhi oleh medan listrik. Elektroda ialah katalis yang berguna untuk memindahkan elektron sehingga disebut katalis elektrokimia (*electrocatalyst*) dan peristiwanya disebut sebagai elektrokatalisis (*electrocatalysis*) (Riyanto, 2009).

Sampel limbah batik yang diteliti diambil dari industri batik rumah tangga di daerah Jogjakarta. Sebelum dilakukan elektrolisis terhadap sampel, terlebih dahulu sampel dipreparasi. Preparasi sampel dilakukan dengan cara diencerkan sebanyak 20 kali pengenceran. Setelah itu sampel diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Tujuannya dilakukan pengenceran adalah untuk mengetahui range yang tepat untuk pengujian dengan spektrofotometer UV-Vis sehingga pada nantinya pembacaan absorbansi dapat dilakukan dengan cepat dan mudah.

Dari pengenceran yang dilakukan dan dari pembacaan spektra UV-Vis maka diperoleh hasil bahwa dengan pengenceran 20 kali didapatkan puncak yang baik (sudah masuk dalam range UV-Vis antara 200 sampai 800 nm). Jadi sampel sebelum sampel limbah batik biru dielektrolisis maka sampel harus diencerkan terlebih dahulu sebanyak 20 kali. Pengenceran sampel 20 kali dapat dilakukan dengan mengambil sampel limbah batik berwarna biru sebanyak 25 mL kemudian dimasukkan dalam labu ukur 500 mL dan diencerkan dengan aquadest sampai tepat pada tanda batas.

Setelah sampel diencerkan sebanyak 20 kali sampel kemudian dimasukkan dalam gelas beaker 100 mL. Kemudian gelas beaker yang telah berisi sampel limbah batik diletakkan diatas pengaduk magnet. Anoda dan katoda platinum diletakkan sedemikian rupa didalam larutan sehingga posisinya saling berhadapan satu sama lain. Anoda dan katoda kemudian dihubungkan dengan sumber arus DC yang baik sehingga arus yang dialirkan stabil. Hal ini dilakukan dengan tujuan agar arus yang dialirkan tidak berubah-ubah karena jika arus yang

dialirkan tidak stabil maka dapat mempengaruhi hasil dari elektrolisis. Setelah semua rangkaian peralatan terpasang sumber arus dan pengaduk magnet dinyalakan dalam proses elektrolisis dapat berlangsung. Rangkaian elektrolisis dapat dilihat pada Gambar 8 sebagai berikut :



Gambar 8. Rangkaian alat elektrolisis

Gambar 8 di atas dapat diketahui bahwa anoda dan katoda dihubungkan dengan arus listrik. Katoda terhubung dengan kutub negatif sedangkan anoda terhubung kutub positif. Pada katoda terjadi reaksi reduksi dan pada anoda terjadi reaksi oksidasi. Katoda dan anoda digunakan untuk elektrolisis sama-sama terbuat dari Platinum. Yang membedakan adalah pada katoda, luas Platinum yang tercelup ke dalam larutan adalah  $3 \text{ cm}^2$  sedangkan pada anoda luas Platinum yang tercelup pada larutan adalah  $1 \text{ cm}^2$ .

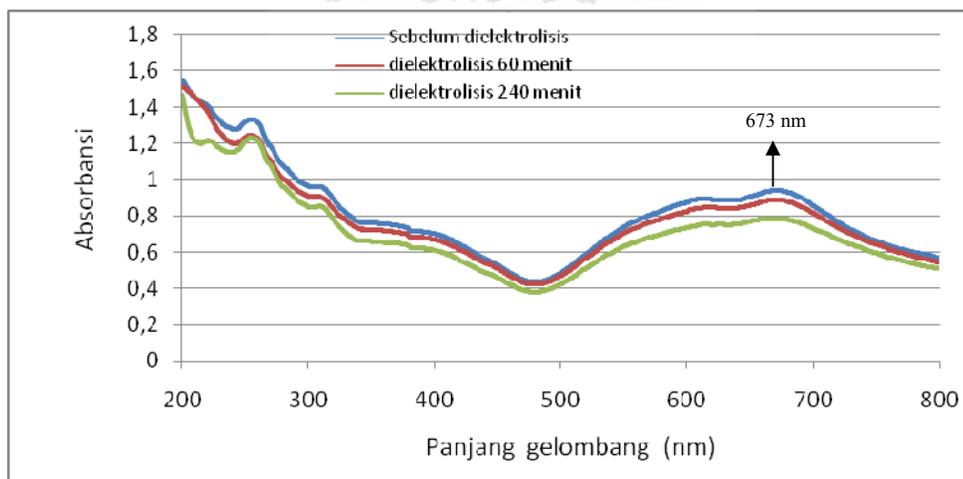
### 5.3 Data dan Hasil Pembahasan dengan Spektrofotometer UV-Vis

#### 5.3.1 Analisis limbah batik berwarna biru sebelum dan sesudah dielektrolisis

Setelah dilakukan elektrolisis limbah batik berwarna biru, perlu dilakukan analisa lebih lanjut untuk mengetahui persentase degradasi limbah batik berwarna biru. Analisa dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan tujuan untuk mengetahui nilai absorbansi dari limbah batik berwarna biru sebelum dan sesudah elektrolisis dengan panjang gelombang maksimal ( $\lambda_{maks}$ ). Data hasil pengamatan selama dilakukan elektrolisis serta spektra yang ditunjukkan setelah dilakukan analisis dengan spektrofotometer UV-Vis dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 9.

Tabel 4. Data persentase terdegradasi sebelum dan sesudah elektrolisis pada panjang gelombang maksimal ( $\lambda_{maks}$ ) 673 nm.

Sampel	Waktu (Menit)	Potensial (Volt)	Konsentrasi NaCl (gr)	Absorbansi	% Degradasi
Sebelum	0	0	0	0,937	0
Sesudah	60	3,5	0	0,888	5,23
Sesudah	240	5,2	0	0,783	16,43



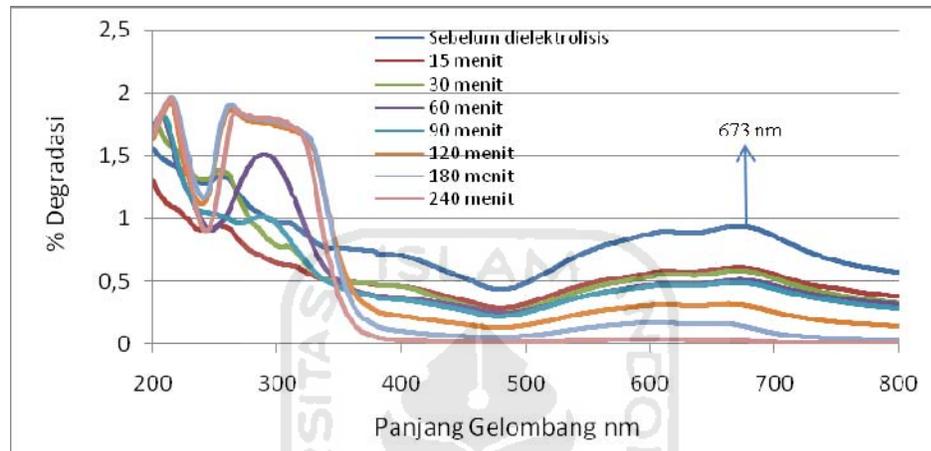
Gambar 9. Spektra degradasi limbah batik biru sebelum dan sesudah dielektrolisis dengan 60 menit dan 240 menit pada  $\lambda_{maks}$  673 nm.

Gambar 9. Di atas adalah gambar perbandingan antara limbah batik berwarna biru sebelum dilakukan elektrolisis dengan limbah batik berwarna biru sesudah dielektrolisis selama 60 menit dan 240 menit. Elektrolisis dilakukan dengan mengambil 50 mL larutan limbah batik berwarna biru kemudian dielektrolisis selama 240 menit, hasil elektrolisis ini kemudian dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis dengan dibandingkan antara larutan limbah batik berwarna biru sebelum dielektrolisis dengan larutan limbah batik berwarna biru sesudah dielektrolisis selama 60 dan 240 menit dengan tegangan yang berbeda yaitu 3,5 volt dan 5,2 volt, kemudian hasil spektranya ditunjukkan oleh Gambar 9. Dari gambar tersebut di atas, nampak bahwa terjadi penurunan absorbansi pada daerah serapan dengan panjang gelombang maksimal ( $\lambda_{maks}$ ) 673 nm dari larutan limbah berwarna biru setelah dilakukan elektrolisis. Hal ini terlihat pada Tabel 4 di atas, bahwa limbah batik berwarna biru sebelum dielektrolisis mempunyai absorbansi 0,937 dan setelah dilakukan elektrolisis dengan waktu dan tegangan yang berbeda ternyata absorbansinya turun menjadi 0,783 pada daerah serapan dengan panjang gelombang maksimal 673 nm.

Persentase degradasi limbah batik berwarna biru sebelum dilakukan elektrolisis dan sesudah elektrolisis dapat dilihat pada Tabel 4. Persentase degradasi limbah batik berwarna biru sebesar 16,43%. Selanjutnya dilakukan optimasi yaitu dengan tegangan, waktu elektrolisis dan penambahan konsentrasi NaCl.

### 5.3.2 Analisis Limbah Batik Berwarna Biru dengan variasi waktu.

Gambar di bawah ini adalah spektra hasil analisis limbah batik berwarna biru sebelum dan sesudah dielektrolisis dengan optimasi waktu elektrolisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis seperti terlihat pada Gambar 11.

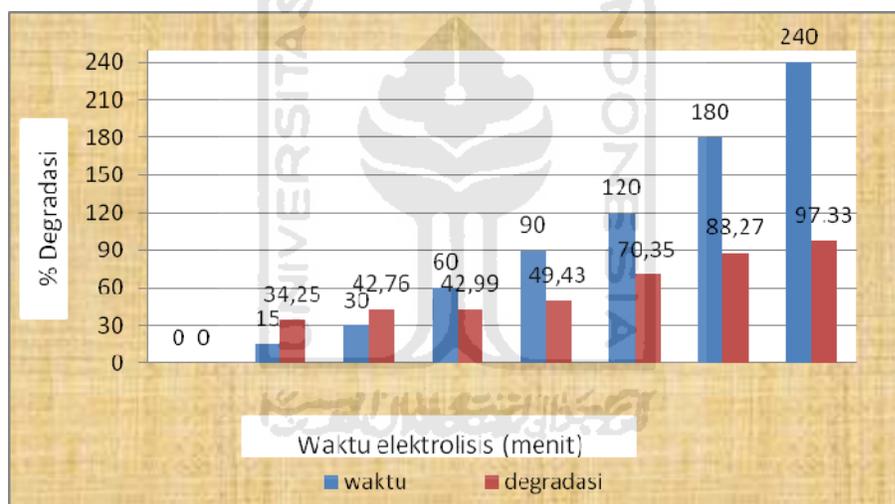


Gambar 10. Spektra hasil analisis limbah batik berwarna biru dengan variasi waktu, tegangan 5,2 Volt dan konsentrasi NaCl 1,0 gr dengan panjang gelombang maks ( $\lambda_{maks}$ ) 673 nm.

Nampak jelas bahwa dari hasil analisis limbah batik berwarna biru menggunakan spektrofotometer UV-Vis spektra yang ditunjukkan pada gambar 10 di atas, untuk setiap optimasi waktu elektrolisis yang dilakukan selalu mengalami penurunan absorbansi pada daerah tampak (visibel). Terlihat terjadi perubahan yang sangat signifikan mulai dari sebelum limbah batik berwarna biru dielektrolisis sampai sesudah dielektrolisis ditunjukkan adanya penurunan absorbansi pada setiap variasi waktu elektrolisis mulai 0,937; 0,607; 0,582; 0,509; 0,487; 0,312; 0,145; dan 0,025. Ini menunjukkan bahwa limbah batik biru mengalami degradasi.

Di daerah visibel menunjukkan adanya perubahan absorbansi yang sangat besar, yaitu pada setiap perlakuan dengan optimasi waktu elektrolisis yang berbeda besarnya nilai absorbansi juga berbeda-beda. Di daerah ini tentu dimungkinkan terdapat berbagai senyawa-senyawa yang cukup stabil misalnya fenol dan benzena sehingga sangat sulit untuk terdegradasi secara sempurna menjadi  $H_2O$  dan  $CO_2$ .

Besarnya nilai penurunan persentase degradasi limbah batik berwarna biru dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Diagram waktu elektrolisis Vs % Degradasi pada tegangan 5,2 Volt, dan konsentrasi NaCl 1,0 gr.

Proses elektrolisis dengan optimasi waktu elektrolisis yang dilakukan untuk mendegradasi limbah batik berwarna biru. Proses elektrolisis ini juga sama perlakuan yang digunakan, yaitu dengan mengambil 50 mL limbah batik berwarna biru, selanjutnya dielektrolisis dengan tegangan 5,2 Volt dan konsentrasi NaCl sebesar 1,0 gr. Adapun variasi waktu yang di gunakan adalah mulai dari waktu 0, 15, 30, 60, 90, 120, 180, dan 240 menit. Selama proses elektrolisis berlangsung,

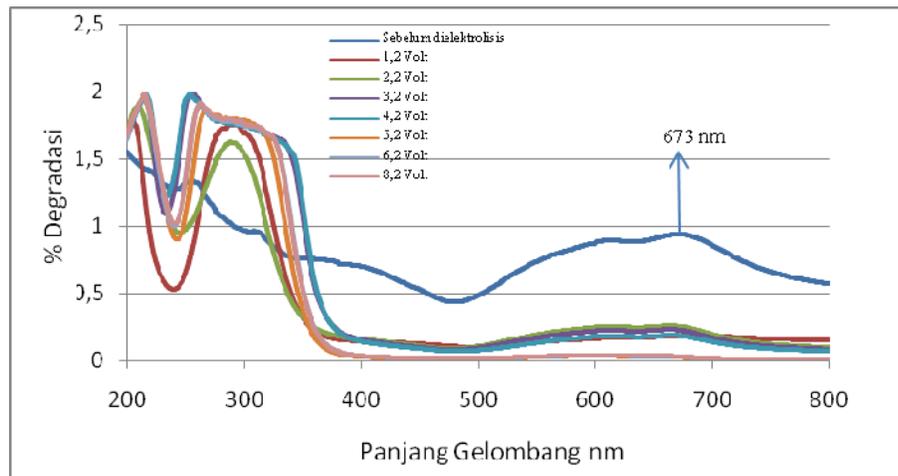
bahwa dengan perlakuan yang sama selama proses elektrolisis, ternyata dari hasil analisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk setiap variasi waktu yang dilakukan ternyata memberikan nilai absorbansi yang berbeda-beda. Data dari spektrofotometer UV-Vis menunjukkan bahwa dengan tegangan yang sama yaitu 5,2 Volt dan konsentrasi NaCl 1,0 gram dengan  $\lambda_{\text{maks}}$  673 nm pada optimasi waktu elektrolisis yang berbeda-beda ternyata memberikan nilai absorbansi yang berbeda-beda pula. Sehingga untuk sementara, dapat di tarik kesimpulan bahwa waktu elektrolisis yang berbeda-beda akan mempengaruhi nilai absorbansi juga. Semakin lama waktu elektrolisis yang dilakukan maka semakin turun nilai absorbansinya yang dihasilkan. Sehingga waktu elektrolisis sangat berpengaruh dalam mendegradasi suatu limbah. Jadi waktu elektrolisis berbanding terbalik dengan nilai absorbansi.

Pada optimasi waktu elektrolisis yang dilakukan besarnya nilai persentase degradasi yang dihasilkan menunjukkan nilai peningkatan yang cukup signifikan terkait semakin turunnya nilai absorbansi yang di hasilkan dari limbah batik berwarna biru. Dari berbagai variasi waktu elektrolisis yang diberikan untuk proses elektrolisis ternyata nilai persentase degradasi tiap waktu yang diberikan berbeda-beda. Ketika sebelum di elektrolisis besarnya % degradasi adalah 0 %, pada 15 menit besarnya % degradasi 35,22%; 30 menit besarnya % degradasi 37,89%; 60 menit besarnya % degradesai 45,68%; 90 menit besarnya 48,03% degradasi %; 120 menit besarnya % degradasi 66,70%; 180 menit besarnya % degradasi 84,52% dan pada waktu 240 menit besarnya % degradasi sebesar 97,33%. Besarnya kenaikan persentase degradasi limbah batik berwarna biru

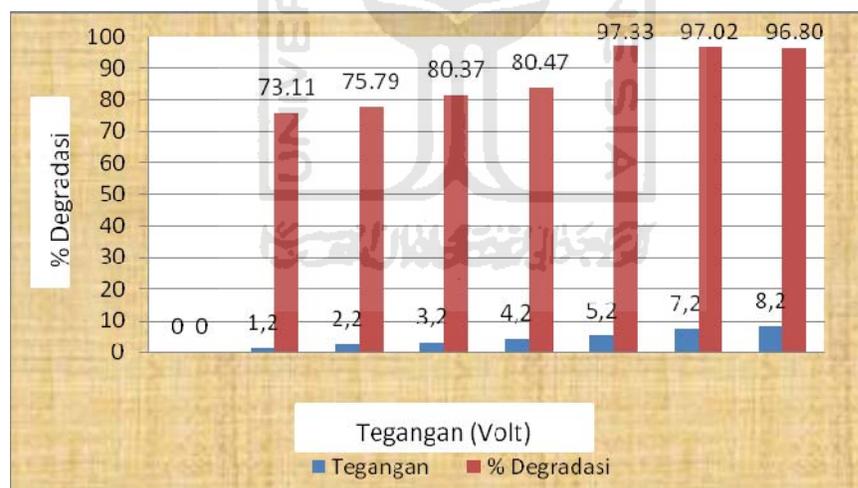
sangat positif dimana selalu meningkat. Jadi pada berbagai variasi waktu lamanya proses elektrolisis yang dilakukan besarnya % degradasi yang paling optimal pada kondisi saat tegangan 5,2 Volt, waktu elektrolisis 240 menit dan konsentrasi NaCl 1,0 gr dengan panjang gelombang maksimal ( $\lambda_{maks}$ ) 673 nm adalah sebesar 97,33%.

### **5.3.3 Analisa limbah batik berwarna biru dengan variasi tegangan**

Elektrolisis dilakukan dengan mengoptimasi tegangan yaitu 0; 1,2; 2,2; 3,2; 4,2; 5,2; 7,2 dan 8,2 Volt. Spektra hasil analisis data degradasi limbah batik berwarna biru sebelum dan sesudah dilakukan elektrolisis dengan variasi tegangan pada  $\lambda_{maks}$  673 nm ditunjukkan pada Gambar 13. Hasil spektra analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis menunjukkan degradasi limbah batik yang meningkat signifikan yang ditunjukkan oleh penurunan absorbansi di daerah pada panjang gelombang maks 673 nm yang semula 0,937 turun menjadi 0,783. Hal ini dapat terlihat pada daerah tampak (Visibel) bahwa kecenderungan untuk mendegradasi limbah batik dengan berbagai variasi tegangan dengan elektrolisis, sangat jelas bahwa nilai absorbansi untuk setiap tegangan yang diberikan pada elektrolisis selalu mengalami penurunan.



Gambar 12. Spektra hasil analisis limbah batik berwarna biru dengan variasi tegangan, untuk waktu elektrolisis 240 menit dan konsentrasi 1,0 gr NaCl pada  $\lambda_{maks}$  673 nm.



Gambar 13. Diagram Tegangan Vs % Terdegradasi, dengan waktu elektrolisis 240 menit dan konsentrasi NaCl 1,0 gr pada  $\lambda_{maks}$  673 nm.

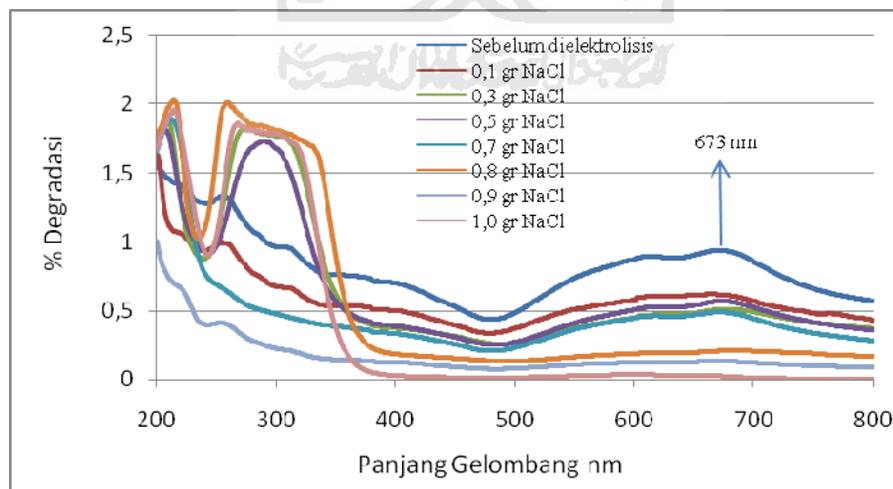
Untuk elektrolisis limbah batik berwarna biru ini optimasi tegangan yang digunakan adalah 0, 1,2; 2,2; 3,2; 4,2; 5,2; 7,2 dan 8,2 volt, selama 240 menit dan pada konsentrasi NaCl 1,0 gr dengan  $\lambda_{maks}$  673 nm, selanjutnya sampel dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui absorbansi yang dihasilkan.

Absorbansi yang terukur dapat dilihat pada Gambar 13 seperti di atas. Dan dari data tersebut dapat pula dihitung persentase degradasi dari limbah batik berwarna biru seperti pada gambar 14 di atas. Absorbansi limbah batik berwarna biru yang telah dielektrolisis selama 240 menit dengan konsentrasi NaCl 1,0 gr pada optimasi tegangan yang berbeda mulai dari 0, 1,2; 2,2; 3,2; 4,2; 5,2; 7,2 dan 8,2 volt, ternyata memberikan hasil yang berbeda-beda. Data dari spektrofotometer UV-Vis menunjukkan bahwa dengan memberikan waktu elektrolisis sama yaitu 240 menit dan konsentrasi NaCl 1,0 gram dengan daerah serapan pada panjang gelombang maks 673 nm pada tegangan yang berbeda beda ternyata memberikan nilai absorbansi yang berbeda-beda pula. Sehingga untuk sementara bahwa dengan tegangan yang berbeda-beda akan mempengaruhi nilai absorbansi juga. Semakin tinggi nilai tegangan yang diberikan pada proses selama elektrolisis berlangsung maka nilai absorbansi yang di hasilkan semakin menunjukkan penurunan. Jadi besar kecilnya tegangan yang diberikan untuk proeses elektrolisis berbanding terbalik dengan nilai absorbansi.

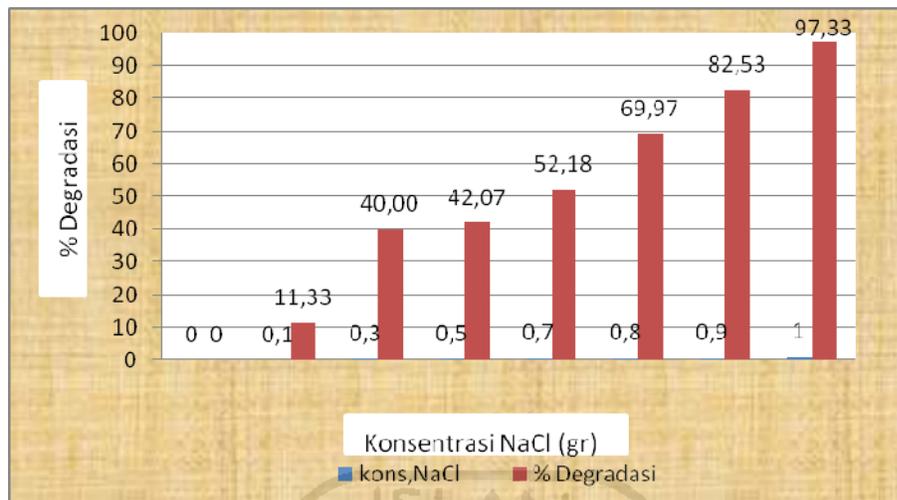
Akan tetapi untuk nilai persentase degradasi yang dihasilkan menunjukkan nilai peningkatan yang cukup signifikan terkait semakin turunnya nilai absorbansi yang dihasilkan dari limbah batik berwarna biru pada  $\lambda_{maks}$  673 nm. Dari optimasi tegangan yang diberikan pada proses elektrolisis ternyata nilai persentase degradasi tiap tegangan yang diberikan berbeda-beda. Ketika sebelum di elektrolisis besarnya % degradasi adalah 0 %, pada 1,2 Volt besarnya % degradasi 73,11%; 2,2 Volt besarnya % degradasi 75,79%; 3,2 Volt besarnya % degradasi 80,37%; 4,2 Volt besarnya % degradasi 80,47%; 5,2 Volt besarnya %

degradasi 97,33%; 7,2 Volt besarnya % degradasi 97,02%; 8,2 Volt besarnya % degradasi 96,80%. Pada tegangan 7,2 Volt dan 8,2 Volt tersebut diatas bahwa besarnya persentase degradasi limbah batik berwarna biru mengalami penurunan persentase degradasi yang tidak mencolok disebabkan karena, ion-ion yang menempel pada elektroda tidak menempel sempurna sehingga nilai persentase degradasi menurun. Jadi ion-ion yang menempel pada elektroda yang telah menempel ikut lepas kembali ke larutan sehingga nilai absorbansi menjadi naik yang di buktikan pada persentase degradasinya menurun yaitu pada tegangan 7,2 Volt dan 8,2 Volt. Jadi pada berbagai variasi tegangan yang dilakukan besarnya persentase degradasi yang paling optimal pada kondisi tegangan 5,2 Volt pada panjang gelombang maksimal ( $\lambda_{maks}$ ) 673 nm sebesar 97,33 %.

#### 5.3.4 Analisis limbah batik berwarna biru dengan variasi konsentrasi NaCl



Gambar 14. Spektra hasil analisis limbah batik berwarna biru dengan variasi konsentrasi NaCl, untuk tegangan 5,2 Volt dan waktu elektrolisis 240 menit pada  $\lambda_{maks}$  673 nm.



Gambar 15. Diagram persentase degradasi dengan variasi konsentrasi NaCl, dengan tegangan 5,2 Volt dan waktu elektrolisis 240 menit pada  $\lambda_{\text{maks}}$  673 nm.

Seperti halnya pada optimasi tegangan dan waktu untuk konsentrasi NaCl yang ditambahkan ke dalam larutan limbah batik berwarna biru untuk perlakuan elektrolisis juga sama. Yaitu dengan mengambil 50 mL sampel dan selanjutnya di elektrolisis pada tegangan 5,2 Volt dengan lama waktu elektrolisis selama 240 menit. Perlakuan sama hanya optimasi konsentrasi NaCl yang ditambahkan berbeda-beda yaitu mulai dari 0, 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; dan 1,0 gr. Selama proses elektrolisis berlangsung, bahwa dengan perlakuan yang sama selama proses elektrolisis, ternyata dari hasil analisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, untuk setiap variasi konsentrasi NaCl yang ditambahkan ternyata memberikan nilai absorbansi yang berbeda-beda juga pada kondisi optimasi tegangan dan waktu elektrolisis. Dari hasil analisis data spektrofotometer UV-Vis menunjukkan bahwa dengan tegangan 5,2 Volt, waktu 240 menit dan dengan variasi konsentrasi NaCl yang berbeda-beda ketika dielektrolisis ternyata memberikan nilai absorbansi yang berbeda-beda pula.

Sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan konsentrasi yang berbeda-beda akan mempengaruhi nilai absorbansi juga. Semakin besar konsentrasi NaCl yang ditambahkan lama waktu elektrolisis yang dilakukan maka semakin turun nilai absorbansinya yang dihasilkan. Sehingga waktu elektrolisis sangat berpengaruh dalam mendegradasi suatu limbah. Jadi waktu elektrolisis berbanding terbalik dengan nilai absorbansi.

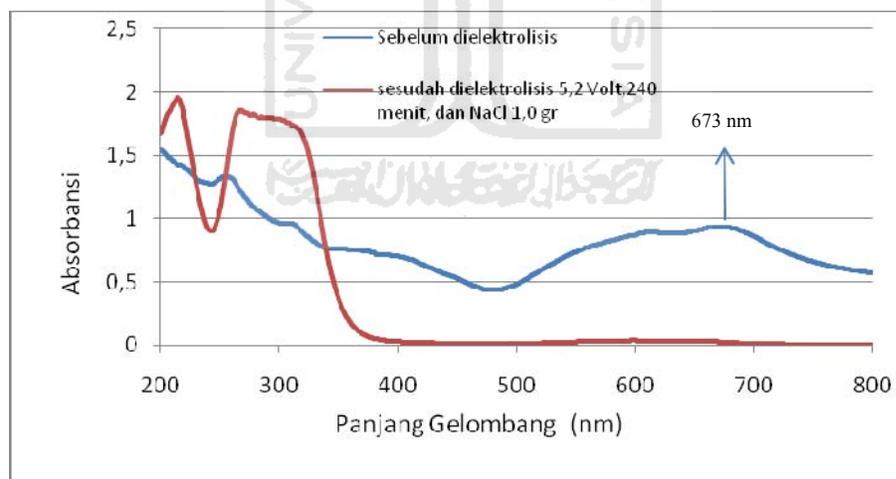
Untuk persentase degradasi pada optimasi konsentrasi NaCl yang ditambahkan kedalam larutan limbah batik berwarna biru dengan waktu elektrolisis 240 menit dan pada tegangan 5,2 Volt dapat dilihat pada Gambar 15 dan Tabel 15 di atas. Besarnya nilai persentase degradasi yang dihasilkan menunjukkan nilai peningkatan yang cukup signifikan terkait semakin turunnya nilai absorbansi yang dihasilkan dari limbah batik berwarna biru. Dari berbagai variasi konsentrasi NaCl yang diberikan selama proses elektrolisis ternyata nilai persentase degradasi tiap konsentrasi yang diberikan menghasilkan persentase degradasi yang berbeda-beda pula dengan kenaikan persentase degradasi yang sangat baik. Hasil persentase degradasi dengan konsentrasi NaCl pada degradasi limbah batik berwarna biru adalah sebagai berikut : ketika sebelum di elektrolisis besarnya % degradasi adalah 0 %, pada konsentrasi 0,1 gr NaCl besarnya % degradasi 11,33%; 0,3 gr NaCl besarnya % degradasi 40,00%; 0,5 gr NaCl besarnya % degradasi 42,07%; 0,7 gr NaCl besarnya 52,18% degradasi %; 0,8 gr NaCl besarnya % degradasi 68,97%; 0,9 gr NaCl besarnya % degradasi 82,53% dan 1,0 gr NaCl besarnya % degradasi 97,33%. Besarnya kenaikan persentase degradasi limbah batik berwarna biru sangat positif dimana selalu

mengalami peningkatan. Jadi pada berbagai variasi konsentrasi NaCl yang ditambahkan pada proses elektrolisis yang dilakukan besarnya % degradasi yang paling optimal pada kondisi saat tegangan 5,2 Volt, waktu elektrolisis 240 menit dan konsentrasi NaCl 1,0 gr pada panjang gelombang maksimal 673 nm adalah sebesar 97,33 %.

#### 5.4 Efek dari penambahan NaCl

Tabel 5. Data persentase limbah terdegradasi sebelum dan sesudah elektrolisis pada panjang gelombang maksimal ( $\lambda_{maks}$ ) 673 nm.

Sampel	Waktu (Menit)	Tegangan (Volt)	Konsentrasi NaCl (gr)	Absorbansi	% Degradasi
Sebelum	0	0	0	0,435	0
Sesudah	240	5,2	1,0	0,012	97,33



Gambar 16. Spektra degradasi limbah batik berwarna biru sebelum dan sesudah elektrolisis pada tegangan 5,2 Volt, 240 menit dan 1,0 gr NaCl pada panjang gelombang maksimal ( $\lambda_{maks}$ ) 673 nm.

Gambar 16. Di atas adalah gambar perbandingan antara larutan limbah batik berwarna biru dengan larutan limbah batik berwarna biru setelah dilakukan

elektrolisis dengan penambahan NaCl, kedalam larutan limbah batik berwarna biru. Elektrolisis dilakukan dengan cara yang sama pada gambar sebelumnya dengan mengambil 50 mL larutan limbah batik berwarna biru selanjutnya dilakukan elektrolisis selama 240 menit tegangan 5,2 volt dan penambahan NaCl 1,0 gram dengan  $\lambda_{\text{maks}}$  673 nm, namun dari gambar yang ada menunjukkan bahwa hasil penurunan absorbansi dari larutan limbah batik berwarna semula absorbansinya 0,435 dan absorbansinya turun sebesar 0,012 pada daerah panjang gelombang maks 673 nm.

Sebagian besar limbah batik komposisi utamanya terdiri dari berbagai macam zat warna. Di mana sifat dan karakteristik dari zat warna adalah sangat stabil sehingga sulit diuraikan ke dalam bentuk ion-ion sehingga diperlukan arus yang sangat tinggi untuk dapat menguraikan senyawa-senyawa yang ada dalam limbah batik.

Untuk itu dibutuhkan suatu elektrolit kedalam larutan dengan tujuan untuk mempermudah proses elektrolisis karena arus yang dihasilkan pada elektrolit sangatlah rendah sehingga sulit untuk menguraikan senyawa-senyawa yang cukup stabil. Elektrolit yang dimaksud adalah garam. Di mana garam yang dilarutkan kedalam air akan terurai menjadi ion-ion dan sifat-sifat ini adalah merupakan penghantar listrik atau bersifat konduktor. Garam yang dimaksud adalah natrium klorida (NaCl). Penambahan NaCl ini tidak berbahaya karena dalam larutan garam akan terurai menjadi ion  $\text{Na}^+$  dan ion  $\text{Cl}^-$  yang berfungsi untuk mempercepat dan mempermudah proses elektrolisis, di samping itu NaCl juga merupakan garam dapur yang sangat ekonomis dan sangat mudah di dapat.

### 5.5 Mekanisme Degradasi Limbah Batik Berwarna Biru

Elektrolisis merupakan peristiwa penguraian atau perubahan kimia senyawa tertentu jika dilewatkan muatan atau arus listrik melalui larutan elektrolit atau zat cair senyawa tersebut. Secara umum pada proses elektrolisis akan terjadi proses reduksi di katoda dan proses oksidasi di anoda.

Dalam penelitian kali ini, senyawa senyawa berbahaya yang banyak terdapat pada limbah limbah industri seperti limbah batik biru akan teroksidasi di anoda. Oksidasi di definisikan sebagai molekul yang memperoleh oksigen kehilangan hidrogen, sedangkan jika molekul kehilangan oksigen atau memperoleh hidrogen, maka molekul tersebut dikatakan tereduksi. Alinger (1976) menjelaskan bahwa reaksi oksidasi adalah penghilangan atom H pembentukan ikatan lain antara C dan H. Senyawa organik akan teroksidasi membentuk gas O<sub>2</sub> sedangkan ion H<sup>+</sup> yang terbentuk di anoda akan menuju katoda membentuk gas H<sub>2</sub>.



Apabila terjadi oksidasi dari air dengan reaksi sebagai berikut :



Radikal hidroksi yang terbentuk akan digunakan untuk mensubstitusi senyawa organik sehingga terbentuk senyawa yang mudah teroksidasi.



Radikal hidroksi terserap oleh permukaan elektroda dan bereaksi dengan senyawa organik membentuk air dan O<sub>2</sub>.

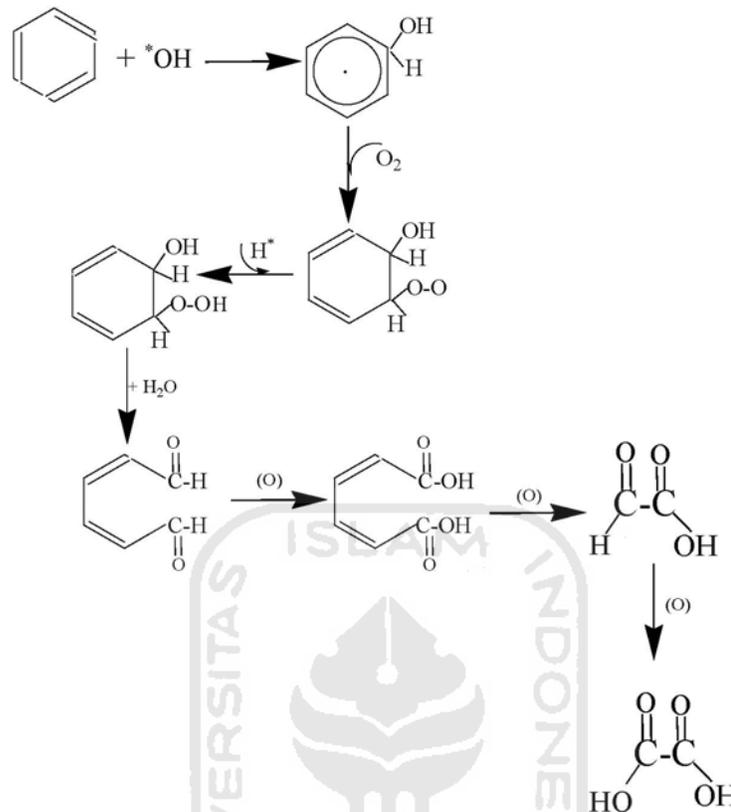
Menurut jurnal yang ditulis oleh Chatzisyneon et.al tahun 2006, menyebutkan bahwa dua mekanisme yang memungkinkan senyawa organik yang di lambangkan R untuk di degradasi secara elektrokimia yaitu : pertama oksidasi secara langsung dimana senyawa organik akan terabsorpsi dipermukaan anoda, yang kedua yaitu oksidasi secara tidak langsung larutan yang menggunakan perantara zat-zat pengoksida misalnya seperti klorin, hipoklorat, radikal hidroksi, ozon, dan hydrogen peroksida. Anoda akan membebaskan air dan hasilnya yaitu terbentuk radikal hidroksi yang kemudian yang kemudian akan mengoksida senyawa organik reaksinya yaitu:



Pada penambahan NaCl klorohidroksi radikal yang akan terbentuk pada permukaan anoda yang akan mengoksidasi senyawa organik reaksinya yaitu



Pada gambar 18 di bawah ini adalah merupakan proses degradasi benzena yang juga merupakan komponen utama dalam senyawa-senyawa organik pada limbah batik.



Gambar 17. Reaksi degradasi pada gugus benzena (Waite, T.D, et.al., 2006)

Radikal hidroksil adalah radikal utama yang melakukan inisiasi degradasi pada gugus utama senyawa azo, dengan menghasilkan radikal fenil dan fenoksi. Pada tahap berikutnya dengan adanya oksigen terlarut, akan terjadi abstraksi ion hidrogen dan radikalnya, pada radikal fenil. Pada tahap lebih lanjut akan keluar gas nitrogen yang diikuti dengan proses reduksi pada radikal cincin bensen menjadi senyawa aromatik sederhana. Di sisi lain, gugus radikal fenoksi akan teroksidasi oleh radikal hidroksil menjadi gugus benzena.

Gambar 17 di atas, cincin aromatik benzena akan terdegradasi menjadi radikal hidroksisikloheksadienil. Radikal ini akan bereaksi dengan oksigen terlarut menghasilkan hidroksi hidroperoksida yang tidak stabil. Reaksi berikutnya adalah

terjadinya penghilangan satu molekul air dan pembentukan cincin aromatis dari hidroksi hidroperoksida menjadi mukondialdehid. Mukodialdehid kemudian teroksidasi menjadi asam mukonot. Pada proses oksidasi selanjutnya akan terbentuk glioksial yang kemudian teroksidasi menjadi asam karboksilat.



## **BAB VI**

### **PENUTUP**

#### **6.1 KESIMPULAN**

1. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah elektrolisis dengan elektrode Platinum dapat mendegradasi limbah batik berwarna biru. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa metode elektrolisis sangat efektif untuk proses degradasi zat warna dari limbah industri batik.
2. Persentase degradasi limbah industri batik berwarna biru yang optimal pada saat elektrolisis dilakukan dengan menggunakan potensial 5,2 Volt, dengan waktu elektrolisis 240 menit serta dengan penambahan NaCl 1,0 gr pada panjang gelombang maksimal ( $\lambda_{maks}$ ) 673 nm dengan persentase degradasi sebesar 97,33 %.

#### **6.2 SARAN**

1. Ketika proses elektrolisis terjadi logam-logam yang menempel pada anoda dan elektroda tertutupi sehingga jalanya proses elektrolisis tidak dapat berjalan dengan sempurna. Hal ini dapat diatasi dengan cara menukar kutub positif dan negatif pada elektroda (kutub positif di katoda dan kutub negatif di anoda). Dengan tujuan untuk melepaskan logam-logam yang menempel pada anoda.
2. Apabila logam-logam menempel pada anoda langak yang dapat diambil adalah dicuci menggunakan asam, sehingga anoda dapat dipergunakan kembali.

3. Sebaiknya digunakan elektroda yang tepat agar pada daerah UV dapat teridentifikasi secara benar bahwa limbah benar-benar terdegradasi sempurna menjadi H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub>.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmet B., Ayfer Y., Doris L., Nese N. dan Antonius K. 2003, Ozonation of High Strength Segregated Effluents from a Woollen Textile Dyeing and Finishing Plant, Dyes and Pigments, *J.Appl.Electrochem* 58: 93-98.
- Aryunani, 2003, Adsorpsi Zat Warna Tekstil Remazol Yellow FG Pada Limbah Batik Oleh Enceng Gondok dengan Aktivator NaOH. *Jurnal Penelitian Kimia, Universitas Sebelas Maret, Solo. Vol 2 no. 2. Hal 10-18*
- Atmaji, P., Wahyu P dan Edi P.P. 1999, Daur Ulang Limbah Hasil Pewarnaan Industri Tekstil. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia. Volume I no. 4.*
- Bockris, J.O.M. dan Drazic, D. 1972, *Electrochemistry Science*. London: Taylor and Frabcis Ltd.
- Casado, J. dan Brillas, E. 1996, Electrochemical Mineralization of Aniline: The Peroxicoagulation and Electro-Fenton Process. *Proc.10<sup>th</sup> Int. Forum Electrolisis Chem. Ind, Electrosynthesis. Lancaster, N.Y. 192-198.*
- Chatzimeyon, E et.al., 2006, ElectrochemicalTretment of Textile Dyes and Dyehous Effluents, Departement of Engineering, Technical University of Crete, Polytech, Neioupolis, GR-73100 Chania, Grece.
- Comninellis, C.H., and Pulgarin, C. 1991. Anodic Oxidation Phenol for Waste Water Treatment, *J.Appl.Electrochem*, 21, 703-708.
- Conway, B.E., 1968, Same Aspects of Anodic Oxidation of Organic Compounds, *Rev.Pure.Appl.Chem*, 18, 105-124.
- Farodilah, 2007, Hati-hati Limbah Batik, *Suara Merdeka*, 26 April 2007.
- Fatimah, I., Syahputra, R., Rubiyanto, Julianto, T.S., D., Prabowo, M.H., Darmawan, E., 2006, *Modul Workshop Instrumentasi: Spektrofotometri UV/Tampak*, hal.59, Laboratorium Instrumentasi terpadu Universitas Isalam Indonesia, Jogjakarta.
- Festianti, Ira. 2005, *Fotodegradasi Congo Red dengan katalis TiO<sub>2</sub>-Monmorillonit*, Skripsi, FMIPA, UII, Jogjakarta.
- Groot, S.G.D. 1963, *Thermodynamic of Irreversible Processes*. Amsterdam: North Holland Publ. Company.

- Gunlazuardi, J., 2000, Fotoelektrokatalisis untuk Detoksifikasi Air, *Prosiding, Seminar nasional Elektrokimia, 1-21*.
- Gunlazuardi, J., 2000, Fotokatalisi pada Permukaan  $\text{TiO}_2$  : Aspek Fundamental dan Aplikasinya, *Seminar Nasional Kimia Fisika II, Jakarta, 14-15 Juni, 2001*.
- Heaton, Alan. 1994, *The Chemical Industry*, Second edition, Blackie Academic and Profesional, Chapman & Hal London,
- Isminingsih. 1973, *Pengantar Kimia Zat Warna*. Bandung : ITT. Hal 76-79.
- Kurniasih, Esti, 2006, *Fotodegradasi Alizarin S menggunakan Katalis  $\text{TiO}_2$ -Monmorillonit*, Skripsi, FMIPA, UII, Jogjakarta.
- Kyriacou, D.K. 1981, *Basics of Electroorganic Synthesis*. New York: John Wiley & Sons.
- Polcaro, A.M., Palmas, S., Renoldi, F. dan Mascia, M. 1999. On the performance of  $\text{Ti/SnO}$  sub(2) and  $\text{Ti/PbO}$  anodes in electrochemical degradation of 2-chlorophenol for wastewater treatment, *J. Appl. Electrochem*, 29: 147-151.
- Risnandar, H., dan Kurniawan, Y., 1998, *Penyerapan zat Warna Tekstil dengan menggunakan Jerami Padi*. Semarang: FT-MM.
- Riyanto, 1999, *Oksidasi Fenol Secara Elektrokimia Dengan Anoda  $\text{SnO}_2$ /Zeolit*, Thesis, Program Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.
- Riyanto, 2009, *Elektrokimia dan Aplikasinya*, Program Studi Ilmu Kimia, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
- Sastrohamidjodjo, H, 2001, *Spektroskopi*, Penerbit Liberty, Jogjakarta.
- Setyaningsih, H. 2007, *Pengolahan Limbah batik dengan Proses Kimia dan Adsorpsi Karbon Aktif*, Thesis, Program Pasca Sarjana, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Suhardi, 1991, *Petunjuk Laboratorium Analisa Air dan Penanganan Limbah*, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Jogjakarta.
- Sugiharto, 1987, *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*, UI-Press, Jakarta.

- Tahir, I, Wijaya, K., 2004, Pembuatan dan Uji Fotoaktivitas Komposit TiO<sub>2</sub> Bentonil Untuk Degradasi Senyawa Pewarna Heiden Biru, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tezuka, M. and Jwasaki, M. 1996. Oxidative Degradation of Organic Pollutants in Water by Glow Discharge Electrolysis. *Asia-Pac. Proc. 3rd Conf Plasma Sci. Technol. Tokyo Japan: Japan Society for the Promotion of Science, Local Organizing Committee of APCPST96. 423-427.*
- Vlyssides, A.G., Loizidou. M., Karlis, P.K., Zorpas, A.A., Papaioannou, D.J. 1999. Electrochemical Oxidation of a Textile Dye Wastewater using a Pt/Ti Electrode. *J. Hazard Mater. 23:70:41-52.*
- Vogel, 1979, *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*, Diterjemahan oleh L. Setiono dan A.Hadyana Pudjaatmaka, Jilid 1 dan 2, Edisi 5, Penerbit PT.Kalman Media Pustaka, Jakarta.
- Waite, T.D, et.al., 2006, Toxic Organic Desctruction by Electron Beam Irradiation : An Innovative Technology for Developing Countries, University of Miami, Coral Gables, Florida.
- Yasin et al., 2007, Adsorption Of Methylene Blue Onto Treated Activated Carbon, *The Malaysian Journal of Analytical Sciences, Vol 11, No 11: 400-406*
- <http://www.smk3.wordpress.com/2008/08/12/mengenai-kimia-zat-warna-colorant/>
- <http://one.indoskripsi.com/judul-skripsi-tugas-makalah/tugas-kuliah-lainnya/ipal-limbah-tekstil/>
- <http://Jurnal.pdi.lipi.go.id/index.ph?search.html/act=tampil&id=59/>

## LAMPIRAN

### 1. Perhitungan degradasi limbah batik sebelum dan sesudah elektrolisis

Sampel	Waktu (menit)	Tegangan (Volt)	Absorbansi	% Degradasi
Sebelum	0	0	0,937	0
Sesudah	60	3,5	0,888	5,23
Sesudah	240	5,7	0,783	16,43

### Perhitungan persentase sisa limbah batik berwarna biru

$$\text{Rumus : Persentase sisa} = \frac{\text{Absorbansi akhir}}{\text{Absorbansi awal}} \times 100\%$$

a. Perhitungan sebelum dielektrolisis

$$\frac{0,937}{0,937} \times 100\% = 100\%$$

b. Perhitungan sesudah dielektrolisis 60 menit

$$\frac{0,888}{0,937} \times 100\% = 94,77\%$$

c. Perhitungan sesudah dielektrolisis 240 menit

$$\frac{0,783}{0,937} \times 100\% = 83,57\%$$

### Persentase degradasi limbah batik berwarna biru

a. Persentase degradasi sebelum di elektrolisis

$$100\% - 100\% = 0\%$$

b. Persentase degradasi sesudah 60 menit di elektrolisis

$$100\% - 94,77\% = 5,22\%$$

c. Persentase degradasi sesudah 240 menit di elektrolisis

$$100\% - 83,57\% = 16,43\%$$

2. Perhitungan degradasi limbah batik dengan tegangan 5,2 V, konsentrasi NaCl 1,0 gr dan waktu elektrolisis 240 menit

Tegangan (Volt)	Absorbansi	% Sisa	% Degradasi
0	0,937	100	0
1,2	0,252	26,89	73,11
2,2	0,225	24,01	75,99
3,2	0,184	19,64	80,36
4,2	0,182	19,53	80,47
5,2	0,025	2,67	97,33
7,2	0,028	2,98	97,02
8,2	0,030	3,20	96,80

Perhitungan persentase sisa limbah batik berwarna biru

$$\text{Rumus : Persentase sisa} = \frac{\text{Absorbansi akhir}}{\text{Absorbansi awal}} \times 100\%$$

3.1 Dengan variasi tegangan Volt, 1,0 gr NaCl, dan waktu 240 menit

a. Dengan tegangan 0 Volt, 0 gr NaCl, dan 0 menit

$$\frac{0,937}{0,937} \times 100\% = 100\%$$

b. Dengan tegangan 1,2 Volt, 1,0 gr NaCl, dan 240 menit

$$\frac{0,252}{0,937} \times 100\% = 26,89\%$$

c. Dengan tegangan 2,2 Volt, 1,0 gr NaCl, dan 240 menit

$$\frac{0,225}{0,937} \times 100\% = 24,01\%$$

d. Dengan tegangan 3,2 Volt, 1,0 gr NaCl, dan 240 menit

$$\frac{0,184}{0,937} \times 100\% = 19,64\%$$

e. Dengan tegangan 4,2 Volt, 1,0 gr NaCl, dan 240 menit

$$\frac{0,182}{0,937} \times 100 \% = 19,53\%$$

f. Dengan tegangan 5,2 Volt, 1,0 gr NaCl, dan 240 menit

$$\frac{0,025}{0,937} \times 100 \% = 2,67\%$$

g. Dengan tegangan 7,2 Volt, 1,0 gr NaCl, dan 240 menit

$$\frac{0,028}{0,937} \times 100 \% = 2,98\%$$

h. Dengan tegangan 8,2 Volt, 1,0 gr NaCl, dan 240 menit

$$\frac{0,030}{0,937} \times 100 \% = 3,20\%$$

### Persentase degradasi limbah batik

#### 3.2 Dengan variasi tegangan Volt, 1,0 gr NaCl, dan waktu 240 menit

a. Dengan tegangan 0 Volt, 0 gr NaCl, dan 0 menit

$$100\% - 100\% = 0\%$$

b. Dengan tegangan 1,2 Volt, 1,0 gr NaCl, dan 240 menit

$$100\% - 24,14\% = 75,86\%$$

c. Dengan tegangan 2,2 Volt, 1,0 gr NaCl, dan 240 menit

$$100\% - 20,23\% = 79,77\%$$

d. Dengan tegangan 3,2 Volt, 1,0 gr NaCl, dan 240 menit

$$100\% - 18,39\% = 81,61\%$$

e. Dengan tegangan 4,2 Volt, 1,0 gr NaCl, dan 240 menit

$$100\% - 16,09\% = 83,91\%$$

f. Dengan tegangan 5,2 Volt, 1,0 gr NaCl, dan 240 menit

$$100\% - 2,67\% = 97,33\%$$

g. Dengan tegangan 7,2 Volt, 1,0 gr NaCl, dan 240 menit

$$100\% - 3,22\% = 96,78\%$$

h. Dengan tegangan 8,2 Volt, 1,0 gr NaCl, dan 240 menit

$$100\% - 3,489\% = 96,51\%$$

4. Perhitungan degradasi limbah batik dengan waktu elektrolisis 240 menit, 5,2 V dan konsentrasi NaCl 1,0 gr

Waktu (menit)	Absorbansi	% Sisa	% Degradasi
0	0,937	100	0
15	0,607	64,78	35,22
30	0,582	62,11	37,89
60	0,509	54,32	45,68
90	0,487	51,97	48,03
120	0,312	33,30	66,70
180	0,145	15,48	84,52
240	0,025	2,67	97,33

Perhitungan persentase sisa limbah batik berwarna biru untuk variasi waktu elektrolisis

4.1 Dengan variasi waktu elektrolisis, tegangan 5,2 Volt dan konsentrasi 1,0 gr NaCl,

a. Dengan tegangan 0 Volt, 0 gr NaCl, dan 0 menit

$$\frac{0,435}{0,435} \times 100\% = 100\%$$

b. Dengan waktu elektrolisis 15 menit 5,2 Volt dan 1,0 gr NaCl,

$$\frac{0,286}{0,435} \times 100 \% = 65,75\%$$

c. Dengan waktu elektrolisis 30 menit, 5,2 Volt dan 1,0 gr NaCl

$$\frac{0,249}{0,435} \times 100 \% = 57,24\%$$

d. Dengan waktu elektrolisis 60 menit, 5,2 Volt dan 1,0 gr NaCl

$$\frac{0,248}{0,435} \times 100 \% = 57,01\%$$

e. Dengan waktu elektrolisis 90 menit, 5,2 Volt dan 1,0 gr NaCl

$$\frac{0,220}{0,435} \times 100 \% = 50,58\%$$

f. Dengan waktu elektrolisis 120 menit, 5,2 Volt dan 1,0 gr NaCl

$$\frac{0,129}{0,435} \times 100 \% = 29,65\%$$

g. Dengan waktu elektrolisis 180 menit 5,2 Volt dan 1,0 gr NaCl

$$\frac{0,051}{0,435} \times 100 \% = 11,72\%$$

h. Dengan waktu elektrolisis 240 menit 5,2 Volt dan 1,0 gr NaCl

$$\frac{0,012}{0,435} \times 100 \% = 2,67\%$$

**Persentase degradasi limbah batik berwarna biru**

a. Dengan waktu elektrolisis 0 menit, 5,2 Volt dan 1,0 gr NaCl

$$100\% - 100\% = 0\%$$

b. Dengan waktu elektrolisis 15 menit, 5,2 Volt dan 1,0 gr NaCl

$$100\% - 65,75\% = 34,25\%$$

c. Dengan waktu elektrolisis 30 menit, 5,2 Volt dan 1,0 gr NaCl

$$100\% - 57,24\% = 42,76\%$$

d. Dengan waktu elektrolisis 60 menit, 5,2 Volt dan 1,0 gr NaCl

$$100\% - 57,01\% = 42,99\%$$

e. Dengan waktu elektrolisis 90 menit, 5,2 Volt dan 1,0 gr NaCl

$$100\% - 50,57\% = 49,43\%$$

f. Dengan waktu elektrolisis 120 menit, 5,2 Volt dan 1,0 gr NaCl

$$100\% - 29,65\% = 70,35\%$$

g. Dengan waktu elektrolisis 180 menit, 5,2 Volt dan 1,0 gr NaCl

$$100\% - 11,72\% = 88,28\%$$

h. Dengan waktu elektrolisis 240 menit, 5,2 Volt dan 1,0 gr NaCl

$$100\% - 2,67\% = 97,33\%$$

**5. Perhitungan degradasi limbah batik dengan variasi konsentrasi NaCl 1,0 gr, tegangan 5,2 Volt dan waktu 240 menit**

Konsentrasi NaCl (gr)	Absorbansi	% Sisa	% Degradasi
0	0,937	100	0
0,1	0,617	65,85	34,15
0,3	0,570	60,83	39,17
0,5	0,511	54,54	45,46
0,7	0,489	52,19	47,81
0,8	0,208	22,20	77,80
0,9	0,133	14,19	85,81
1,0	0,025	2,67	97,33

**5.1 Dengan variasi konsentrasi 1,0 gr NaCl, tegangan 5,2 Volt, dan waktu elektrolisis 240 menit.**

- a. Dengan konsentrasi 0 gr NaCl, tegangan 5,2 Volt, dan waktu 240 menit

$$\frac{0,435}{0,435} \times 100 \% = 100 \%$$

- b. Dengan konsentrasi 0,1 gr NaCl, tegangan 5,2 Volt, dan waktu 240 menit.

$$\frac{0,337}{0,435} \times 100 \% = 86,67\%$$

- c. Dengan konsentrasi 0,3 gr NaCl, tegangan 5,2 Volt, dan waktu 240 menit

$$\frac{0,261}{0,435} \times 100 \% = 60,00\%$$

- d. Dengan konsentrasi 0,5 gr NaCl, tegangan 5,2 Volt, dan waktu 240 menit

$$\frac{0,252}{0,435} \times 100 \% = 57,93\%$$

- e. Dengan konsentrasi 0,7 gr NaCl, tegangan 5,2 Volt, dan waktu 240 menit

$$\frac{0,208}{0,435} \times 100 \% = 47,82\%$$

- f. Dengan konsentrasi 0,8 gr NaCl, tegangan 5,2 Volt, dan waktu 240 menit

$$\frac{0,135}{0,435} \times 100 \% = 31,03 \%$$

- g. Dengan konsentrasi 0,9 gr NaCl, tegangan 5,2 Volt, dan waktu 240 menit

$$\frac{0,076}{0,435} \times 100 \% = 17,47\%$$

- h. Dengan konsentrasi 1,0 gr NaCl, tegangan 5,2 Volt, dan waktu 240 menit

$$\frac{0,012}{0,435} \times 100 \% = 2,67\%$$

**Persentase degradasi limbah batik**

a. Dengan konsentrasi 0 gr NaCl, tegangan 5,2 Volt, dan waktu 240 menit

$$100\% - 100\% = 0\%$$

b. Dengan konsentrasi 0,1 gr NaCl, tegangan 5,2 Volt, dan waktu 240 menit

$$100\% - 86,67\% = 11,33\%$$

c. Dengan konsentrasi 0,3 gr NaCl, tegangan 5,2 Volt, dan waktu 240 menit

$$100\% - 60,00\% = 40,00\%$$

d. Dengan konsentrasi 0,5 gr NaCl, tegangan 5,2 Volt, dan waktu 240 menit

$$100\% - 57,93\% = 42,07\%$$

e. Dengan konsentrasi 0,7 gr NaCl, tegangan 5,2 Volt, dan waktu 240 menit

$$100\% - 47,82\% = 52,18\%$$

f. Dengan konsentrasi 0,8 gr NaCl, tegangan 5,2 Volt, dan waktu 240 menit

$$100\% - 31,03\% = 68,97\%$$

g. Dengan konsentrasi 0,9 gr NaCl, tegangan 5,2 Volt, dan waktu 240 menit

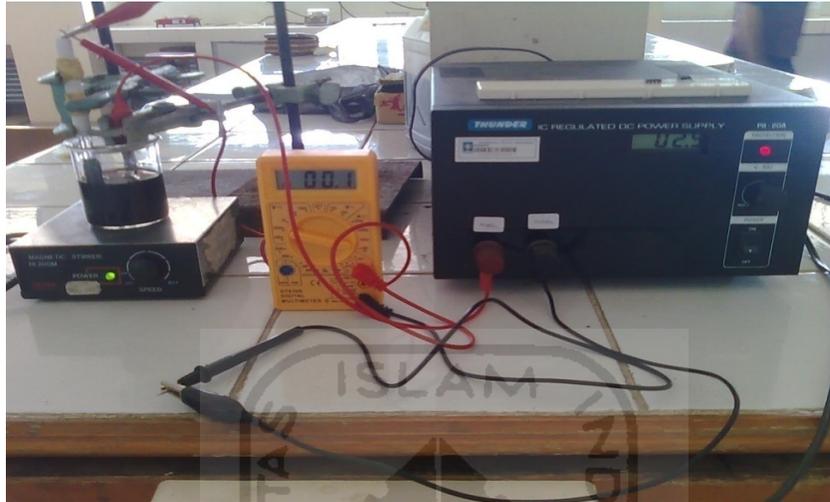
$$100\% - 17,47\% = 82,53\%$$

h. Dengan konsentrasi 1,0 gr NaCl, tegangan 5,2 Volt, dan waktu 240 menit

$$100\% - 2,67\% = 97,33\%$$

## Lampiran 2

### Seperangkat alat elektrolisis



**Lampiran 3****DOKUMENTASI FOTO**