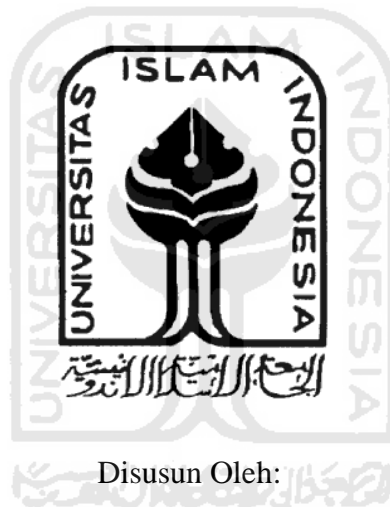


**PENGARUH VARIASI JENIS ELEKTROLIT PADA
PENGOLAHAN LIMBAH BATIK**

SKRIPSI

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



Disusun Oleh:

SITI WULANDARI
No. Mahasiswa : 13612006

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2017**

**PENGARUH VARIASI JENIS ELEKTROLIT PADA
PENGOLAHAN LIMBAH BATIK**

Oleh:

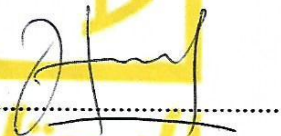
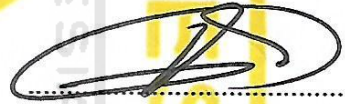
SITI WULANDARI
No. Mahasiswa: 13612006

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian Skripsi
Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Tanggal: 24 Februari 2017

Dewan Penguji

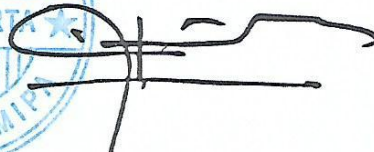
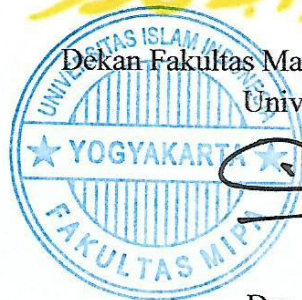
tanda tangan

1. Prof. Riyanto, S. Pd., M. Si., Ph. D.
2. Mai Anugrahwati, M. Sc.
3. Wiyogo Prio Wicaksono, M. Si.



Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia



Drs. Allwar, M. Sc., Ph. D.

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Siti Wulandari
Nomor Mahasiswa : 13612006
Jurusan : Kimia

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri bebas dari peniruan terhadap karya dari orang lain. Kutipan pendapat dan tulisan orang lain ditunjuk sesuai dengan cara-cara penulisan karya ilmiah.

Apabila kemudian hari terbukti dapat dibuktikan bahwa dalam skripsi ini terkandung ciri-ciri plagiat dan bentuk-bentuk peniruan lain yang dianggap melanggar peraturan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Yogyakarta, 01 Maret 2017

Yang membuat pernyataan,



Siti Wulandari

NIM: 13612006

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kepada kehadiran Allah SWT berkat nikmat, karunia dan kasih sayang-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini (Skripsi), serta penulis haturkan shalawat serta salam pada Nabi besar Muhammad SAW beserta keluarganya. Skripsi yang berjudul **Pengaruh Variasi Jenis Elektrolit pada Pengolahan Limbah Batik** ini disusun untuk memenuhi persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si) Program Studi Ilmu Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia.

Penyelesaian Tugas akhir tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penyusun tidak lupa mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat, nikmat, petunjuk dan karunia-Nya serta memberikan perlindungan, kemudahan serta kesabaran dalam setiap pekerjaan sehingga dapat menyelesaikan penelitian skripsi ini dengan sebaik-baiknya.
2. Bapak, mamak, kakak-kakak saya Endang, Yuni, Lis, Kris dan Heru yang telah memberikan semangat serta do'a-do'a dalam meraih cita-cita dan menyelesaikan tugas akhir.

3. Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia.
4. Dr. Is Fatimah, M.Sc, selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia.
5. Prof. H. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D. selaku Dosen pembimbing tugas akhir Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, universitas islam indonesia.
6. Teman- teman seperjuangan Astika, Ratna, Tia dan semua angkatan 13 yang saya banggakan.
7. Bapak dan Ibu dosen serta seluruh staff dan karyawan di lingkungan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, terima kasih atas keramahan dan layanan akademik serta bantuannya.

Penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, karena kesempurnaan itu hanya milik Allah semata, meskipun demikian penyusun mengharapkan tulisan ini dapat bermanfaat bagi seluruh masyarakat yang membacanya. Menyadari banyaknya kekurangan di dalam tugas akhir ini oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak untuk dapat mencapai kesempurnaan dari Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

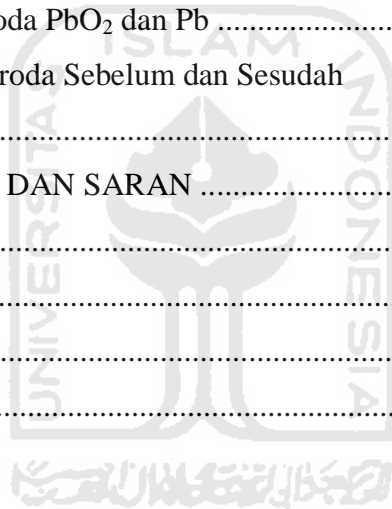
Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta,
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
INTISARI	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Tujuan Penelitian	7
1.4. Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
BAB III DASAR TEORI	14
3.1. Limbah Batik	14
3.2. Karakteristik Limbah Cair Batik	16
3.3. Zat Warna	20
3.4. Elektrokimia	24
3.5. Metode Elektrolisis	25
3.6. Elektrolit	28
3.7. Elektroda	29
3.8. Aki	30
3.9. Timbal (Pb)	32
3.10. Spektrofotometer UV-Visible	35

BAB IV METODE PENELITIAN	38
4.1. Sampel	38
4.2. Alat yang digunakan	38
4.3. Bahan yang digunakan	38
4.4. Cara Kerja.....	38
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	40
5.1. Pengaruh Konsentrasi NaCl terhadap Pengolahan Limbah Batik dengan Elektroda PbO ₂ dan Pb	40
5.2. Pengaruh Konsentrasi Na ₂ SO ₄ terhadap Pengolahan Limbah Batik dengan Elektroda PbO ₂ dan Pb	49
5.3 Pengaruh Berat Elektroda Sebelum dan Sesudah Elektrolisis	57
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	60
6.1. Kesimpulan	60
6.2. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	66



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Zat pencemar dalam proses pembuatan batik	15
Tabel 2. Sifat-sifat fisika Timbal (Pb)	33



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Naftol	21
Gambar 2. Struktur Indigosol	21
Gambar 3. Klorida Sianurat	22
Gambar 4. Struktur Zat Warna	22
Gambar 5. Reaksi Pembuatan Zat Warna Procion	23
Gambar 6. Struktur Indanthrene	23
Gambar 7. Peralatan Elektrolisis	28
Gambar 8. Logam Timbal	32
Gambar 9. Skema alat spektrofotometer uv-vis	37
Gambar 10. Reaksi oksidasi fenol secara kimia	42
Gambar 11. Rangkaian alat elektrolisis	44
Gambar 12. Spektrum UV-Vis elektrolisis limbah batik pada tegangan 9 Volt selama 3 jam dengan variasi konsentrasi NaCl 0,2; 0,3 dan 0,4 M	45
Gambar 13. Spektrum UV-Vis elektrolisis limbah batik pada tegangan 10 Volt selama 3 jam dengan variasi konsentrasi NaCl 0,2; 0,3 dan 0,4 M	46
Gambar 14. Spektrum UV-Vis elektrolisis limbah batik pada tegangan 9 Volt selama 3 jam dengan variasi konsentrasi Na ₂ SO ₄ 0,2; 0,3 dan 0,4 M	49
Gambar 15. Spektrum UV-Vis elektrolisis limbah batik pada tegangan 10 Volt selama 3 jam dengan variasi konsentrasi Na ₂ SO ₄ 0,2; 0,3 dan 0,4 M	50
Gambar 16. Perubahan warna degradasi limbah batik (50 mL) pada tegangan 8 Volt dalam NaCl 0,2 M selama 1 jam dan 3 jam	52

Gambar 17. Perubahan warna degradasi limbah batik (50 mL) pada tegangan (A) 9 Volt dan (B) 10 Volt dalam NaCl dengan variasi konsentrasi (1) 0,2 M, (2) 0,3 M dan (3) 0,4 M selama 3 jam menggunakan elektroda PbO ₂ dan Pb	53
Gambar 18. Perubahan warna degradasi limbah batik (50 mL) pada tegangan (A) 9 Volt dan (B) 10 Volt dalam Na ₂ SO ₄ dengan variasi konsentrasi (1) 0,2 M, (2) 0,3 M dan (3) 0,4 M selama 3 jam menggunakan elektroda PbO ₂ dan Pb	54
Gambar 19. Spektrum perbandingan hasil elektrolisis limbah batik pada tegangan 9 dan 10 volt dan konsentrasi elektrolit 0,4 M dengan variasi elektrolit NaCl dan Na ₂ SO ₄	55
Gambar 20. Rangkaian elektroda pada elektrolisis limbah batik ..	57
Gambar 21. (A) Anoda PbO ₂ sebelum elektrolisis, (B) Anoda PbO ₂ sesudah elektrolisis	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat, Bahan dan Hasil Elektrolisis	66
Lampiran 2. Perhitungan Massa NaCl dan Na ₂ SO ₄ yang Digunakan dalam Elektrolisis	69



PENGARUH VARIASI JENIS ELEKTROLIT PADA PENGOLAHAN LIMBAH BATIK

**SITI WULANDARI
13612006**

INTISARI

Telah dilakukan pengolahan limbah batik dengan metode elektrolisis menggunakan elektroda PbO_2/Pb dari aki bekas. Penelitian ini bertujuan untuk mendegradasi limbah batik dengan oksidasi langsung dalam sel elektrolisis. Degradasi dilakukan dengan mengelektrolisis limbah batik sebanyak 50 ml dengan variasi jenis elektrolit pada konsentrasi 0,2, 0,3 dan 0,4 M dengan variasi tegangan 9 Volt dan 10 Volt selama 3 jam. Pengaruh jenis elektrolit dan tegangan dalam elektrolisis diteliti dengan menggunakan spektrofotometer UV-Visible. Hasil dari eksperimen menunjukkan bahwa elektroda PbO_2/Pb dari aki bekas memiliki efek yang tinggi dalam degradasi limbah batik. Berdasarkan Spektrum UV-Visible menunjukkan jenis konsentrasi elektrolit dan tegangan optimum pada elektrolisis degradasi limbah batik yaitu Na_2SO_4 dalam konsentrasi 0,4 M pada tegangan 9 Volt. Hal ini terlihat dari warna larutan dari hitam menjadi tidak berwarna dan penurunan absorbansi limbah batik terjadi secara signifikan.

Kata kunci : PbO_2/Pb , aki bekas, degradasi, elektrolisis, limbah batik.

THE EFFECT OF VARIOUS ELECTROLYTE FOR BATIK WASTE TREATMENT

**SITI WULANDARI
13612006**

Abstract

Batik waste treatment using electrolysis method with PbO_2/Pb from ex-Accumulator has been done. This research aimed to degradate batik waste with direct oxidation in electrolysis cell. Degradation has been done by electrolysis of 50 mL batik waste with various electrolyte concentrations 0.2, 0.3 and 0.4 M and the various of voltages, 9 volt and 10 volt during 3 hours. The effect of various electrolyte and voltage in electrolysis were identified by spectrophotometer UV-Visible. The result showed that PbO_2/Pb electrode from ex-accumulator has high effect for batik wasted degradation. Based on UV-Visible spectrum showed that the optimum various of electrolyte concentration and voltage for degradation batik wasted was Na_2SO_4 at concentration 0,4 M and 9 volt. This can be seen from the color alteration of the solution from black to clear and the decrease of absorbance of batik waste which was occurred significantly.

Keyword: PbO_2/Pb , ex-accumulator, degradation, electrolysis, batik waste.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan zat kimia yang penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di bumi salah satunya manusia. Tubuh manusia terdiri dari 55% sampai 78% air, hal ini membuat kualitas air harus tetap dijaga. Saat ini, penurunan mutu air terlihat dari pencemaran lingkungan yang menjadi salah satu topik perbincangan dunia termasuk di Indonesia. Penurunan mutu air disebabkan oleh bertambahnya jumlah penduduk yang terus meningkat dan kegiatan manusia yang beraneka ragam serta kegiatan industri atau pabrik baik dalam skala besar maupun skala kecil yang berakibat buruk bagi lingkungan. Dampak lingkungan yang buruk dapat terjadi karena buangan limbah cair yang dihasilkan oleh industri atau pabrik yang tidak dikelola sebagaimana mestinya atau bahkan dibuang begitu saja ke aliran air atau permukaan tanah di sekitarnya. Proses produksi batik banyak menggunakan bahan-bahan kimia yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, bahan kimia ini biasanya digunakan pada proses pewarnaan atau pencelupan, zat kimia yang digunakan dalam proses tersebut biasanya terlarut dalam air dan dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu. Pada umumnya polutan yang terkandung dalam limbah industri batik selain warna dapat berupa logam berat, padatan tersuspensi atau zat organik.

Pewarna jenis *indigosol* sering digunakan karena menghasilkan warna yang cerah dan tidak mudah memudar, namun air bekas cuciannya dapat mengakibatkan

gangguan terhadap lingkungan. Limbah batik yang mengandung senyawa *indigosol* sangat berbahaya karena dapat menyebabkan beberapa dampak bagi kesehatan. Zat warna ini dapat mengakibatkan penyakit kulit dan yang sangat membahayakan dapat mengakibatkan kanker kulit (Sugiharto, 1987). Zat warna merupakan senyawa organik yang mengandung gugus kromofor terkonjugasi. Zat warna yang biasanya digunakan dalam proses pewarnaan batik dalam skala industri besar maupun *home industry* yaitu zat warna naphthol yang merupakan salah satu zat warna tekstil yang biasa digunakan untuk mencelup secara cepat dan mempunyai warna yang kuat. Zat warna terbentuk dalam serat dan tidak terlarut di dalam air karena senyawa yang terjadi mempunyai gugus azo.

Pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh dampak perkembangan industri perlu dikaji lebih mendalam, karena apabila hal ini tidak diperhatikan akan mengakibatkan terganggunya keseimbangan antara makhluk hidup dengan lingkungan. Daerah yang akan dijadikan sebagai pusat industri harus memperhatikan dampak yang nantinya ditimbulkan dari limbah yang dihasilkan. Pihak industri harus mengetahui dan menerapkan pengolahan limbah yang dihasilkannya, bukan membuangnya dengan tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Apalagi membuang limbah tersebut ke badan perairan seperti sungai atau saluran irigasi, limbah tersebut akan mencemari air yang mungkin saja air tersebut digunakan oleh masyarakat sekitar maka kandungan-kandungan berbahayanya dapat masuk kedalam tubuh makhluk hidup dan menimbulkan dampak negatif seperti penyakit di dalam tubuh makhluk hidup.

Upaya penanggulangan limbah batik yang dihasilkan dari proses pewarnaan batik telah dikembangkan dalam berbagai metode antara lain koagulasi, sedimentasi, adsorpsi dan elektrokimia (elektrolisis). Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dilakukan proses pengolahan limbah cair dari industri batik dengan metode yang tidak menghasilkan limbah lain, sehingga metode elektrolisis dipilih untuk pengolahan limbah batik. Metode elektrokimia khususnya elektrolisis memiliki banyak keuntungan yaitu tidak memberikan cemaran tambahan terhadap lingkungan, waktu proses yang lebih singkat, mampu mengatasi limbah cair dari industri batik dengan hasil yang memuaskan dan tidak membutuhkan proses analisis yang banyak dan rumit (Noorikhlas, 2009).

Terdapat dua faktor yang mendukung keberhasilan proses elektrolisis yaitu elektrolit dan elektroda yang digunakan. Beberapa penelitian menggunakan elektrolit berupa garam seperti NaCl dan Na₂SO₄ yang mampu digunakan sebagai penghantar arus listrik yang baik, serta mampu mendegradasi limbah batik secara optimum. Penelitian yang dilakukan Ariguna *et al.* (2014) menggunakan elektrolit NaCl pada degradasi zat warna Remazol Yellow FG dan limbah tekstil buatan dengan teknik elektrooksidasi memperoleh hasil yang menunjukkan bahwa penggunaan NaCl sebagai elektrolit mempunyai efisiensi yang tinggi, dapat dilihat dari hasil degradasi remazol yellow FG pada konsentrasi larutan NaCl 0,5 M yaitu 99,77% dan hasil degradasi limbah tekstil buatan diperoleh sebesar 99,04%. Penelitian lain menggunakan elektrolit Na₂SO₄ yang dilakukan dengan mengelektrolisis sampel zat warna pada potensial 8 Volt dengan elektroda PbO₂/Pb aki bekas selama 150 menit dalam larutan sampel sebanyak 150 mL

ditambahkan Na_2SO_4 sebanyak 0,71 g mampu mendekolorisasi larutan zat warna indigosol dan remazol black B masing-masing sebesar 98,02% dan 99,42% (Apipah, 2013).

Metode analisis yang digunakan yaitu analisis kualitatif meliputi pengamatan warna larutan sampel sebelum elektrolisis dan sesudah elektrolisis dan kuantitatif dengan pengukuran absorbansi menggunakan Spektrometer UV-Vis. Salah satu penelitian yang telah dilakukan Murniati *et al.* (2015) yaitu mengetahui efisiensi elektroda Zn, Al dan Fe dalam mengurangi logam berat Cr dan Pb dalam limbah cair industri batik, mendapatkan hasil yang menunjukkan kombinasi elektroda Zn, Al dan Fe mempunyai efisiensi tinggi. Kombinasi elektroda Al-Zn dapat mengurangi kadar logam berat Cr di outlet limbah industri batik hingga 99% dan Pb hingga 92,1%.

Saat ini perkembangan industri otomotif meningkat tajam dan hal ini juga mempengaruhi perkembangan industri komponen pendukung seperti industri aki sebagai komponen pencatu daya pada kendaraan bermotor. Aki pada sepeda motor tidak berlangsung lama, dalam jangka waktu tertentu pemilik sepeda motor akan menggantinya sehingga aki bekas yang dihasilkan akan menumpuk dan selama ini aki bekas tersebut belum banyak dimanfaatkan. Jika aki bekas tidak dimanfaatkan maka akan berbahaya bagi lingkungan karena komponen yang terdapat dalam aki adalah timbal (Pb) yang merupakan logam berat berbahaya bagi lingkungan sekitar.

Menurut Widodo *et al.* (2009) membandingkan penggunaan adsorben PbO_2/Pb dan $\text{PbO}_2/\text{karbon}$ dalam pengolahan limbah dengan metode elektrokolorasi

larutan *remazol black B* ternyata sistem PbO_2/Pb memberikan hasil yang lebih efektif dalam proses elektrodetruksi zat warna *remazol black B* dibandingkan sistem $\text{PbO}_2/\text{karbon}$. Pada temperatur kamar, elektrokolorisasi sampel *remazol black B* menggunakan anoda PbO_2/Pb telah berlangsung 100% menjadi CO_2 , H_2O dan/atau senyawa karbon rantai pendek dan tidak mempunyai gugus kromofor (pemberi warna), sedangkan elektrokolorisasi menggunakan $\text{PbO}_2/\text{karbon}$ telah mendekolorisasi zat warna dengan sempurna dan menyisakan senyawa yang bercincin benzena yang dapat dihilangkan dengan baik dengan penambahan waktu elektrolisis. Timbal dioksida sebagai elektroda dipilih dengan mempertimbangkan sifat bahan ini dalam sistem elektrolisis, stabil (*inert*) dan efek elektrokatalisis yang diharapkan memberikan sinergi pada upaya remediasi perairan tercemar dengan pendekatan elektrokimia.

Beberapa pengolahan limbah batik diantaranya dengan menggunakan elektroda Pb, seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Rohmawati (2011) mengenai degradasi *Remazol Brilliant Blue* dalam limbah tenun kain dengan metode elektrokoagulasi yang diawali dengan penentuan panjang gelombang maksimum dan penentuan kurva kalibrasi, untuk menentukan pH, kuat arus dan waktu kontak. Analisis *Remazol Brilliant Blue* yang terendapkan dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH 4 dengan jumlah *Remazol Brilliant Blue* yang terendapkan sebesar 73,6 mg/L, kuat arus 9 Ampere dengan jumlah *Remazol Brilliant Blue* yang terendapkan sebesar 76,4 mg/L dan waktu kontak 90 menit dengan jumlah *Remazol Brilliant Blue* yang terendapkan sebesar 72,8 mg/L. Efisiensi limbah yang terendapkan sebesar

82,95%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kuat arus dan waktu kontak yang diberikan semakin banyak dan konsentrasi *Remazol Brilliant Blue* semakin mengalami penurunan, terlihat dari perubahan warna dari lautan berwarna biru pekat menjadi biru jernih.

Pada penelitian ini akan dipilih elektroda PbO_2 pada anoda dan Pb pada katoda dengan memanfaatkan aki bekas dari sepeda motor. Digunakan elektroda PbO_2 karena merupakan salah satu elektroda yang stabil (*inert*) dimana PbO_2 pada saat elektrolisis tidak ikut bereaksi baik sebagai katoda maupun anoda, sehingga dalam sel elektrolisis yang mengalami reaksi redoks adalah elektrolit. Karena elektroda yang digunakan dalam sel elektrolisis terdiri dari dua jenis yaitu elektroda inert dan elektroda aktif. Elektroda PbO_2 juga mudah diperoleh dari pelat dalam aki bekas kendaraan bermotor yang selama ini tidak dimanfaatkan lebih lanjut selain menjadi limbah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian tersebut, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh jenis dan konsentrasi elektrolit NaCl dan konsentrasi elektrolit Na_2SO_4 pada elektrolisis limbah batik?
2. Bagaimana pengaruh tegangan pada elektrolisis limbah batik?
3. Bagaimana kondisi optimum hasil variasi jenis elektrolit dan tegangan pada pengolahan limbah batik dengan elektrolisis?
4. Bagaimana pengaruh elektrolisis terhadap elektroda?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan yang ada, maka penelitian ini mempunyai tujuan antara lain:

1. Mengetahui jenis dan konsentrasi elektrolit yang baik untuk digunakan pada elektrolisis limbah batik.
2. Mengetahui tegangan yang mampu mendegradasi limbah batik dengan sempurna.
3. Mengetahui kondisi optimum dalam pengolahan limbah batik dengan variasi jenis elektrolit dan tegangan.
4. Mengetahui perubahan elektroda sebelum dan sesudah proses elektrolisis.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Memberikan solusi penanganan masalah tercemarnya limbah cair dari industri batik di lingkungan.
2. Sebagai rangkaian alat pengolahan limbah alternatif yang dapat digunakan bagi industri-industri batik skala kecil maupun besar yang menghasilkan limbah warna yang mengandung bahan-bahan kimia.
3. Sebagai suatu upaya untuk mengurangi dampak negatif air limbah batik sehingga akan tercipta suatu kondisi yang aman bagi badan air.

4. Sebagai alternatif penanganan limbah aki bekas yang selama ini belum ada pemanfaatan lebih lanjut sehingga dapat mengurangi dampak lingkungan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa penelitian penghilangan warna dan senyawa organik yang ada dalam limbah cair industri batik telah banyak dilakukan, misalnya dengan cara kimia antara lain degradasi warna dengan reaksi oksidasi, reaksi anaerob dan reaksi fotokatalisis (Rashed dan Amin, 2007). Pada penelitian terdahulu metode elektrolisis (elektrodekolorisasi) dipilih sebagai salah satu alternatif penanganan limbah zat warna. Keuntungan metode ini dibandingkan dengan metode lain adalah efektif dan sederhana. Salah satu faktor yang mendukung keberhasilan proses elektrolisis adalah elektroda yang digunakan (Kong *et al.*, 2007).

Menurut Apipah *et al.* (2013) limbah industri menyebabkan penurunan kualitas air, salah satunya limbah cair dari hasil pewarnaan atau pencelupan produksi batik yang mengandung zat warna *indigosol* dan *remazol black B* yang dibuang ke lingkungan perairan secara langsung, sementara lingkungan mempunyai kemampuan terbatas untuk mendegradasi zat warna tersebut. Metode elektrolisis dipilih sebagai salah satu alternatif penanganan limbah zat warna, karena mempunyai keuntungan dibandingkan metode lain adalah efektivitas dan sederhana. Salah satu faktor pendukung metode ini adalah elektroda yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mendekolorisasi larutan zat warna *indigosol* dan *remazol black B*, dengan memanfaatkan elektroda PbO_2/Pb dari aki bekas dan menurunkan angka Chemical Oxygen Demand (COD). Pada penelitian ini elektroda yang digunakan adalah PbO_2/Pb yang diperoleh dari limbah

elektroda aki. Metode tersebut dilakukan dengan mengelektrolisis sampel zat warna pada potensial 8 volt dengan elektroda PbO_2/Pb aki bekas dan pengaturan waktu elektrolisis selama 150 menit. Hasil akhir elektrolisis di analisis secara kualitatif dan kuantitatif dengan Spektrofotometer UV-VIS dan analisis Chemical Oxygen Demand (COD). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan elektroda PbO_2/Pb dari aki bekas dapat mengurangi intensitas warna, dengan persentase dekolorasi larutan zat warna *indigosol* dan *remazol black B* masing-masing sebesar 98,02% dan 99,42% dan menurunkan angka COD dengan persentase penurunan masing-masing sebesar 28,47% dan 51,47%.

Dalam penelitian lain, dilakukan oleh Nordin *et al.* (2013) optimalisasi teknik oksidasi elektrokimia untuk pengolahan air limbah tekstil dan analisis produk degradasi eksperimental dianalisis. Menggunakan platinum plat elektroda (10 mm x 10 mm) dan *stainless steel* (10 mm x 10 mm) dipilih sebagai anoda dan katoda terbaik, masing-masing. Efek dari operasional parameter seperti elektrolit pendukung (natrium klorida) konsentrasi, kepadatan arus, pH awal dan waktu elektrolisis pada perubahan pH dan persentase warna, COD, BOD, TOC dan penghapusan surfaktan yang bertekad. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa persentase warna, COD, BOD, TOC dan penghapusan surfaktan dalam Fase berair dihapus Efektif. Di bawah kondisi operasi optimum, natrium klorida konsentrasi 0,1 M, kepadatan arus $20,0 \text{ mA/cm}^2$, pH awal 4 dan waktu elektrolisis dari 75 menit, persentase warna dan COD kepindahan efisiensi Mencapai 96%, sedangkan untuk BOD, TOC dan kepindahan surfaktan persentasenya sedikit lebih rendah. UV-terlihat spektrum dan *Fourier transform infrared* spektroskopi

(FTIR) analisis juga menunjukkan pembelahan kelompok kromofor dan degradasi tekstil air limbah selama sebelum dan setelah elektrolisis.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Dewi *et al.* (2013) yaitu mendekolorisasi limbah (penghilangan warna) zat warna batik dengan cara elektrolisis menggunakan PbO_2 dan Pb dari aki bekas kendaraan bermotor, penurunan angka parameter COD dan peningkatan kualitas air setelah proses pengolahan limbah zat warna batik dengan penyaringan molekular. Metode yang dilakukan pada penelitian ini dengan elektrolisis larutan sampel limbah zat warna pada potensial kerja 9 volt menggunakan PbO_2 di anoda dan Pb di katoda. Larutan pascaelektrolisis selanjutnya diberi perlakuan zeolit. Analisis meliputi pengamatan warna, pengukuran absorbansi dengan spektrofotometer UV-Vis serta analisa dengan instrumen AAS, nilai COD terhadap sampel sebelum elektrolisis, sesudah elektrolisis, dan setelah dilakukan penyaringan. Hasil yang diperoleh bahwa elektrolisis limbah cair zat warna batik menggunakan PbO_2 sebagai anoda efektif mendekolorisasi larutan sampel sebesar 100%, mengurangi nilai COD, dan meningkatkan kualitas air dengan menurunkan konsentrasi total ion logam Fe dan Na^+ pada larutan sampel limbah zat warna *indigosol* dan *remazol black B*.

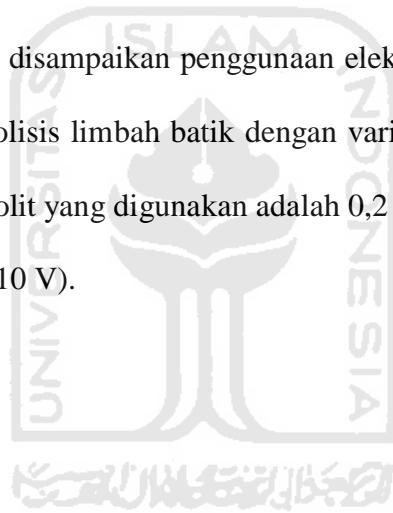
Berdasarkan beberapa penelitian di atas, salah satu faktor yang mendukung keberhasilan proses elektrolisis adalah elektroda yang digunakan. Ketidakterediaan suatu kutub positif (anoda) ideal dengan stabilitas dan aktivitas sempurna merupakan suatu masalah yang kritis dalam suatu proses elektrooksidasi air limbah yang mengandung zat organik. Penggunaan timbal oksida sebagai anoda dapat menjawab semua masalah (Song, *et al.*, 2007). Timbal

dioksida sudah banyak digunakan sebagai elektroda dalam berbagai penelitian, antara lain sebagai elektroda dalam oksidasi ion CN^- (Tissot, 1994), oksidasi asam sulfat (Randle dan kuhn, 2001), oksidasi EDTA (Yoshimura, 1981) dan oksidasi limbah organik (Li, 2006). Timbal dioksida merupakan suatu bentuk dioksida logam timbal (Pb) yang mempunyai warna coklat. Timbal dioksida (PbO_2) mempunyai waktu hidup yang cukup panjang yaitu 400 jam dalam larutan H_2SO_4 dengan konsentrasi 3M dengan arus 1 A cm^{-2} pada suhu $35 \text{ }^\circ\text{C}$, selain itu timbal dioksida juga tahan terhadap korosi, timbal dioksida memiliki resistensi yang lebih baik dibanding elektroda lain baik dalam kondisi asam dan basa maupun pada temperatur yang tinggi (Tissot, 1994). Berdasarkan sifat timbal dioksida yang dapat menghantarkan arus dan bersifat *inert* maka material ini dapat memenuhi syarat untuk dijadikan elektroda sehingga pada penelitian ini dipilih timbal dioksida sebagai anoda.

Beberapa penelitian telah menerapkan metode elektrokimia untuk mengolah limbah zat warna dengan beberapa jenis elektrolit seperti elektrolit Na_2SO_4 yang digunakan dalam perbandingan penggunaan dua anoda *boron-doped diamond* dan TiRuO_2 dan sebagai katoda keduanya menggunakan *stainless steel*. Penelitian dilakukan pada kondisi optimum konsentrasi elektrolit Na_2SO_4 0,5 M dan kuat arus 20 mAcm^{-2} . Hasilnya menunjukkan bahwa pada proses pengolahan penggunaan TiRuO_2 lebih efektif dalam mendegradasi limbah pewarna dan penghilangan warna sebesar 80% setelah 50 menit dan menurunkan COD mendekati 0 mg setelah 200 menit (Panizza *et al.*, 2006) dan elektrolit NaCl dalam elektrodegradasi zat warna *Acid Green* menggunakan elektroda PbO_2 dan

Ti dengan konsentrasi zat warna dan konsentrasi bahan organik (COD) sebagai objek yang diteliti. Proses elektrodegradasi dilakukan dengan variasi kuat arus, pH, waktu elektrolisis, konsentrasi NaCl dan suhu. Hasil dari penelitian tersebut adalah kondisi optimum untuk proses pengolahan adalah kuat arus sebesar 15 mA cm^{-2} dengan suhu 30 $^{\circ}\text{C}$ dan waktu elektrolisis 10 menit, pH 2, konsentrasi NaCl 2 g l^{-1} menghasilkan konsentrasi pewarna pada larutan setelah proses menunjukkan konsentrasi untuk zat warna 0 mg l^{-1} dan COD berkisar antara 0-22 mg (Ghalwa dan Latif, 2005).

Pada penelitian ini disampaikan penggunaan elektroda PbO_2 di anoda dan Pb di katoda untuk elektrolisis limbah batik dengan variasi jenis elektrolit (NaCl dan Na_2SO_4), kadar elektrolit yang digunakan adalah 0,2 M, 0,3 M dan 0,4 M dan tegangan listrik (9 V dan 10 V).



BAB III

DASAR TEORI

3.1 Limbah Batik

Limbah cair industri batik berasal dari berbagai tahapan proses pembuatan batik yang menggunakan bahan-bahan kimia. Kualitas limbah cair industri batik sangat dipengaruhi oleh jenis proses yang dilalui, pada umumnya bersifat basa dan mengandung zat-zat organik dengan konsentrasi tinggi (Kasam *et al.*, 2009). Pada proses pewarnaan, zat-zat organik yang terlarut cenderung lebih kecil namun zat warna yang dibuang mudah terdeteksi ketika memberikan warna yang pekat sehingga merusak perairan. Proses perataan permukaan kain merupakan penyumbang pencemar TDS. Zat padat tersuspensi yang terkandung dalam limbah cair industri batik bila tidak mendapatkan perlakuan dapat menyebabkan bau yang tidak sedap.

Selama ini penghilangan warna air limbah dari bahan pencelup dengan struktur molekul organik yang stabil adalah dengan perlakuan secara biologis, fisik dan kimia (Kasam *et al.*, 2009). Karakteristik air limbah berdasarkan polutannya dapat digolongkan dalam karakter fisika, kimia dan biologi, dengan demikian, jenis polutan yang terdapat dalam air limbah memberikan pertimbangan tentang proses pengolahan yang akan dilakukan.

Dengan banyaknya zat pencemar yang ada di dalam air limbah, akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen yang terlarut dalam air. Hal ini mengakibatkan matinya ikan dan bakteri-bakteri di dalam air, juga dapat

menimbulkan kerusakan pada tanaman atau tumbuhan air, sehingga proses *self purification* yang seharusnya dapat terjadi pada air limbah menjadi terhambat (Sugiharto, 1987).

Menurut BAPEDAL (1994) pada setiap proses pembuatan batik akan menghasilkan bahan yang dapat mencemari lingkungan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Zat pencemar dalam proses pembuatan batik

Jenis Proses	Bahan baku dan bahan bantu yang digunakan	Keluaran bukan produk
Persiapan		
Penyediaan kain	Kain putih (mori)	Potongan mori
Pengetelan	Soda abu	Air bekas proses pengetelan
	Minyak kacang	
	Air	
Pengeringan	Tapioka	Air bekas proses kain
Penghalusan	Air	
Pemolaan		
Pembatikan		
Cap	Mori hasil persiapan	Tetes lilin batik
Tulis	Lilin batik	Uap lilin batik
Pewarnaan	Zat warna (Zw). Naphtol, Garam	Air bekas proses Pencelupan
Pencelupan/colet	Naphtol, Kostik soda, TRO, Air	
Pencucian I	Zw. Indigosol, Natrium nitrit, Asam klorida, Air	Air pencucian I,
Pencucian II		Air pencucian II, dst.
		Uap dari Asam klorida, Asam Asetat, Natrium Hidrosulfit
	Zw. Reaktif, Garam dapur, Kostik soda, Soda abu, Air, Natrium silikat, zat pembasah	Larutan asam klorida
	Zw. Rapid, Kostik soda, Air	
	Zw. Indanthren, Kostik soda, Natrium hidrosulfit, Zat pembasah, Garam dapur, Hidrogen peroksida, Asam asetat, Air	Limbah padat: potongan kayu, daun nila, kapur
	Zat warna alam: Kayu jambal, Tingi, Tegeran, Nila, Indigo sintesis	
	Tunjung, tawas, kapur	Air limbah: tunjung,
Penganjian tipis	Tapioka, Air	Tawas, air kapur
		Air bekas proses penganjian tipis
Pengeringan		Lilin batik
Pelepasan lilin batik	Tapioka, Air, Soda abu	Air bekas lorodan
lorodan/kerokan		Uap air lorodan
Pencucian		Air pencucian
Penyempurnaan		
Penyempurnaan	Tapioka, Softener	Air bekas proses penyempurnaan
Pengeringan		

Beberapa kandungan di dalam limbah industri batik yang berpotensi menimbulkan pencemaran air adalah kandungan bahan organik, padatan tersuspensi, minyak atau lemak yang tinggi dan adanya kandungan logam berat yang berbahaya yaitu Zn, Cd, Cu, Cr dan Pb (Nurdalia, 2006). Hal serupa juga dikemukakan oleh Mahida(1984) bahwa logam berat yang bersifat toksis yang terdapat pada buangan industri batik diduga meliputi krom (Cr), timbal (Pb), nikel (Ni), tembaga (Cu) dan mangan (Mn). Selain itu, beberapa penelitian mengatakan bahwa salah satu jenis logam pencemar prioritas tinggi yang ditemukan dalam limbah industri batik adalah timbal atau Pb (Muljadi, 2009).

3.2 Karakteristik Limbah Cair Batik

Menurut Siregar (2007), limbah cair industri batik cetak tersebut memiliki karakteristik berwarna keruh, berbusa, pH tinggi, konsentrasi BOD tinggi, kandungan lemak alkali dan zat warna dimana didalamnya terdapat kandungan logam berat. Menurut Muljadi (2009), proses pembuatan batik menghasilkan limbah berbahaya yang mengandung bahan-bahan organik, logam berat serta parameter BOD dan COD yang tidak memenuhi standar air bersih. Logam berat yang diduga ada dalam limbah batik antara lain krom (Cr), timbal (Pb), mangan (Mn), tembaga (Cu) dan nikel (Ni).

Sedangkan, berdasarkan proses industri batik cetak, limbah cair batik cetak mempunyai karakteristik sebagai berikut yaitu:

1. Karakteristik fisika yang meliputi padatan terlarut (*suspended solids*), bau, temperatur dan warna.

2. Karakteristik kimia meliputi derajat keasaman (pH), alkalinitas, kesadahan, logam berat, bahan organik dan bahan anorganik, organik, anorganik, fenol, sulfur, pH, maupun gas.
3. Karakteristik biologi mikroorganisme termasuk bakteri dan partikel-partikel halus organik.

Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing karakteristik:

1. Karakteristik fisik

- a. Padatan: Pada limbah cair terdapat padatan organik dan nonorganik yang mengendap dan tersuspensi sehingga bisa mengendap dan menyebabkan pendangkalan.
- b. Kekeruhan: Kekeruhan menunjukkan sifat optis di dalam air karena terganggunya cahaya matahari saat masuk ke dalam air akibat adanya koloid dan suspensi. Kekeruhan disebabkan oleh zat padat tersuspensi, baik yang bersifat organik maupun anorganik.
- c. Bau: Bau dikarenakan karena adanya mikroorganisme yang menguraikan bahan organik. Selain itu, disebabkan pula oleh udara yang dihasilkan pada proses dekomposisi materi atau penambahan substansi pada limbah. Pengendalian bau sangat penting karena terkait dengan masalah estetika.
- d. Suhu atau temperatur: Merupakan parameter yang sangat penting dikarenakan efeknya terhadap reaksi kimia, laju reaksi, kehidupan organisme air dan penggunaan air untuk berbagai aktivitas sehari – hari. Limbah cair memiliki suhu yang berbeda dibandingkan dengan air biasa, biasanya suhunya lebih tinggi karena adanya proses pembusukan.

- e. Warna: Pada dasarnya air bersih tidak berwarna, tetapi seiring dengan waktu dan meningkatnya kondisi anaerob, warna limbah berubah dari yang abu-abu menjadi kehitaman.

2. Karakteristik kimiawi

- a. Keasaman (pH): Keasaman limbah cair dipengaruhi oleh adanya bahan buangan yang bersifat asam atau basa. Agar limbah tidak berbahaya, maka limbah diupayakan untuk memiliki pH netral. pH dapat mempengaruhi kehidupan biologi dalam air. Bila terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat mematikan kehidupan mikroorganisme. pH normal untuk kehidupan air adalah 6-8.
- b. Nitrogen: Umumnya terdapat sebagai bahan organik dan diubah menjadi ammonia oleh bakteri sehingga menghasilkan bau busuk dan bisa menyebabkan permukaan air menjadi pekat sehingga tidak bisa ditembus cahaya matahari.
- c. *Biological Oxygen Demand (BOD)*: Menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan–bahan buangan di dalam air.
- d. *Chemical Oxygen Demand (COD)*: Merupakan jumlah kebutuhan oksigen dalam air untuk proses reaksi secara kimia guna menguraikan unsur pencemar yang ada. COD dinyatakan dalam ppm (*part per milion*) atau ml O₂/ liter.

- e. *Dissolved Oxygen (DO)*: Merupakan kadar oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk respirasi aerob mikroorganisme. DO di dalam air sangat tergantung pada temperatur dan salinitas.
- f. *Ammonia (NH₃)*: Ammonia adalah penyebab iritasi dan korosi, meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme dan mengganggu proses desinfeksi dengan chlor. Ammonia terdapat dalam larutan dan dapat berupa senyawa ion ammonium atau ammonia tergantung pada pH larutan.
- g. *Sulfida*: Sulfat direduksi menjadi sulfida dalam *sludge digester* dan dapat mengganggu proses pengolahan limbah secara biologi jika konsentrasinya melebihi 200 mg/L. Gas H₂S bersifat korosif terhadap pipa dan dapat merusak mesin.
- h. *Fenol*: Mudah masuk lewat kulit. Keracunan kronis menimbulkan gejala *gastro intestinal*, sulit menelan dan *hipersalivasi*, kerusakan ginjal dan hati, serta dapat menimbulkan kematian. Merupakan salah satu bahan organik yang berasal dari industri tekstil, kertas, minyak dan batubara.
- i. Logam Berat: Bila konsentrasinya berlebih dapat bersifat toksik sehingga diperlukan pengukuran dan pengolahan limbah yang mengandung logam berat. Cadmium dari industri tekstil, merkuri dari pabrik cat, raksa dari industri perhiasan dan jenis logam berat yang lainnya (Sugiharto,1987).

3. Karakteristik biologi

Karakteristik biologi digunakan untuk mengukur kualitas air terutama air yang dikonsumsi sebagai air minum dan air bersih. Parameter yang biasa digunakan adalah banyaknya mikroorganisme yang terkandung dalam air limbah.

Bakteri dalam air limbah berfungsi untuk menyeimbangkan DO dan BOD. Sedangkan bakteri pathogen banyak terdapat dari hasil buangan dari peternakan, rumah sakit, laboratorium, sanatorium, buangan rumah tangga khususnya dari kamar mandi/wc. Kandungan bakteri pathogen serta organisme golongan *E. coli* terdapat juga dalam air limbah tergantung dari mana sumbernya, namun keduanya tidak berperan dalam proses pengolahan air limbah. Limbah industri tidak banyak mengandung bakteri kecuali dari bahan produksinya memang berhubungan dengan potensi adanya bakteri diantaranya industri makanan atau minuman, pengalengan ikan dan daging, abattoir. Beberapa mikroorganisme dalam air limbah, antara lain:

- a. Kelompok protista: virus, bakteri, jamur, protozoa.
- b. Kelompok tanaman dan bintang: algae, cacing.

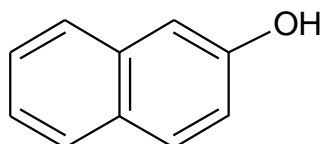
3.3 Zat Warna

Molekul zat warna merupakan gabungan dari zat organik yang tidak jenuh, kromofor sebagai pembawa warna dan auksokrom sebagai pengikat antara warna dengan serat. Secara lebih luas zat warna tersusun dari hidrokarbon tak jenuh, kromofor, auksokrom dan zat aditif. Menurut Susanto (1973), zat warna yang umum digunakan dalam proses pematangan adalah sebagai berikut:

- a. *Zat Warna Naftol*

Zat warna *naftol* adalah suatu zat warna tekstil yang dapat dipakai untuk mencelup secara cepat dan mempunyai warna yang kuat. Zat warna *naphthol* yang tidak larut dalam air yang terdiri atas dua komponen dasar, yaitu berupa golongan *naftol As (Anilid Acid)* dan komponen pembangkit warna, yaitu golongan

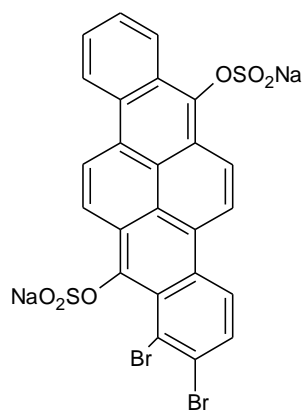
diazonium yang biasanya disebut garam. Kedua komponen tersebut bergabung menjadi senyawa berwarna jika sudah dilarutkan. Zat warna terbentuk di dalam serat dan tidak terlarut di dalam air karena senyawa yang terjadi mempunyai gugus azo.



Gambar 1. Struktur Naphthol (Fessenden dan Fessenden, 1992)

b. Zat Warna *Indigosol*

Zat warna *Indigosol* atau bejana larut adalah zat warna yang ketahanan luntarnya baik, berwarna rata dan cerah. Zat warna ini dapat dipakai secara pecelupan dan coletan. Warna dapat timbul setelah dibangkitkan dengan oksidasi oleh natrium nitrit dan asam / asam sulfat atau asam florida. Dari beberapa jenis zat warna yang sering digunakan dalam pembuatan batik, zat warna Indigosol Golden Yellow IRK termasuk dalam golongan indigosol. Indigosol Golden Yellow IRK memiliki rumus molekul $C_{24}H_{12}Br_2Na_2O_8S_2$ dan memiliki massa molekul 698 g/mol.

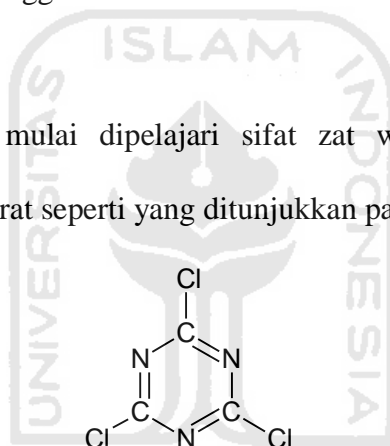


Gambar 2. Struktur Indigosol Golden Yellow IRK (Nugroho, 2013)

c. Zat Warna Reaktif

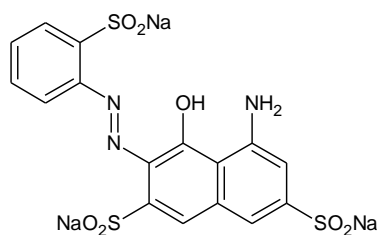
Zat warna reaktif bisa digunakan untuk pencelupan dan pencapan (*printing*). Zat warna reaktif berdasarkan cara pemakaiannya dapat digolongkan menjadi dua, yaitu: reaktif dingin dan reaktif panas. Untuk zat warna reaktif dingin salah satunya adalah zat warna *procion*, dengan nama dagang *Procion MX*, yaitu zat warna yang mempunyai kereaktifan tinggi dan dicelup pada suhu rendah. Zat warna reaktif termasuk zat warna yang larut dalam air dan mengadakan reaksi dengan serat selulosa, sehingga zat warna reaktif tersebut merupakan bagian dari serat.

Pada tahun 1940 telah mulai dipelajari sifat zat warna triazin atau yang mengandung klorida sianurat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



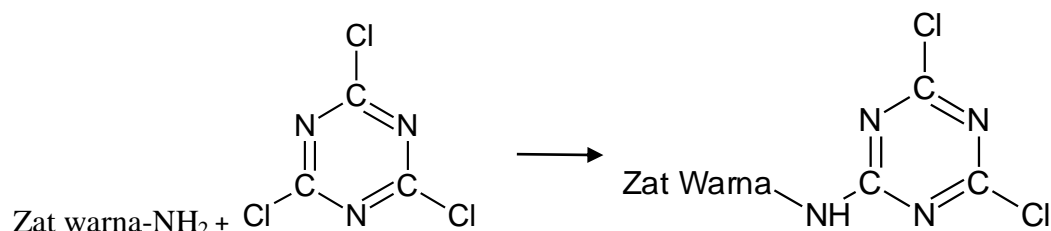
Gambar 3. Klorida Sianurat (Ismorningsih, 1982)

Dengan senyawa diatas ada kemungkinan untuk mengganti gugusan klorida dengan satu, dua, atau tiga senyawa yang mengandung gugus hidroksil atau amino yang bergabung pada molekul zat warna (Ismorningsih, 1982). Adapun struktur kimia zat warna ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur Zat Warna (DYE)(Ismorningsih, 1982)

Zat warna *procion* dibuat dari senyawa zat warna yang mengandung gugusan amina dalam suatu kondensasi dengan klorida sianurat yang ditunjukkan pada Gambar 5.

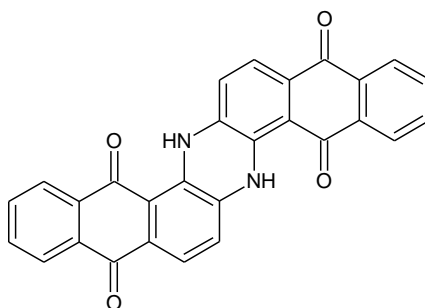


Gambar 5. Reaksi Pembuatan Zat Warna *Procion*(Isminingsih, 1982)

Menurut Isminingsih (1982), zat warna reaktif *Procion Red MX 8B* dapat mewarnai serat selulosa dalam kondisi asam dan membentuk ikatan hidrogen dengan selulosa.

d. Zat Warna *Indanthrene*

Zat warna *indanthrene* normal termasuk golongan zat warna bejana yang tidak larut dalam air. proses pencelupannya tidak perlu penambahan elektrolit karena mempunyai daya serap yang tinggi. Pemakaian reduktor dan alkali banyak dan dicelup pada suhu (40 – 60 °C). *Indanthrene* memiliki rumus molekul $C_{28}H_{14}N_2O_4$ dan memiliki massa molekul 442,42 g/mol.



Gambar 6. Struktur *Indanthrene* (Martono, 2000)

3.4 Elektrokimia

Elektrokimia merupakan bagian dari ilmu kimia yang mempelajari hubungan antara reaksi kimia dengan arus listrik. Elektrokimia dapat diaplikasikan dalam berbagai keperluan manusia, seperti keperluan sehari-hari dalam skala rumah tangga dan industri-industri besar seperti industri yang memproduksi bahan-bahan kimia baik organik maupun anorganik, farmasi, polimer, otomotif, perhiasan, pertambangan, pengolahan limbah dan bidang analisis. Penggunaan elektrokimia diantaranya adalah:

- a. Sel galvani yaitu sel yang didasarkan pada reaksi kimia yang dapat menghasilkan arus listrik, seperti baterai, aki dan sel bahan bakar (*fuel cell*).
- b. Sel elektrolisis, yaitu sel yang didasarkan pada reaksi kimia yang memerlukan arus listrik. Contoh penggunaan sel elektrolisis yaitu:
 1. Elektrodeposisi adalah pengendapan logam dipermukaan elektroda. Teknik ini digunakan untuk pembuatan bahan nanoteknologi, elektroplating, pencegah korosi, perhiasan dan asesoris mobil.
 2. Elektroanalisis adalah aplikasi elektrolisis untuk analisis, seperti: polarografi, voltametri, potensiometri, *Linear Sweep Voltammetry* (LSV), *Cyclic Voltammetry* (CV), *Differential Pulse Voltammetry* (DPV), *Normal Pulse Voltammetry* (NPV), *Differential Normal Pulse Voltammetry* (DNPV), *Square Wave Voltammetry* (SWV), *Anodic stripping voltammetry* (ASV), *Cathodic stripping voltammetry* (CSV) dan *Voltametri stripping adsorptif* (AdSV).

3. Elektrosintesis adalah sintesis senyawa organik dan anorganik dengan cara elektrolisis. Teknik ini dapat mengatasi beberapa kelemahan sintesis dengan cara biasa. Beberapa senyawa organik dapat disintesis dengan cara elektrosintesis antara lain asam asetat, adiponitril, tetra alkil plumbum dan tetrafluoro-p-xilen, sedangkan sintesis senyawa anorganik antara lain Ti, Al, Na, MnO_2 dan Cl_2 .
4. Elektrodegradasi adalah penguraian limbah organik dan anorganik. Penguraian limbah dengan teknik ini lebih efisien dan hemat energi. Hasil akhir dari penguraian limbah organik adalah air dan gas CO_2 , sedangkan limbah anorganik seperti logam-logam akan terendapkan di katoda. Logam yang sudah terendapkan di katoda, dapat dipisahkan dengan melarutkan logam tersebut dalam asam kuat, kemudian dipisahkan menjadi logam murni melalui pengendapan (Riyanto, 2013).

3.5 Metode Elektrolisis

Elektrolisis merupakan suatu peristiwa dimana suatu larutan akan diuraikan menjadi ion-ionnya, yaitu ion positif (kation) dan ion negatif (anion), ketika arus listrik searah dialirkan ke dalam larutan elektrolit melalui elektroda. Pada peristiwa ini kation akan mengalami reduksi karena menangkap elektron, sedangkan anion akan mengalami oksidasi karena melepaskan elektron. Maka peristiwa reduksi terjadi di katoda dan oksidasi terjadi di anoda dan kation akan menuju katoda sedangkan anion akan menuju anoda (Skoog, 1991).

Elektrolisis merupakan proses kimia yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Komponen yang terpenting dari proses elektrolisis ini adalah elektroda dan

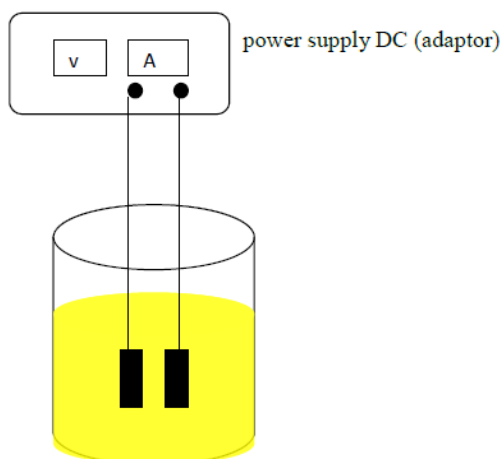
larutan elektrolit. Elektroda yang digunakan dalam proses elektrolisis dapat digolongkan menjadi dua, yaitu: Elektroda inert, seperti kalsium (Ca), potasium, grafit (C), Platina (Pt) dan emas (Au). Elektroda aktif, seperti seng (Zn), tembaga (Cu) dan perak (Ag). Elektrolitnya dapat berupa larutan berupa asam, basa, atau garam, dapat pula leburan garam halida atau leburan oksida. Kombinasi antara larutan elektrolit dan elektroda menghasilkan tiga kategori penting elektrolisis, yaitu: Elektrolisis larutan dengan elektroda inert, elektrolisis larutan dengan elektroda aktif, elektrolisis leburan dengan elektroda inert. Pada elektrolisis, katoda merupakan kutub negatif dan anoda merupakan kutub positif. Pada katoda akan terjadi reaksi reduksi dan pada anoda terjadi reaksi oksidasi. Elektroda dalam sel elektrokimia dapat disebut sebagai anoda atau katoda, kata-kata yang juga diciptakan oleh Faraday. Anoda ini didefinisikan sebagai elektroda di mana elektron datang dari sel elektrokimia dan oksidasi terjadi dan katoda didefinisikan sebagai elektroda di mana elektron memasuki sel elektrokimia dan reduksi terjadi. Setiap elektroda dapat menjadi sebuah anoda atau katoda tergantung dari tegangan listrik yang diberikan ke sel elektrokimia tersebut. Elektroda bipolar adalah elektroda yang berfungsi sebagai anoda dari sebuah sel elektrokimia dan katoda bagi sel elektrokimia lainnya (Rieger, 1994).

Reaksi oksidasi-reduksi atau redoks, melibatkan perubahan dalam keadaan oksidasi pereaksi-pereaksi. Dalam kebanyakan contoh sederhana terdapat kehilangan elektron yang sesungguhnya oleh satu pereaksi dan perolehan elektron padanannya oleh pereaksi yang lain. Bila aliran elektron yang menyertai suatu reaksi membentuk arus untuk listrik, maka perubahan kimia itu dirujuk sebagai

elektrokimia. Atau dengan kata lain, elektrokimia adalah suatu pengkajian sifat dan reaksi kimia yang melibatkan ion dalam larutan termasuk elektrolisis dan sel elektrik serta menggunakan arus listrik melalui proses elektrolisis untuk mengurangi atau menurunkan logam-logam dan partikel-partikel di dalam air (Daintith, 1994).

Kelebihan metode elektrolisis antara lain prosesnya cepat, sederhana dan tidak memerlukan pemisahan terlebih dahulu serta efisiensi yang tinggi. Adapun prinsip dari metode tersebut adalah pembentukan endapan logam pada katoda dengan bantuan energi listrik. Hasil elektrolisis dipengaruhi beberapa hal antara lain: Pemilihan bahan elektroda, elektrolit, rapat arus, overpotensial dan penambahan agen pengompleks (Rieger, 1994).

Metode elektrolisis 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 akhir 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.



Gambar 7. Peralatan elektrolisis (Nugroho, 2013)

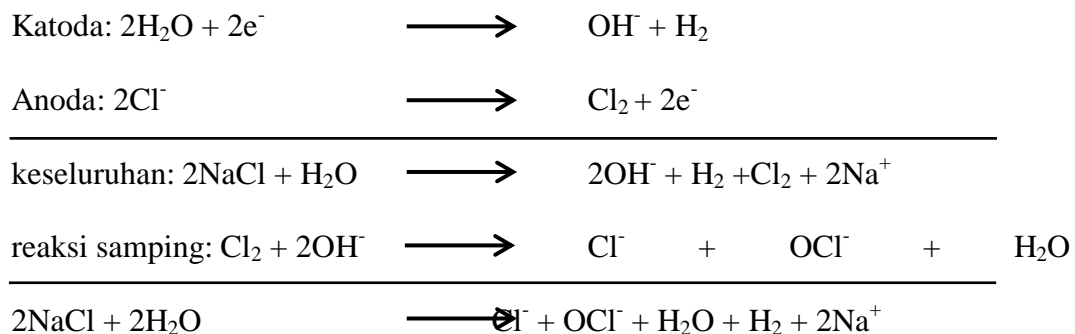
3.6 Elektrolit

Elektrolit adalah suatu zat terlarut atau terurai ke dalam bentuk ion-ion dan selanjutnya larutan menjadi konduktor listrik. Umumnya, air adalah pelarut yang baik untuk senyawa ion dan mempunyai sifat menghantarkan arus listrik. Elektrolit biasanya berupa garam-garam seperti NaCl, Na₂SO₄. Pada elektrolisis Elektrolit selain sebagai penghantar arus listrik juga akan terlibat dalam reaksi, hal ini dapat terjadi ketika elektrolisis menggunakan elektroda inert sehingga ion-ion elektrolit dalam larutan yang mengalami reaksi oksidasi reduksi.

Penelitian ini menggunakan elektrolit NaCl karena menurut Chatzisyneon *et al.*(2006) elektrolit NaCl lebih baik dari pada elektrolit lainnya seperti Na₂SO₄, NaOH atau H₂SO₄ ketika digunakan untuk pengolahan limbah pewarna. Selain itu keberadaan ion Cl⁻ sangat penting sebagai sumber dari klor aktif.

Proses yang dialami oleh elektrolit NaCl pada proses elektrolisis adalah sebagai berikut:



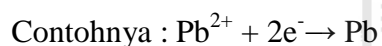
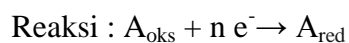


3.7 Elektroda

Elektroda adalah kutub-kutub listrik pada rangkaian sel elektrokimia. Pada rangkaian sel elektrokimia, elektroda terbagi menjadi 2 (dua) bagian, yaitu:

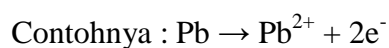
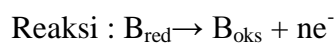
- Katoda

Katoda adalah elektroda tempat terjadinya reaksi reduksi, di mana terjadi penangkapan dan perpindahan elektron dari elektroda ke larutan.



- Anoda

Anoda adalah elektroda tempat terjadinya reaksi oksidasi sehingga akan terjadi pelepasan elektron dari larutan ke elektroda selama reaksi berlangsung.



Terdapat beberapa macam elektroda yaitu :

- Elektroda Pembanding

Elektroda pembanding adalah elektroda yang potensialnya cukup konstan dan dipakai sebagai elektroda pengontrol terhadap potensial elektroda lainnya didalam sel elektrokimia. Nilai dari elektroda pembanding adalah konstan, sehingga setiap

perubahan potensial pada elektroda pembanding dianggap berasal dari elektroda kerja. Elektroda pembanding harus memiliki syarat stabil terhadap waktu dan temperatur, dapat digunakan berulang kali, tidak terpolarisasi dan pembuatannya mudah. Contoh elektroda pembanding adalah elektroda Ag/AgCl , $\text{Hg}/\text{Hg}_2\text{Cl}_2$, *standard hydrogen electrode (SHE)*, atau *pseudo-reference* (kawat Pt, Ag).

- Elektroda Kerja

Elektroda kerja merupakan elektroda tempat terjadinya reaksi elektrokimia yang diamati. Elektroda kerja harus menghasilkan transfer elektron yang cepat. Elektroda ini umumnya terbuat dari logam, bahan semikonduktor dan karbon. Elektroda logam yang umum digunakan adalah platina, emas, perak, maupun elektroda cair merkuri tetes. Sedangkan elektrode semikonduktor yang umum digunakan adalah Si dan Ga. Elektroda karbon terdiri atas beberapa jenis yaitu karbon pasta (*glassy carbon*) dan grafit.

- Elektroda Pendukung

Elektroda pendukung adalah elektroda yang tidak mempunyai pengaruh terhadap reaksi yang terjadi pada elektroda kerja. Elektroda ini hanya berperan sebagai sumber elektron yang akan mengalirkan elektron menuju elektroda kerja. Elektroda pendukung yang banyak digunakan adalah kawat Pt (Fatkhurrohman, 2010).

3.8 Aki

Accumulator atau sering disebut aki, adalah salah satu komponen utama dalam kendaraan bermotor, baik mobil atau motor, semua memerlukan aki untuk dapat menghidupkan mesin mobil (mencatu arus pada dinamo stater kendaraan). Aki

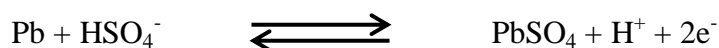
mampu mengubah tenaga kimia menjadi tenaga listrik. Di pasaran saat ini sangat beragam jumlah dan jenis aki yang dapat ditemui. Jenis aki yang umum digunakan adalah *accumulator* timbal. Secara fisik aki ini terdiri dari dua kumpulan pelat yang dimasukkan pada larutan asam sulfat encer (H_2SO_4). Larutan elektrolit itu ditempatkan pada wadah atau bejana aki yang terbuat dari bahan ebonit atau gelas. Kedua belah pelat terbuat dari timbal (Pb) dan ketika pertama kali dimuati maka akan terbentuk lapisan timbal dioksida (PbO_2) pada pelat positif. Letak pelat positif dan negatif sangat berdekatan tetapi dibuat untuk tidak saling menyentuh dengan adanya lapisan pemisah yang berfungsi sebagai isolator (bahan penyekat) (Suryaningrat dan Widodo, 2006).

Menurut Segara *et al.* (2013) saat baterai melepaskan muatan, material aktif pada elektroda bereaksi dengan elektrolit membentuk timbal sulfat (PbSO_4) dan air (H_2O). Saat pengisian muatan, timbal sulfat berubah kembali menjadi timbal dioksida pada elektroda positif dan timbal pada elektroda negatif dan ion sulfat (SO_4^{2-}) kembali menjadi larutan elektrolit membentuk asam sulfat. Berikut adalah reaksi yang terjadi di dalam sel.

Pada elektroda positif:



Pada elektroda negatif:



Reaksi keseluruhan sel:



3.9 Timbal (Pb)

Timbal adalah logam lunak kebiruan atau kelabu keperakan yang lazim terdapat dalam kandungan endapan sulfid yang tercampur mineral-mineral lain terutama seng dan tembaga. Penggunaan Pb terbesar adalah dalam industri baterai kendaraan bermotor seperti timbal metalik dan komponen-komponennya. Timbal digunakan pada bensin untuk kendaraan, cat dan pestisida. Pencemaran Pb dapat terjadi di udara, air, maupun tanah. Pencemaran Pb merupakan masalah utama, tanah dan debu sekitar jalan raya pada umumnya telah tercemar bensin bertimbal selama bertahun-tahun (Sunu, 2001).

Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang sering juga disebut dengan istilah timah hitam. Timbal memiliki titik lebur yang rendah, mudah dibentuk, memiliki sifat kimia yang aktif sehingga biasa digunakan untuk melapisi logam agar tidak timbul perkaratan. Timbal adalah logam yang lunak berwarna abu-abu kebiruan mengkilat dan memiliki bilangan oksidasi +2 (Sunarya, 2007).



Gambar 8. Logam Timbal (Wijanto, 2013)

Timbal mempunyai nomor atom 82 dengan berat atom 207,20. Titik leleh timbal adalah $1740\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan memiliki massa jenis $11,34\text{ g/cm}^3$ (Widowati, 2008). Palar (1994) mengungkapkan bahwa logam Pb pada suhu $500\text{-}600\text{ }^{\circ}\text{C}$ dapat menguap dan membentuk oksigen di udara dalam bentuk timbal oksida (PbO). Dibawah ini merupakan tabel yang menunjukkan beberapa sifat fisika yang dimiliki timbal.

Tabel 2. Sifat-sifat fisika Timbal (Pb)

Sifat Fisika Timbal	Keterangan
Nomor atom	82
Densitas (g/cm^3)	11,34
Titik lebur ($^{\circ}\text{C}$)	327,46
Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	1.749
Kalor peleburan (kJ/mol)	4,77
Kalor penguapan (kJ/mol)	179,5
Kapasitas pada $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (J/mol.K)	26,65
Konduktivitas termal pada 300 K (W/m K)	35,5
Ekspansi termal $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\mu\text{m/m K}$)	28,9
Kekerasan (skala Brinell= Mpa)	38,6

Timbal atau timah hitam (Pb) pada perairan ditemukan dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Kelarutan timbal cukup rendah sehingga kadar timbal pada air relatif sedikit. Kadar dan toksitas timbal di pengaruhi oleh kesadahan, pH, alkalinitas dan kadar oksigen. Di perairan tawar timbal membentuk senyawa kompleks yang memiliki sifat kelarutan rendah dengan beberapa anion, misalnya hidroksida, karbonat, sulfida dan sulfat (Effendi, 2003).

Di air sumber utama adanya timbal di air berasal dari pembuangan limbah yang mengandung timbal. Salah satu industri yang dalam air limbahnya mengandung

timbal adalah industri aki penyimpanan di mobil, di mana elektrodanya mengandung 93% timbal dalam bentuk timbal dioksida (PbO_2) *Public Health Service* Amerika Serikat menetapkan bahwa sumber-sumber air untuk masyarakat tidak boleh mengandung timbal lebih dari 0,05 mg/L, sedangkan WHO menetapkan batas timbal di dalam air sebesar 0,1 mg/L. Dalam mengkontaminasi sumber air, hampir semua timbal terdapat dalam sedimen dan sebagian lagi larut dalam air. Di Amerika Serikat ditemukan kadar timbal dalam air minum mencapai 50 $\mu\text{g/L}$ yang disebabkan oleh pemakaian tandon dan pipa air minum yang berlapis timbal. Indonesia juga mempunyai nilai ambang batas timbal untuk air bersih dan air minum berdasarkan Permenkes RI No. 82 tahun 1990 yaitu sebesar 0,05 mg/L (Naria, 2005).

Timbal maupun timbal dioksida sudah banyak digunakan sebagai elektroda dalam berbagai penelitian, salah satunya penelitian Perdana *et al.* (2013) penggunaan elektroda timbal dioksida dalam fotoelektrokatalisis kromium (VI) menjadi kromium (III) menunjukkan bahwa dalam larutan asam proses fotoelektrokatalisis akan berlangsung dengan baik dengan melihat hasil penelitian menunjukkan pH terbaik untuk fotoelektrokatalisis adalah pada pH 2 dengan waktu minimum yang diperlukan adalah 6 jam menghasilkan persen reduksi sebesar 82%. Menurut Dewi (2013) mendekolorisasi limbah zat warna batik dengan cara elektrolisis menggunakan PbO_2 dan Pb dari aki bekas kendaraan bermotor, mendapatkan hasil elektrolisis limbah cair zat warna batik menggunakan PbO_2 sebagai anoda efektif mendekolorisasi larutan sampel sebesar 100%, mengurangi nilai COD dan

meningkatkan kualitas air dengan menurunkan konsentrasi total ion logam Fe dan Na^+ pada larutan sampel limbah zat warna indigosol dan *remazol black B*.

3.10 Spektrofotometer UV-Visible

Spektrofotometri UV-Vis merupakan salah satu teknik analisis spektroskopi yang memakai sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dekat (190-380 nm) dan sinar tampak (380-780 nm) dengan memakai instrumen spektrofotometer (Mulja dan Suharman, 1995). Spektrofotometri UV-Vis melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga spektrofotometri UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif ketimbang kualitatif (Mulja dan Suharman, 1995). Spektrofotometer terdiri atas spektrometer dan fotometer. Spektrofotometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorpsi.

Spektrofotometer tersusun atas sumber spektrum yang kontinu, monokromator, sel pengabsorpsi untuk larutan sampel atau blangko dan suatu alat untuk mengukur perbedaan absorpsi antara sampel dan blangko ataupun pembanding (Khopkar, 1990). Spektrofotometri UV-Vis dapat melakukan penentuan terhadap sampel yang berupa larutan, gas atau uap.

Untuk sampel yang berupa larutan perlu diperhatikan pelarut yang dipakai antara lain:

- Pelarut yang dipakai tidak mengandung sistem ikatan rangkap terkonjugasi pada struktur molekulnya dan tidak berwarna.
- Tidak terjadi interaksi dengan molekul senyawa yang dianalisis.

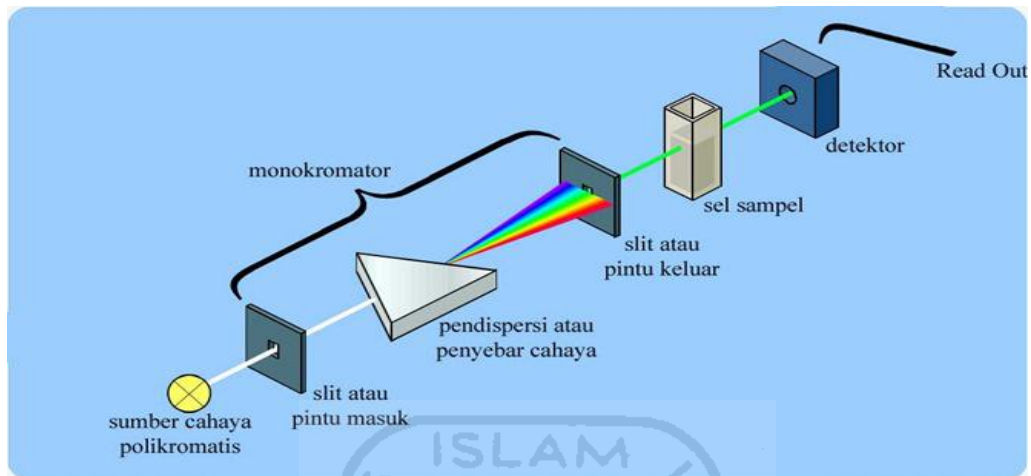
- Kemurniannya harus tinggi atau derajat untuk analisis (Mulja dan Suharman, 1995).

Komponen-komponen pokok dari spektrofotometer meliputi:

1. Sumber tenaga radiasi yang stabil, sumber yang biasa digunakan adalah lampu wolfram.
2. Monokromator untuk memperoleh sumber sinar yang monokromatis.
3. Sel absorpsi, pada pengukuran di daerah visibel menggunakan kuvet kaca atau kuvet kaca corex, tetapi untuk pengukuran pada UV menggunakan sel kuarsa karena gelas tidak tembus cahaya pada daerah ini.
4. Detektor radiasi yang dihubungkan dengan sistem meter atau pencatat. Peranan detektor penerima adalah memberikan respon terhadap cahaya pada berbagai panjang gelombang (Khopkar, 1990).

Serapan cahaya oleh molekul dalam daerah spektrum ultraviolet dan visibel tergantung pada struktur elektronik dari molekul. Serapan ultraviolet dan visibel dari senyawa-senyawa organik berkaitan erat transisi-transisi diantara tingkatan-tingkatan tenaga elektronik. Disebabkan karena hal ini, maka serapan radiasi ultraviolet atau terlihat sering dikenal sebagai spektroskopi elektronik. Transisi-transisi tersebut biasanya antara orbital ikatan antara orbital ikatan atau orbital pasangan bebas dan orbital non ikatan tak jenuh atau orbital anti ikatan. Panjang gelombang serapan merupakan ukuran dari pemisahan tingkatan-tingkatan tenaga dari orbital yang bersangkutan. Spektrum ultraviolet adalah gambar antara panjang gelombang atau frekuensi serapan lawan intensitas serapan (transmitasi atau absorbansi). Sering juga data ditunjukkan sebagai gambar grafik atau tabel

yang menyatakan panjang gelombang lawan serapan molar atau log dari serapan molar, E_{\max} atau $\log E_{\max}$ (Sastrohamidjojo, 2001).



Gambar 9. Skema alat spektrofotometer uv-vis (Khopkar, 1990)

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Sampel

Sampel yang digunakan adalah limbah cair dari industri batik di daerah Yogyakarta.

4.2 Alat yang digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: gelas kimia 100 mL, corong, erlenmeyer 100 mL, pipet ukur 50 mL, pipet, batang pengaduk, neraca analitik, pipet tetes, kaca arloji, spatula, magnetic stirrer, DC supply dan spektrofotometer UV-Vis.

4.3 Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah batik, plat PbO₂/Pb dari aki bekas, akuades, kertas saring, plastik wrap, Na₂SO₄ dan NaCl.

4.4 Cara Kerja

Elektrolisis limbah batik dilakukan dengan mengambil limbah batik dari salah satu *home industry* batik di Yogyakarta. Menambahkan larutan sampel sebanyak 50 mL dengan variasi jenis elektrolit NaCl dan Na₂SO₄. Konsentrasi yang digunakan dalam variasi kedua elektrolit tersebut adalah 0,2 M, 0,3 M dan 0,4 M. Kemudian larutan dielektrolisis pada potensial kerja 9 volt dan 10 volt pada masing-masing larutan selama 3 jam. Setelah elektrolisis sampel diteruskan dengan penyaringan dan dipindahkan hasil elektrolisis kedalam botol sampel.

Analisis meliputi pengamatan warna, pengukuran absorbansi dengan spektrofotometer UV-Visible.



BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengaruh Konsentrasi NaCl terhadap Pengolahan Limbah Batik dengan Elektroda PbO₂ dan Pb

Penelitian ini dilakukan dengan mengambil sampel dari salah satu industri rumah tangga batik yang ada di Yogyakarta. Pengambilan dilakukan secara langsung pada tempat pembuangan limbah dari proses pencucian kain yang diletakkan ke dalam botol. Sampel limbah batik yang diambil mengandung berbagai zat warna, diperkirakan zat warna tersebut seperti naphthol, indigosol dan zat warna reaktif. Zat warna yang umum digunakan dalam proses pewarnaan batik yaitu zat warna naphthol. Zat warna naphthol adalah suatu zat warna tekstil yang dapat dipakai untuk mencelup secara cepat dan mempunyai warna yang kuat. Zat warna naphthol terbentuk dalam serat dan tidak larut dalam air karena senyawa yang terjadi mempunyai gugus azo dan turunannya yang merupakan gugus benzen. Senyawa azo bila terlalu lama berada di lingkungan akan menjadi sumber penyakit karena sifatnya karsinogenik dan mutagenik (Susanto, 1973).

Dalam bab ini akan dibahas mengenai data-data hasil penelitian elektrolisis limbah batik menggunakan elektroda PbO₂ pada anoda dan Pb pada katoda dengan memanfaatkan aki bekas dari sepeda motor. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah perbandingan jenis elektrolit yaitu NaCl dan Na₂SO₄ serta perbandingan tegangan listrik. Analisis hasil elektrolisis dengan menggunakan metode spektrofotometri menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Teknik elektrolisis tidak memerlukan bahan pengoksidasi serta katalis, karena elektroda (kutub positif) dapat berfungsi sebagai tempat oksidasi dan pada waktu yang sama dapat berfungsi sebagai katalis. Logam dan oksidasinya mempunyai sifat alami sebagai katalis aktif, sehingga reaksi organik elektrokimia berlangsung lebih efisien dan elektroda juga berfungsi sebagai tempat oksidasi. Pada proses elektrolisis senyawa-senyawa organik banyak mengalami reaksi di permukaan elektroda bahan padat. Karena semua reaksi elektrokimia melibatkan katalis, sehingga dalam reaksi elektrokimia mengandung elektroda yang digunakan sebagai tempat pertukaran elektron yaitu katalis heterogen. Maka dari itu dalam teori elektrolisis elektroda dikenal sebagai katalis elektrokimia, karena selain elektroda berfungsi sebagai konduktor juga berfungsi sebagai katalis. Secara umum, semua elektroda merupakan katalis dan semua reaksi elektrokimia melibatkan katalis heterogen yang dipengaruhi oleh medan elektrik.

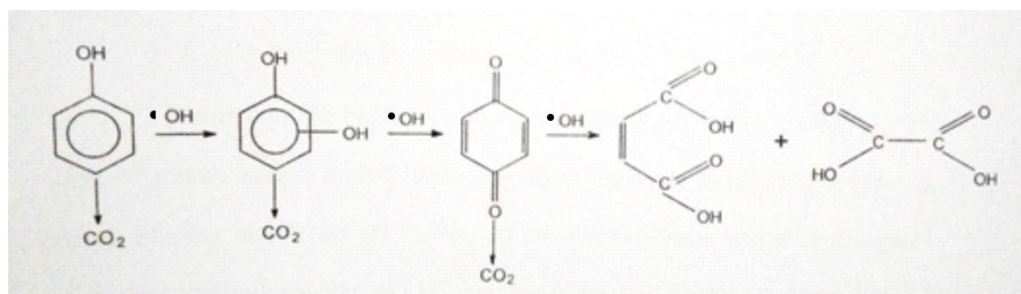
Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mengambil limbah batik dari salah satu industri rumah tangga batik di Yogyakarta. Menambahkan larutan sampel sebanyak 50 mL dengan variasi jenis elektrolit yaitu NaCl dengan konsentrasi 0,2 M, 0,3 M dan 0,4 M dan perbandingan tegangan listrik yaitu 9 V dan 10 V.

NaCl di dalam larutan akan terurai menjadi ion Na^+ dan Cl^- . Natrium klorida sebagai elektrolit yang akan menghasilkan ion klorida. Ion klorida adalah spesies aktif klorin, untuk mengkatalisis reaksi dari degradasi. Mekanisme ion klorida, pembentukan dan pembubaran klorin terjadi di anoda:





Degradasi limbah secara elektrokimia yang paling banyak digunakan adalah proses oksidasi. Oksidasi didefinisikan sebagai molekul yang memperoleh oksigen atau kehilangan hidrogen dan jika molekul kehilangan oksigen atau memperoleh hidrogen maka molekul tersebut tereduksi. Yang dimaksud dengan reaksi oksidasi adalah menghilangkan atom H atau pembentukan ikatan baru antara atom C dan H. Pada limbah batik mengandung senyawa yang memiliki gugus fungsi benzen seperti naphthol ataupun fenol. Senyawa-senyawa organik seperti fenol dapat mengalami reaksi melalui mekanisme transfer muatan di permukaan elektroda dan adanya oksida PbO_2 dalam elektroda dapat berperan sebagai katalis, untuk terjadinya oksidasi fenol. Terjadinya peristiwa elektrolitik dan katalitik pada proses oksidasi fenol menyebabkan metode elektrokimia lebih efisien. Mekanisme oksidasi fenol secara elektrokimia disampaikan oleh Comninellis dan Pulgarin (1991) adalah sebagai berikut:



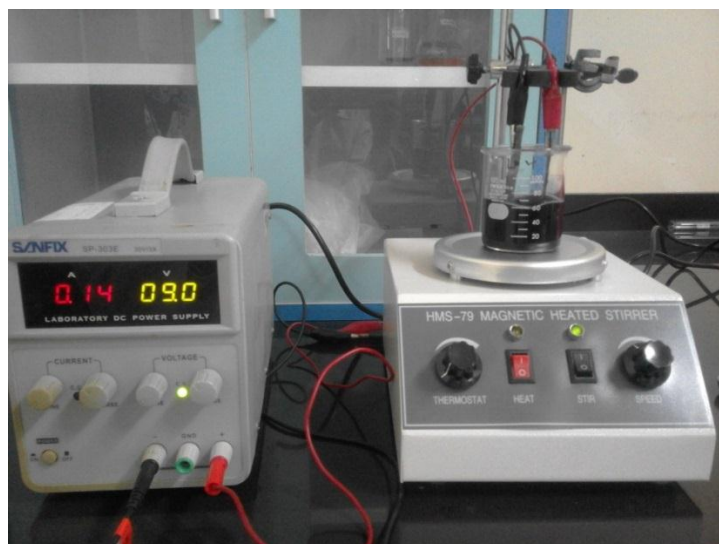
Gambar 10. Reaksi oksidasi fenol secara kimia (Comninellis dan Pulgarin, 1991)

Pada mekanisme tersebut fenol teroksidasi membentuk gas CO_2 sedangkan ion H^+ yang terbentuk di anoda akan menuju ke katoda membentuk gas H_2 . Dalam limbah batik kemungkinan terdapat beberapa jenis zat pewarna. Hal itu

dikarenakan pada proses pencucian digunakan banyak zat warna salah satunya adalah naphthol.

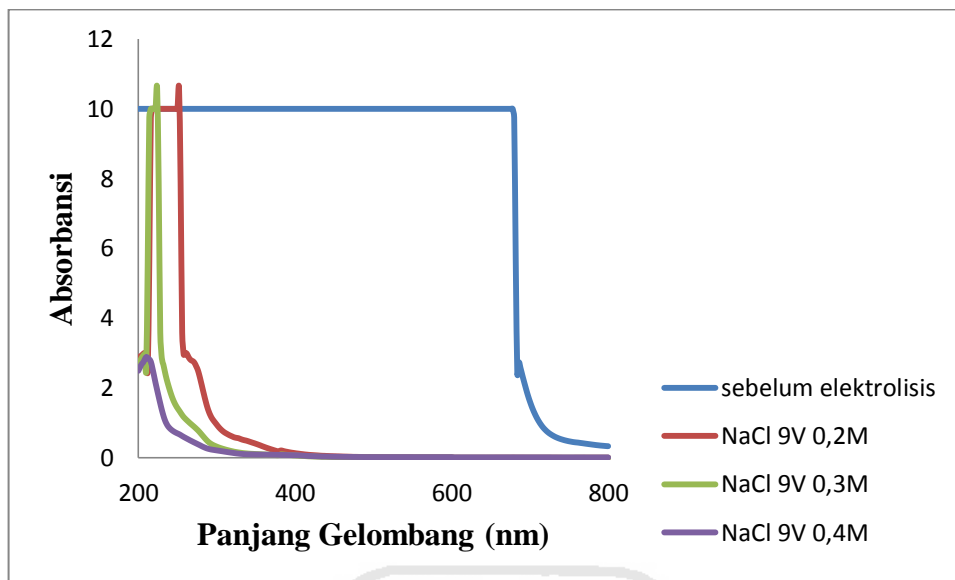
Elektrolisis larutan sampel dilakukan pada potensial 9 Volt dengan penambahan elektrolit NaCl 0,2 M, 0,3 M dan 0,4 M yang dimasukkan ke dalam gelas beker, dilakukan proses elektrolisis selama 3 jam. Penambahan NaCl ke dalam larutan sampel berfungsi sebagai elektrolit pendukung yang dapat menghantarkan arus selama elektrolisis berlangsung. Larutan NaCl digunakan sebagai elektrolit karena bahan NaCl mudah didapatkan dan lebih efisien dalam segi ekonomi serta keberadaan ion Cl^- atau OCl^- sangat penting sebagai sumber klor aktif dan bersifat sebagai oksidator kuat dalam proses elektrolisis.

Gelas beker yang berisi sampel limbah bercampur dengan NaCl diletakkan di atas pengaduk magnet yang dimasukkan magnetik stirer. Anoda PbO_2 dan katoda Pb diletakkan sedemikian rupa di dalam larutan sehingga posisinya saling berhadapan satu sama lain. Anoda dan katoda kemudian dihubungkan dengan sumber arus DC yang baik sehingga arus listrik yang dialirkan stabil. Hal ini dilakukan bertujuan agar arus listrik yang mengalir dapat stabil selama proses elektrolisis, karena jika arus berubah-ubah maka akan mempengaruhi hasil elektrolisis. Setelah rangkaian alat elektrolisis terpasang maka DC dan pengaduk magnet dinyalakan, kemudian mengatur tegangan yang digunakan dan proses elektrolisis dapat berlangsung. Rangkaian elektrolisis dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Rangkaian alat elektrolisis

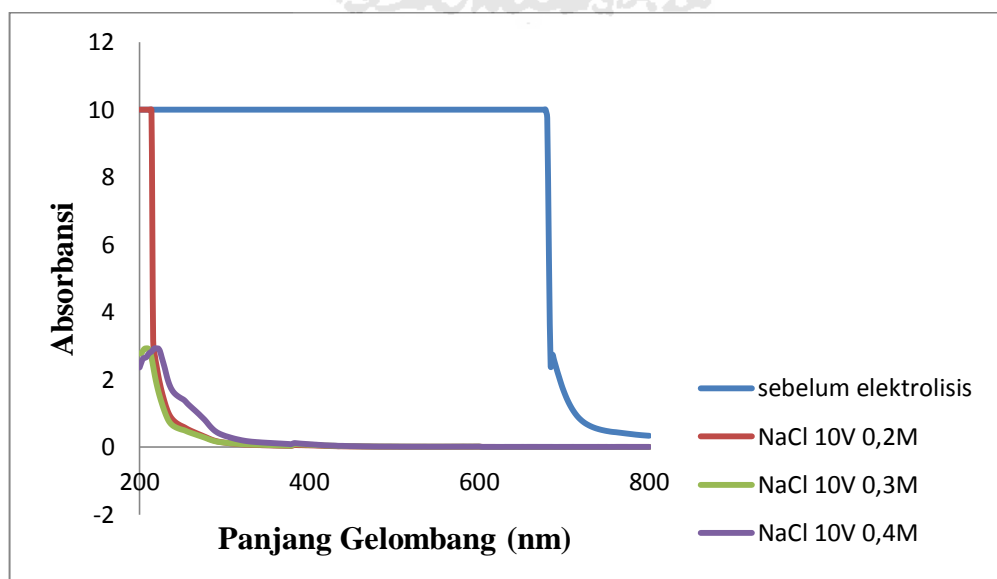
Dari Gambar 11 menunjukkan bahwa anoda dan katoda dihubungkan dengan sumber arus. Anoda terhubung dengan kutub positif sedangkan katoda terhubung dengan kutub negatif. Pada anoda reaksi yang terjadi adalah reaksi oksidasi dan pada katoda yang terjadi adalah reaksi reduksi. Elektroda yang digunakan pada proses elektrolisis adalah PbO_2 di anoda dan Pb di katoda, plat yang digunakan sebagai elektroda adalah plat yang didapatkan dari aki bekas kendaraan bermotor. Jika posisi elektroda terbalik antara anoda dengan katoda maka proses elektrolisis tidak dapat berlangsung, karena tidak ada aliran arus listrik yang terjadi pada katoda dan anoda.



Gambar 12. Spektrum UV-Vis elektrolisis limbah batik pada tegangan 9 Volt selama 3 jam dengan variasi konsentrasi NaCl 0,2; 0,3 dan 0,4 M

Hasil degradasi limbah batik sebelum elektrolisis dan setelah elektrolisis dapat dilihat dari spektrum UV-Vis pada panjang gelombang 200 nm sampai 800 nm. Spektrum UV-Vis larutan sampel limbah batik seperti yang disajikan pada Gambar 12 menunjukkan hasil elektrolisis dengan variasi konsentrasi NaCl yang ditambahkan pada larutan yang akan dielektrolisis. Pada variasi NaCl ini, elektrolisis dilakukan dengan waktu dan tegangan yang tetap yaitu menggunakan waktu elektrolisis selama 3 jam dan tegangan 9 Volt. Variasi ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi NaCl optimum yang digunakan elektrolisis sehingga larutan menjadi jernih. Gambar 12 tersebut tampak bahwa telah terjadi penurunan absorbansi dari limbah batik setelah dilakukan elektrolisis sebanding dengan jumlah NaCl yang ditambahkan. Hal ini terlihat pada gambar bahwa limbah batik sebelum elektrolisis menunjukkan adanya puncak serapan pada 680 nm yang mengidentifikasi karakter warna gugus kromofor pada limbah batik dengan absorbansi sebesar 9,752 dan setelah dilakukan elektrolisis selama 3 jam

dengan tegangan 9 Volt pada konsentrasi NaCl 0,2 M ternyata absorbansinya turun menjadi 7,889 pada panjang gelombang 254 nm. Jika NaCl dengan konsentrasi 0,3 M mengalami penurunan absorbansi yang sama dengan konsentrasi 0,2 M yaitu 7,889 pada panjang gelombang 226 nm, sedangkan konsentrasi NaCl 0,4 M mengalami penurunan yang cukup jauh yaitu 2,756 pada panjang gelombang 216 nm. Spektrum menunjukkan bahwa limbah sebelum dielektrolisis mempunyai permukaan yang luas terlihat dari panjang gelombang 200-800 nm yang kemudian setelah dielektrolisis permukaan spektrum mengecil terlihat antara panjang gelombang 200-400. Hasil elektrolisis menunjukkan variasi konsentrasi NaCl garam dapur 0,4 M yang baik dan terdapat puncak yang menunjukkan adanya benzena tidak terkonjugasi dengan ikatan rangkap lainnya. Hal tersebut membuktikan bahwa elektrolisis limbah batik telah berlangsung dan menghilangkan warna secara sempurna namun masih menyisakan suatu senyawa karbon rantai pendek dan tidak mempunyai gugus kromofor (pemberi warna).



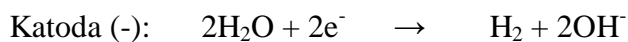
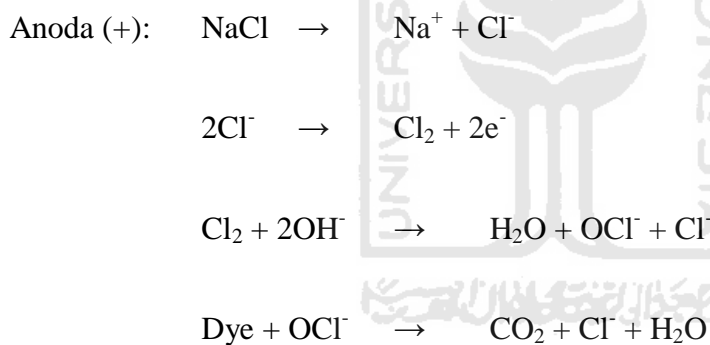
Gambar 13. Spektrum UV-Vis elektrolisis limbah batik pada tegangan 10 Volt selama 3 jam dengan variasi konsentrasi NaCl 0,2; 0,3 dan 0,4 M

Hasil degradasi limbah batik sebelum elektrolisis dan setelah elektrolisis dapat dilihat dari spektrum UV-Vis pada panjang gelombang 200 nm sampai 800 nm. Pada variasi NaCl ini, elektrolisis dilakukan dengan waktu dan tegangan yang tetap yaitu menggunakan waktu elektrolisis selama 3 jam dan tegangan 10 Volt. Pada Gambar 13 tersebut tampak bahwa telah terjadi penurunan absorbansi dari limbah batik setelah dilakukan elektrolisis sebanding dengan jumlah NaCl yang ditambahkan. Hal ini terlihat pada gambar bahwa limbah batik dengan absorbansi sebesar 9,752 menurun setelah dilakukan elektrolisis selama 3 jam dengan tegangan 10 Volt tetapi tidak terjadi penurunan pada konsentrasi NaCl 0,2 M ternyata absorbansinya naik menjadi 10 pada panjang gelombang 214 nm. Hal ini dapat dimungkinkan tercampurnya dengan kotoran pada saat penyaringan setelah elektrolisis atau elektroda yang digunakan masih terdapat sulfat yang menempel pada plat elektroda. NaCl dengan konsentrasi 0,3 M mengalami penurunan absorbansi menjadi 2,921 pada panjang gelombang 210 nm, sedangkan konsentrasi NaCl 0,4 M mengalami penurunan yang tidak begitu jauh dari konsentrasi 0,3 M yaitu 2,841 pada panjang gelombang 224 nm. Spektrum menunjukkan bahwa limbah sebelum dielektrolisis mempunyai permukaan yang luas terlihat dari panjang gelombang 200-800 nm yang kemudian setelah dielektrolisis permukaan spektrum mengecil terlihat antara panjang gelombang 200-350 nm. Hasil elektrolisis menunjukkan variasi konsentrasi NaCl garam dapur 0,4 M yang baik dan terdapat puncak pada panjang gelombang 224 nm yang menunjukkan adanya benzena tidak terkonjugasi dengan ikatan rangkap lainnya. Hal tersebut membuktikan bahwa elektrolisis limbah batik telah

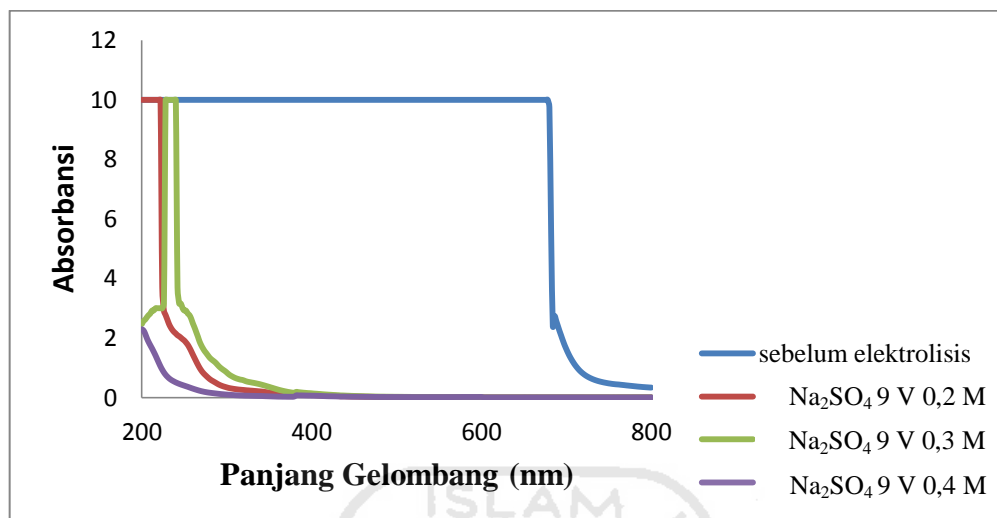
berlangsung dan menghilangkan warna secara sempurna namun masih menyisakan suatu senyawa karbon rantai pendek dan tidak mempunyai gugus kromofor (pemberi warna).

Pengaruh NaCl pada elektrolisis terdapat pada peran NaCl sebagai penghantar listrik yang baik dan dapat mendegradasi limbah batik saat berjalannya elektrolisis, sehingga absorbansi yang dihasilkan semakin kecil dengan bertambahnya konsentrasi NaCl yang ditambahkan pada limbah dalam proses elektrolisis.

Reaksi yang mungkin terjadi pada elektrolisis menggunakan NaCl:



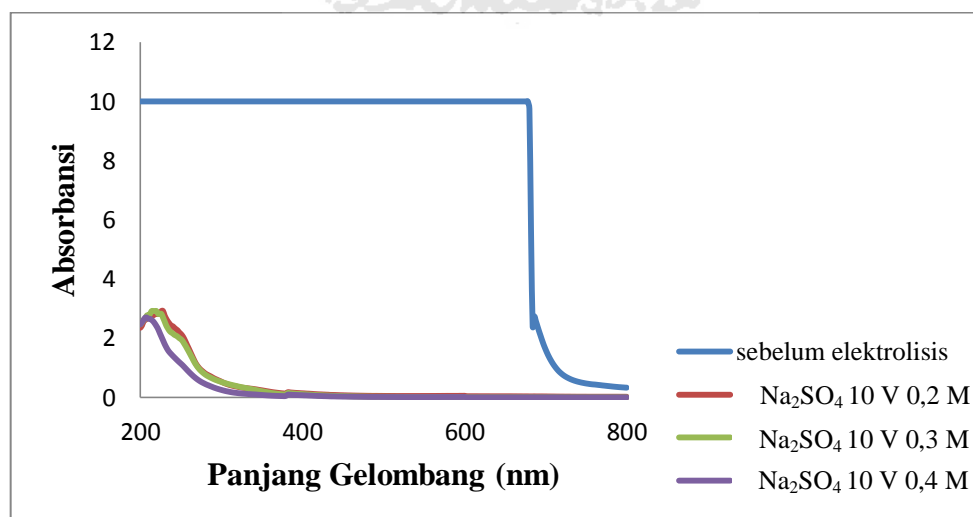
5.2 Pengaruh Konsentrasi Na_2SO_4 terhadap Pengolahan Limbah Batik dengan Elektroda PbO_2 dan Pb



Gambar 14. Spektrum UV-Vis elektrolisis limbah batik pada tegangan 9 Volt selama 3 jam dengan variasi konsentrasi Na_2SO_4 0,2; 0,3 dan 0,4 M

Hasil degradasi limbah batik sebelum elektrolisis dan setelah elektrolisis dapat dilihat dari spektrum UV-Vis pada panjang gelombang 200 nm sampai 800 nm. Spektrum UV-Vis larutan sampel limbah batik seperti yang disajikan pada Gambar 14 menunjukkan hasil elektrolisis dengan variasi konsentrasi Na_2SO_4 yang ditambahkan pada larutan yang akan dielektrolisis. Pada variasi Na_2SO_4 ini, elektrolisis dilakukan dengan waktu dan tegangan yang tetap yaitu menggunakan waktu elektrolisis selama 3 jam dan tegangan 9 Volt. Variasi ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi Na_2SO_4 optimum yang digunakan elektrolisis sehingga larutan menjadi jernih. Gambar 14 tersebut tampak bahwa telah terjadi kenaikan dan penurunan absorbansi dari limbah batik setelah dilakukan elektrolisis. Hal ini terlihat pada gambar bahwa limbah batik sebelum elektrolisis menunjukkan bahwa adanya puncak serapan pada 680 nm yang mengidentifikasi karakter warna gugus kromofor pada limbah batik dengan absorbansi sebesar 9,752 dan setelah dilakukan elektrolisis selama 3 jam dengan tegangan 9 Volt pada

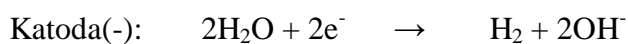
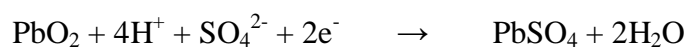
konsentrasi Na_2SO_4 0,2 M ternyata absorbansinya naik menjadi 10 pada panjang gelombang 222 nm. Jika Na_2SO_4 dengan konsentrasi 0,3 M mengalami kenaikan absorbansi yang sama dengan konsentrasi 0,2 M yaitu 10 pada panjang gelombang 240 nm, sedangkan konsentrasi Na_2SO_4 0,4 M mengalami penurunan yang cukup jauh yaitu 2,252 pada panjang gelombang 202 nm. Spektrum menunjukkan bahwa limbah sebelum dielektrolisis mempunyai permukaan yang luas terlihat dari panjang gelombang 200-800 nm yang kemudian setelah dielektrolisis permukaan spektrum mengecil terlihat antara panjang gelombang 200-400 nm. Hasil elektrolisis menunjukkan variasi konsentrasi Na_2SO_4 0,4 M yang baik dan terdapat puncak yang menunjukkan adanya benzena tidak terkonjugasi dengan ikatan rangkap lainnya. Hal tersebut membuktikan bahwa elektrolisis limbah batik telah berlangsung dan menghilangkan warna secara sempurna namun masih menyisakan suatu senyawa karbon rantai pendek dan tidak mempunyai gugus kromofor (pemberi warna).



Gambar 15. Spektrum UV-Vis elektrolisis limbah batik pada tegangan 10 Volt selama 3 jam dengan variasi konsentrasi Na_2SO_4 0,2; 0,3 dan 0,4 M

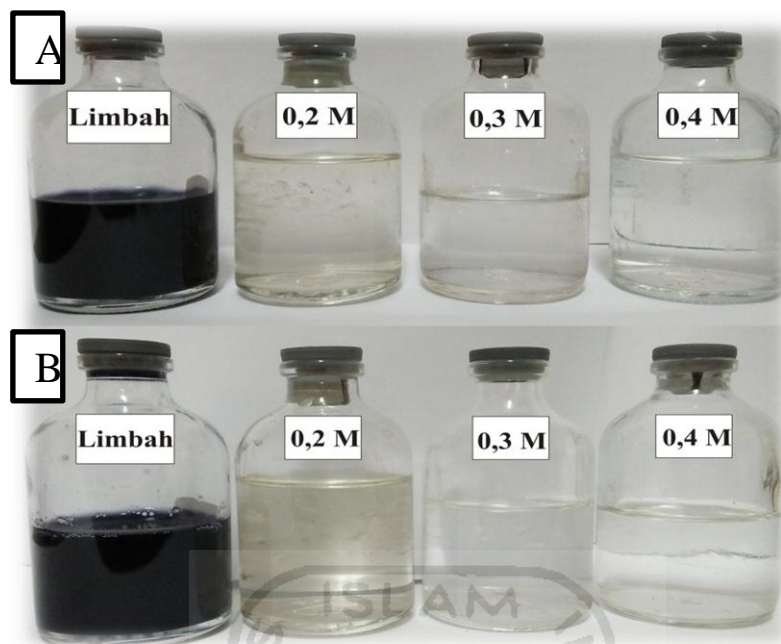
Hasil degradasi limbah batik sebelum elektrolisis dan setelah elektrolisis dapat dilihat dari spektra UV-Vis pada panjang gelombang 200 nm sampai 800 nm. Pada variasi Na_2SO_4 ini, elektrolisis dilakukan dengan waktu dan tegangan yang tetap yaitu menggunakan waktu elektrolisis selama 3 jam dan tegangan 10 Volt. Pada Gambar 15 tersebut tampak bahwa telah terjadi penurunan absorbansi dari limbah batik setelah dilakukan elektrolisis sebanding dengan jumlah Na_2SO_4 yang ditambahkan. Hal ini terlihat pada gambar bahwa limbah batik dengan absorbansi sebesar 9,752 menurun setelah dilakukan elektrolisis selama 3 jam dengan tegangan 10 Volt terjadi penurunan pada konsentrasi Na_2SO_4 0,2 M absorbansinya menjadi 2,921 pada panjang gelombang 220 nm. Selanjutnya pada konsentrasi 0,3 M mengalami penurunan absorbansi menjadi 2,921 pada panjang gelombang 204 nm dan konsentrasi Na_2SO_4 0,4 M mengalami penurunan menjadi 2,62 pada panjang gelombang 228 nm. Spektrum menunjukkan bahwa limbah sebelum dielektrolisis mempunyai permukaan yang luas terlihat dari panjang gelombang 200-800 nm yang kemudian setelah dielektrolisis permukaan spektrum mengecil terlihat antara panjang gelombang 200-370 nm. Hasil elektrolisis menunjukkan variasi konsentrasi Na_2SO_4 0,4 M yang baik dan terdapat puncak yang menunjukkan adanya benzena tidak terkonjugasi dengan ikatan rangkap lainnya. Hal tersebut membuktikan bahwa elektrolisis limbah batik telah berlangsung dan menghilangkan warna secara sempurna namun masih menyisakan suatu senyawa karbon rantai pendek dan tidak mempunyai gugus kromofor (pemberi warna).

Reaksi yang mungkin terjadi pada elektrolisis menggunakan Na_2SO_4 :



Gambar 16. Perubahan warna degradasi limbah batik (50 mL) pada tegangan 8 Volt dalam NaCl 0,2 M selama 1 jam dan 3 jam

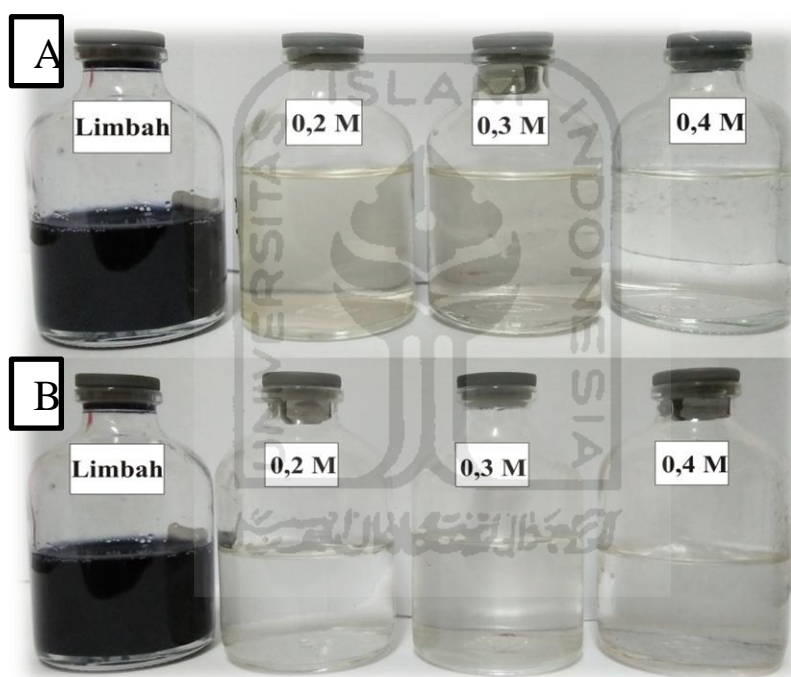
Gambar 16 merupakan perubahan warna yang terjadi dalam proses degradasi limbah batik pada tegangan 8 Volt selama 1 jam dan 3 jam terlihat perubahan yang tidak signifikan. Hal ini menandakan tidak sempurnanya degradasi zat warna limbah batik dikarenakan senyawa yang ada di dalam limbah batik merupakan senyawa zat warna yang stabil sehingga sukar terurai, sehingga diperlukan elektrolit serta arus yang tinggi.



Gambar 17. Perubahan warna degradasi limbah batik (50 mL) pada tegangan (A) 9 Volt dan (B) 10 Volt dalam NaCl dengan variasi konsentrasi (1) 0,2 M, (2) 0,3 M dan (3) 0,4 M selama 3 jam menggunakan elektroda PbO_2 dan Pb

Gambar 17 merupakan perubahan warna yang terjadi dalam proses degradasi limbah batik . Pengaruh dari penambahan tegangan dapat kita lihat pada gambar (A) dengan tegangan 9 Volt selama 3 jam pada variasi konsentrasi NaCl 0,2 M, 0,3 M dan 0,4 M mengalami perubahan warna yang terjadisecara signifikan. Warna larutan hasil elektrolisis yang didapatkan jauh berbeda dengan warna limbah batik sebelum dielektrolisis, larutan setelah proses elektrolisis harus disaring terlebih dahulu karena masih terdapat serbuk halus yang ditandai dengan warnanya yang keruh. Serbuk halus tersebut kemungkinan adalah sisa timbal sulfat ($PbSO_4$) yang masih menempel pada plat.Namun dari hasil elektrolisis yang sudah disaring tersebut menandakan sudah sepenuhnya degradasi zat warna limbah batik. Dari gambar (B) dengan tegangan 10 Volt selama 3 jam pada variasi konsentrasi NaCl 0,2 M, 0,3 M dan 0,4 M mengalami perubahan warna yang

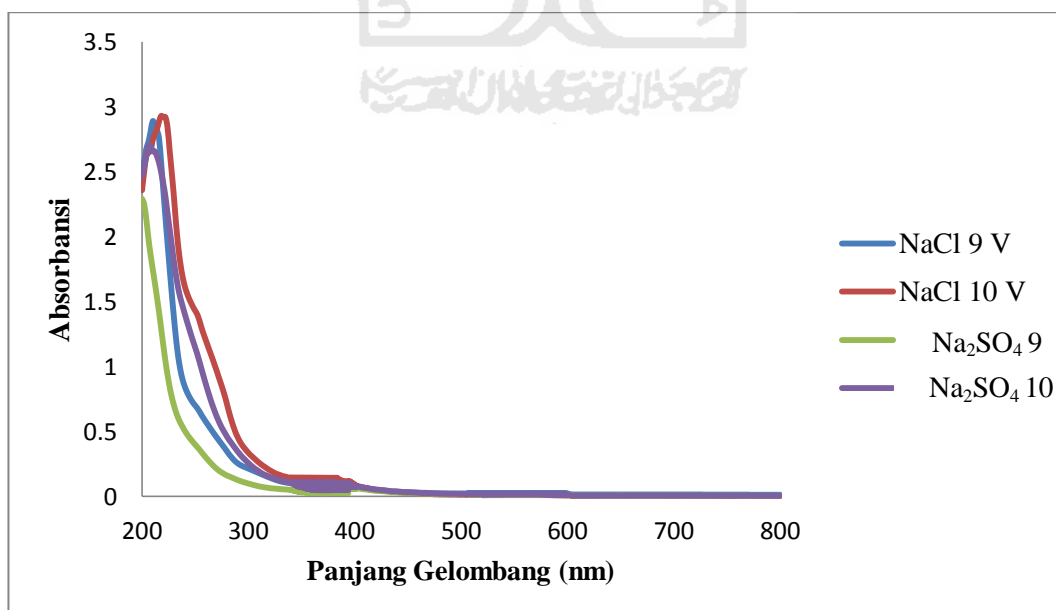
terjadisecara signifikan. Warna larutan hasil elektrolisis yang didapatkan jauh berbeda dengan warna limbah batik sebelum dielektrolisis, larutan setelah proses elektrolisis harus disaring terlebih dahulu karena masih terdapat serbuk halus yang ditandai dengan warnanya yang keruh. Namun warna keruh hasil elektrolisis pada tegangan 10 Volt tidak sekeruh dari hasil elektrolisis tegangan 9 Volt, hal tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tegangan maka semakin mudah terurainya limbah batik.



Gambar 18. Perubahan warna degradasi limbah batik (50 mL) pada tegangan (A) 9 Volt dan (B) 10 Volt dalam Na_2SO_4 dengan variasi konsentrasi (1) 0,2 M, (2) 0,3 M dan (3) 0,4 M selama 3 jam menggunakan elektroda PbO_2 dan Pb

Gambar 18 merupakan perubahan warna yang terjadi dalam proses degradasi limbah batik . Pengaruh dari penambahan tegangan dapat kita lihat pada gambar (A) dengan tegangan 9 Volt selama 3 jam pada variasi konsentrasi Na_2SO_4 0,2 M, 0,3 M dan 0,4 M mengalami perubahan warna yang terjadi secara signifikan. Warna larutan hasil elektrolisis yang didapatkan jauh berbeda dengan warna

limbah batik sebelum dielektrolisis, larutan setelah proses elektrolisis harus disaring terlebih dahulu karena masih terdapat serbuk halus namun tidak begitu terlihat. Serbuk halus tersebut kemungkinan adalah sisa timbal sulfat (PbSO_4) yang masih menempel pada plat. Namun dari hasil elektrolisis yang sudah disaring tersebut menandakan sudah sepenuhnya degradasi zat warna limbah batik. Dari gambar (B) dengan tegangan 10 Volt selama 3 jam pada variasi konsentrasi Na_2SO_4 0,2 M, 0,3 M dan 0,4 M mengalami perubahan warna yang terjadi secara signifikan. Warna larutan hasil elektrolisis yang didapatkan jauh berbeda dengan warna limbah batik sebelum dielektrolisis, larutan setelah proses elektrolisis harus disaring terlebih dahulu karena masih terdapat sedikit serbuk halus. Namun serbuk halus dari hasil elektrolisis pada tegangan 10 Volt tidak sebanyak dari hasil elektrolisis tegangan 9 Volt, hal tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tegangan maka semakin mudah terurainya limbah batik.



Gambar 19. Spektrum perbandingan hasil elektrolisis limbah batik pada tegangan 9 dan 10 volt dan konsentrasi elektrolit 0,4 M dengan variasi elektrolit NaCl dan Na_2SO_4

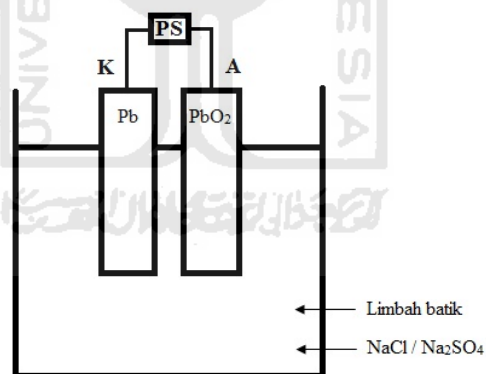
Gambar 19 menunjukkan kondisi optimum dari hasil variasi jenis dan konsentrasi elektrolit diperoleh pada elektrolit Na_2SO_4 dengan konsentrasi 0,4 M pada tegangan 9 Volt. Untuk NaCl pada konsentrasi 0,4 M akan mendegradasi lebih cepat ketika bertindak sebagai elektrolit, namun penggunaan NaCl dimungkinkan mengalami penurunan tingkat sebagai elektrolit karena terjadi pembentukan senyawa organoklorid. Terbentuknya OCl^- tersebut yang menyebabkan adanya reaksi samping, keseluruhan reaksi tersebut menunjukkan degradasi limbah batik hampir sempurna. Dengan kedua peran NaCl yang menyebabkan hasil elektrolisis dengan konsentrasi 0,4 M tidak lebih baik jika dibandingkan dengan konsentrasi 0,4 M pada Na_2SO_4 .

Hal ini dapat disimpulkan bahwa pada konsentrasi 0,4 M Na_2SO_4 berperan sebagai penghantar arus listrik berupa SO_4^{2-} , sehingga 0,4 M Na_2SO_4 digunakan sepenuhnya untuk menghantarkan arus listrik. Sedangkan pada konsentrasi tersebut NaCl memiliki dua peran yaitu sebagai penghantar arus listrik dan berperan mendegradasi zat warna. Semakin banyak jumlah ion Cl^- yang akan teroksidasi menghasilkan gas Cl_2 . Semakin banyak timbul gas Cl_2 yang bereaksi dengan ion OH^- yang dihasilkan pada katoda, maka semakin banyak ion OCl^- yang mendegradasi zat warna di dalam limbah batik, maka warna akan memudar bahkan hilang menjadi jernih atau tidak berwarna. Sehingga dibutuhkan konsentrasi NaCl lebih tinggi untuk memperoleh hasil yang sempurna. Alasan kenapa diperlukan konsentrasi NaCl lebih tinggi daripada Na_2SO_4 yaitu yang pertama agar diperoleh jumlah ion yang sama dalam larutan untuk bertindak sebagai elektrolit, yang kedua karena NaCl digunakan sebagai elektrolit dan

secara bersamaan memiliki kemampuan hipoklorit untuk mengoksidasi senyawa organik yang membantu mendegradasi elektrokimia, bahkan pada konsentrasi yang rendah.

5.3 Pengaruh Elektrolisis terhadap Elektroda

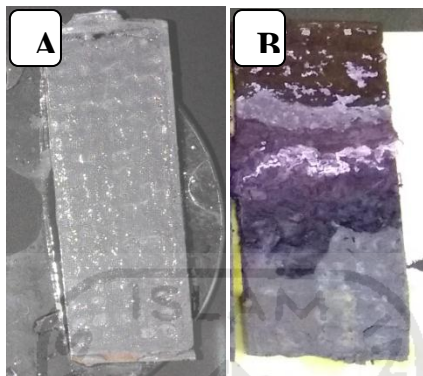
Dalam penempatan elektroda yang digunakan selama proses elektrolisis berlangsung harus tepat dimana plat yang akan digunakan pada anoda dan katoda. Pada penelitian ini digunakan plat PbO_2 dengan plat Pb , di mana plat PbO_2 diletakkan pada anoda (+) dan plat Pb diletakkan pada katoda (-). Ketika plat tidak sesuai saat pemasangan maka proses elektrolisis tidak dapat berlangsung, hal tersebut dapat dilihat pada *power supply* bahwa tidak adanya arus. Rangkaian elektroda pada elektrolisis limbah batik dapat dilihat pada gambar 20.



Gambar 20. Rangkaian elektroda pada elektrolisis limbah batik

Pengolahan limbah batik dengan proses elektrolisis ini menggunakan plat PbO_2 dan Pb dari aki bekas, di mana plat tersebut digunakan sebagai rangkaian arus listrik untuk berlangsungnya reaksi kimia. Reaksi kimia tersebut merupakan proses degradasi pada gugus benzen, dimana gugus benzen adalah komponen utama dalam senyawa organik pada limbah batik. Proses elektrolisis ini

menghasilkan lumpur berwarna hitam pada penggunaan elektrolit NaCl yang menempel pada anoda PbO_2 , hal tersebut menunjukkan perubahan pada anoda PbO_2 dengan bertambahnya lapisan warna hitam yang melekat pada plat. Perubahan elektroda tersebut dapat dilihat pada gambar 21.



Gambar 21. (A) Anoda PbO_2 sebelum elektrolisis, (B) Anoda PbO_2 sesudah elektrolisis

Gambar 21 menunjukkan perubahan anoda PbO_2 yang terlihat jelas, selama elektrolisis terjadi penempelan lumpur yang melapisi anoda PbO_2 sehingga menyebabkan anoda PbO_2 tidak dapat digunakan untuk elektrolisis selanjutnya. Lapisan yang menempel pada anoda menyebabkan terhambatnya arus listrik yang mengalir, sehingga proses elektrolisis tidak berlangsung. Dari proses elektrolisis menghasilkan lumpur ketika menggunakan elektrolit NaCl berupa lumpur berwarna hitam dan ketika menggunakan elektrolit Na_2SO_4 berupa lumpur berwarna biru keunguan. Berat anoda PbO_2 sesudah elektrolisis bertambah daripada berat sebelum elektrolisis, salah satu plat PbO_2 yang digunakan saat elektrolisis menggunakan elektrolit NaCl konsentrasi 0,2 M pada tegangan 9 Volt dengan berat anoda PbO_2 sebelum elektrolisis 9,2363 gram kemudian berubah menjadi 9,754 gram, hal tersebut tidak menunjukkan perubahan secara signifikan.

Pada plat katoda yang telah digunakan untuk elektrolisis limbah batik terjadi pengurangan berat yang terlihat dari fisik elektroda yang terkikis tetapi tidak mengalami perubahan secara signifikan. Ketika plat katoda digunakan kembali untuk elektrolisis limbah batik tidak menunjukkan hasil yang baik, disebabkan dari arus yang rendah bahkan tidak menghasilkan arus sama sekali sehingga proses elektrolisis tidak maksimal. Hasil yang tidak maksimal tersebut terlihat dari larutan hasil elektrolisis masih berwarna gelap dan ketika disaring menghasilkan lumpur yang sedikit, maka proses degradasi senyawa organik terjadi tidak maksimal.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh jenis elektrolit pada elektrolisis limbah batik yaitu Na_2SO_4 lebih baik dibandingkan dengan elektrolit NaCl .
2. Pengaruh tegangan pada elektrolisis limbah batik yaitu semakin tinggi tegangan maka semakin mudah terurai senyawa zat warnanya.
3. Elektroda PbO_2/Pb dari aki bekas dapat mendegradasi senyawa zat warna limbah batik dengan jenis elektrolit terbaik yaitu Na_2SO_4 pada konsentrasi 0,4 M dengan tegangan 9 Volt.
4. Pengaruh elektrolisis terhadap elektroda menunjukkan bahwa adanya lumpur yang melapisi anoda dan terkikisnya plat katoda.

6.2 Saran

1. Pada saat elektrolisis logam-logam menempel pada anoda dan elektroda tertutupi sehingga elektrolisis tidak dapat berjalan sempurna. Hal ini dapat diatasi dengan cara menukar kutub positif dan negatif pada elektroda (kutub positif di katoda sedangkan kutub negatif di anoda). Tujuannya adalah supaya logam-logam yang menempel pada anoda lepas kembali.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai komposisi elektroda PbO_2 dan Pb dari aki bekas kendaraan bermotor, serta analisis lebih lanjut untuk mengetahui adanya pembentukan senyawa baru.

DAFTAR PUSTAKA

- Apipah, L., Widodo, D.S. dan Hastuti, R., 2013, *Pemanfaatan Limbah Elektroda Aki pada Proses Elektrode Kolorisasi Larutan Zat Warna*, Laporan Penelitian, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Ariguna, I.W.S.P., Wiratini, N.M. dan Sastrawidana, I.D.K., 2014, Degradasi Zat Warna Remazol Yellow FG dan Limbah Tekstil Buatan dengan Teknik Elektrooksidasi, *e-Journal Kimia Visvitalis Universitas Pendidikan Ganesha*, 2: 1-11.
- BAPEDAL, 1994, *Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia Sumber Pengendalian dan Baku Mutu*, Bapedal, Jakarta. 193-199.
- Chatzisyneon, E., Xekoukoulotakis, N.P., Coz, A., Kalogerakis, N. and Mantzavinos, D., 2006, Electrochemical Treatment Of Textile Dyes And Dyehouse Effluents, *Journal of Hazardous Materials*, B137: 998-1007.
- Cheetam, D.A., 1992, *Solid State Compound*, Oxford university press, 234-237.
- Comninellis, C.H. and Pulgarin, C., 1991, Anodic Oxidation Phenol for Waste Water Treatment, *J. Appl. Electrochem*, 21, 703-708.
- Daintith, J., 1994, *Kamus Lengkap Kimia*, Erlangga, Jakarta.
- Dewi, P.S.L., Widodo, D.S. dan Haris, A., 2013, Elektrokolorasi Limbah Cair Zat Warna Batik dengan Elektroda PbO₂/Pb, *Chem Info*, 1 (1): 1-6.
- Effendi, H., 2003, *Telaah Kualitas Air bagi Pengolahan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*, Kanisius, Yogyakarta.
- Fatkhurrohman, A., 2010, *Aplikasi Teknik Kombinasi Adsorpsi-Elektrolisis untuk Menurunkan COD dalam Limbah Industri Bahan Kimia Sanitasi*, Tesis, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Fessenden, R. J. dan Fessenden, J. S., 1992, *Kimia Organik Jilid I, a.b. Pudjaatmaka, Edisi ketiga*, Erlangga, Jakarta.
- Ghalwa, A.M.N. and Latif. M.S.A., 2005, Electrochemical Degradation of Acid Green Dye in Aqueous Wastewater Dyestuff Solutions Using a Lead Oxide Coated Titanium Electrode, *Journal of the Iranian Chemical Society*, 2(3): 238-243.
- Isminingsih dan Djufri, R., 1982, *Pengantar Kimia Zat Warna*, Institut Teknologi Tekstil, Bandung.

- Kasam, Yulianto. A. dan Rahmayanti. A.E., 2009, Penurunan COD dan Warna Pada Limbah Industri Batik dengan menggunakan aerobic roughing filter aliran horizontal, *Logika*, 6 (1): 27-31.
- Khopkar, S.M., 1990, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, UI Press, Jakarta.
- Kong, J., Shi, S., Kong, L., Zhua, X. and Ni, J., 2007, Preparation and Characterization of PbO₂ Electrodes Doped with Different Rare Earth Oxides, *Electrochimica Acta*, 53: 2048-2054.
- Laksono, E.W., 2009, Kajian Penggunaan Adsorben sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Zat Pewarna Tekstil, *Seminar Nasional Kimia*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Li, J., Zheng, L., Li, L., Shi, G., Xian, Y. and Jin, L., 2006, *Photoelectro-Synergistic Catalysis at Ti/TiO₂/PbO₂ Electrode and Its Application on Determination of Chemical Oxygen Demand*, Shanghai, China.
- Martono, H dan Aisyah, 2000, *Studi Pengolahan Limbah Organik secara Elektrokimia*, Pusat Pengolahan Limbah Radioaktif, Jakarta.
- Monica, S., Nurjanah, S. dan Azizah, N.N., 2013, *Elektroda Pasta Karbon Non-Modifikasi dan Termodifikasi sebagai Pendeteksi Iodida*, Laporan Penelitian, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mulja, M., Suharman, 1995, *Analisis Instrumental*, Airlangga University Press, Surabaya.
- Muljadi, 2009, Efisiensi Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Cetak Dengan Metode Fisika-Kimia dan Biologi Terhadap Penurunan Parameter Pencemar (BOD, COD dan Logam Berat Krom (Cr) Studi Kasus di Desa Butulan Makam Haji Sukoharjo, *Jurnal Ekuilibrium*, 8 (1): 7-16, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Murniati, T., Inayati dan Budiastuti, S., 2015, Pengelolaan Limbah Cair Industri Batik dengan Metode Elektrolisis sebagai Upaya Penurunan Tingkat Konsentrasi Logam Berat di Sungai Jenes, Laweyan, Surakarta, *Jurnal EKOSAINS*, 7 (1): 1-7.
- Naria, E., 2005, Mewaspada Dampak Pencemar Timbal (Pb) Di Lingkungan Terhadap Kesehatan, *Jurnal Komunikasi Penelitian*, 17(4): 69-70.
- Noorikhlas, F., 2009, *Analisis Produk Elektrodetruksi Senyawa Penyusun Limbah Batik: Elektrolisis Larutan Remazol Black B*, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro, Semarang.


- Nordin, N., Amir, S.F.M., Riyanto and Othman, M.R., 2013, Textile Industries Wastewater Treatment by Electrochemical Oxidation Technique Using Metal Plate, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 8: 11403 – 11415.
- Nugroho, S., 2013, *Elektrodegradasi Indigosol Golden Yellow IRK dalam Limbah Batik dengan Elektroda Grafit*, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Nurdalia, Ida, 2006, *Kajian dan Analisis Peluang Penerapan Produksi Bersih pada Usaha Kecil Batik Cap (Studi kasus pada tiga usaha industri kecil batik cap di Pekalongan)*, Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang.
- Palar, H., 1994, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, PT. Rineka Cipta, Jakarta
- Panizza, M., Barbucci, A., Ricotti, R. and Cerisola, G., 2006, *Electrochemical Degradation Of Methylene Blue*, Laporan penelitian, Genoa: Department of Chemical and Process Engineering University of Genoa.
- Perdana, M., Widodo, D.S. dan Prasetya, N.B.A., 2013, Fotoelektrokatalisis Kromium (VI) menjadi Kromium (III) dengan Menggunakan Elektroda Timbal Dioksida (PbO_2), *Chem Info*, 1 (1): 11-17.
- Polcaro, A.M., Palmas, S., Renoldi, F. and Mascia, M., 1999, On the performance of Ti/SnO sub(2) and Ti/PbO anodes in electrochemical degradation of 2-chlorophenol for wastewater treatment, *J. Appl. Electrochem*, 29: 147-151.
- Putra, B.R., Darusman, L.K. and Rohaetil. E., 2013, Carbon Paste Electrode Hexadecyltrimethylammonium Bromide Modified Natural Zeolite for Chromium (VI) Detection, *Indo. J. Chem.*, 13 (12): 122-128.
- Randle, T.H. and Kuhn, A.T., 2001, The Lead Dioxide Anode “A Kinetic Study of the Electrolytic Oxidation of Cerium(III) and Manganese(II) in Sulfuric Acid at the Lead Dioxide Electrode”, *Aust.j.Chem.*
- Raouf, J.B., Ojani, R. and Nadimi, S.R., 2004, *Preparation of Polypyrrolle/ Ferrocyanide Film Modified Carbon Paste Electrode and its Application on the Electrocatalytic Determination of Ascorbic Acid*, *Electrochimica Acta*, 49: 271-280.
- Rashed, M.N. and El-Amin, A.A., 2007, Photocatalytic Degradation of Methyl Orange Aqueous TiO_2 under Different Solar Irradiation Sources, *International Journal of Physical Sciences*, 2 (3): 73-79.
- Rieger, Philip. H., 1994, *Electrochemistry, second edition*, Chapman & Hall Inc., New York.



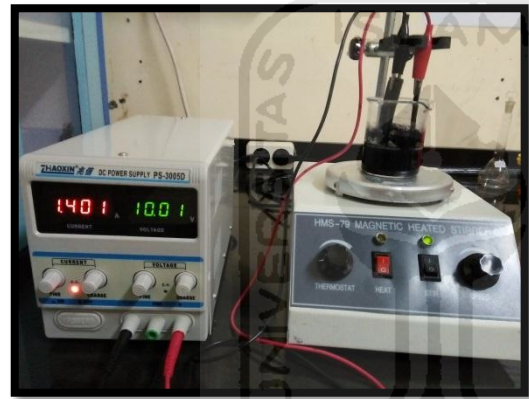

- Riyanto, 2013, *Elektrokimia dan Aplikasinya*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Riyanto, 2013, Pengolahan Limbah Zat Warna Industri Batik dengan Metode Elektrolisis Menggunakan Elektroda Komposit Karbon (C-PVC), *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Sastrohamidjojo, H., 2001, *Kimia Dasar*, UGM Press, Yogyakarta.
- Segara, A.P.B., Riawan, D.C. dan Suryoatmojo, H., 2013, Monitoring Kinerja Baterai Berbasis Timbal untuk Sistem *Photovoltaic*, *Jurnal Teknik POMITS*, 1 (1): 1-6.
- Setyawan, 2002, Pengaruh Perlakuan Asam, Hidrotermal dan Impregnasi Logam Kromium Pada Zeolit Alam dalam Preparasi Katalis, *Jurnal Ilmu Dasar*, 3 (2).
- Shen, W., Li, Z. and Liu, Y., 2008, Surface chemical functional groups modification of porous carbon, *Recent Patents on Chemical Engineering*, 1: 27-40.
- Siregar, 2007, *Limbah Cair Industri Batik di Laweyan Surakarta Mencemari Lingkungan*, Joglo Semar 5, Surakarta.
- Skoog, D.A. and West, D.M., 1991, *Principles of Instrumental Analysis*, Saunders College Publishing, New York.
- Song, Y., Wei, G. and Xiong, R., 2007, *Structure and properties of PbO₂-CeO₂ anodes on stainless steel*, College of Materials Science and Engineering, Beijing University of Chemical Technology.
- Sugiharto, 1987, *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*, Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Suharty, N.S., 1999, *Dasar-dasar Pengelolaan Limbah Industri*, Cetakan pertama, Penerbit UI Press, Jakarta.
- Sunarya, Y., 2007, *Kimia Umum*, Grahisindo, Bandung.
- Sunu, P., 2001, *Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 14001*, PT. Gramedia Widiasarana Indonesia, Jakarta.
- Suryaningrat, Widodo, 2006, *Teknologi Aki*, Fisika UPI, Bandung.
- Susanto, S.S.K., 1973, *Seni Kerajinan Batik Indonesia*, Balai Penelitian Batik dan Kerajinan, Lembaga Penelitian dan Pendidikan Industri, Departemen Perindustrian Republik Indonesia.

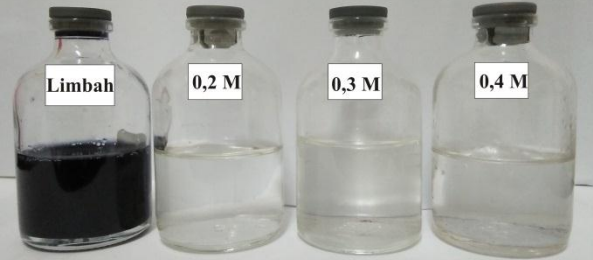

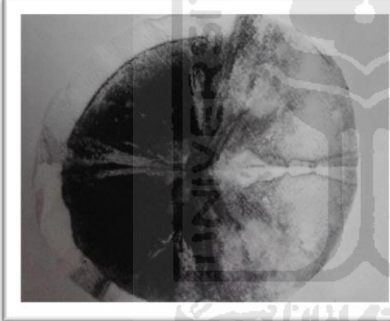

- Tissot, P and Fragniere, M., 1994, Anodic Oxidation of Cyanide on a Reticulated Three Dimensional Electrode, *J.Appl.Electrochem*,24 (6): 509.
- Tri, A., Maria, 2006, *Modifikasi Glassy Carbon dan Grafit dengan Teknik Elektrodeposisi Iridium Oksida untuk Aplikasi sebagai Elektroda Sensor Merkuri*, Karya Utama Sarjana Kimia, Departemen Kimia, FMIPA-UI, Jakarta.
- Wang, J., 1994, *Analytical Electrochemistry*, VCH Publisher, New York.
- Wardhana, W. A., 2004, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Widodo, D.S., Ismiyanto dan Noorikhlas, F., 2009, Elektroremediasi Perairan Tercemar: 3. Elektrodekolorisasi Larutan Remazol Black B dengan Elektroda Timbal Dioksida/Karbon dan Analisis Larutan Sisa Dekolorisasi, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, ISSI 1410-8917.
- Widowati, W., 2008, *Efek Toksik Logam*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Wijanto, E., 2013, *Validasi Metode Analisis Pb dengan Menggunakan Flame Spektrofotometer Serapan Atom untuk Studi Biogeokimia dan Toksisitas Logam Timbal pada Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum*)*, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
- Yoshimura, T., 1981, Investigation of the Electrode Reaction of EDTA and Other Complexanes at the Lead Dioxide Electrode in Aqueous Solutions, *Fresenius J.Analy.Chem*,307 (3): 197.

Lampiran 1. Alat, Bahan dan Hasil Elektrolisis

Tabel gambar dan hasil proses elektrolisis

No	Gambar	Keterangan
1		Elektroda PbO_2 (kiri) dan Pb (kanan) dari aki bekas motor.
2		Aki bekas motor.
3		Proses elektrolisis limbah batik dengan tegangan 9V.
4		Sampel limbah batik.

No	Gambar	Keterangan
5		<p>Hasil elektrolisis limbah batik dengan NaCl 0,2 M, 0,3 M dan 0,4 M pada tegangan 9 V.</p>
6		<p>Hasil elektrolisis limbah batik dengan Na₂SO₄ 0,2 M, 0,3 M dan 0,4 M pada tegangan 9 V.</p>
7		<p>Proses elektrolisis limbah batik dengan tegangan 10 V.</p>
8		<p>Hasil elektrolisis limbah batik dengan NaCl 0,2 M, 0,3 M dan 0,4 M pada tegangan 10 V.</p>

No	Gambar	Keterangan
9	 Four glass bottles are shown side-by-side. The first bottle on the left is labeled 'Limbah' and contains a dark, opaque liquid. The second bottle is labeled '0,2 M' and contains a light yellow liquid. The third bottle is labeled '0,3 M' and contains a light green liquid. The fourth bottle is labeled '0,4 M' and contains a light blue liquid.	Hasil elektrolisis limbah batik dengan Na_2SO_4 0,2 M, 0,3 M dan 0,4 M pada tegangan 10 V.
10	 A white funnel is placed over a glass beaker. Inside the funnel, there is a purple precipitate. The setup is used for filtering a liquid.	Proses penyaringan dari hasil elektrolisis limbah batik.
11	 A circular filter paper is shown, containing a dark, granular precipitate. The precipitate is spread across the surface of the filter paper.	Lumpur dari hasil penyaringan elektrolisis limbah batik dengan NaCl .
12	 A circular filter paper is shown, containing a dark, granular precipitate. The precipitate is spread across the surface of the filter paper.	Lumpur dari hasil penyaringan elektrolisis limbah batik dengan Na_2SO_4 .

Lampiran 2. Perhitungan Massa NaCl dan Na₂SO₄ yang Digunakan dalam Elektrolisis

a. Perhitungan Massa NaCl

1. 0,2 M

$$\begin{aligned}
 g &= \frac{M \times Mr \times mL}{1000} \\
 &= \frac{0,2 M \times 58,5 \frac{g}{mol} \times 50 mL}{1000} \\
 &= 0,585 g
 \end{aligned}$$

2. 0,3 M

$$\begin{aligned}
 g &= \frac{M \times Mr \times mL}{1000} \\
 &= \frac{0,3 M \times 58,5 \frac{g}{mol} \times 50 mL}{1000} \\
 &= 0,8775 g
 \end{aligned}$$

3. 0,4 M

$$\begin{aligned}
 g &= \frac{M \times Mr \times mL}{1000} \\
 &= \frac{0,4 M \times 58,5 \frac{g}{mol} \times 50 mL}{1000} \\
 &= 1,17 g
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Na₂SO₄

1. 0,2 M

$$\begin{aligned}
 g &= \frac{M \times Mr \times mL}{1000} \\
 &= \frac{0,2 M \times 142 \frac{g}{mol} \times 50 mL}{1000} \\
 &= 1,42 g
 \end{aligned}$$

2. 0,3 M

$$\begin{aligned}
 g &= \frac{M \times Mr \times mL}{1000} \\
 &= \frac{0,3 M \times 142 \frac{g}{mol} \times 50 mL}{1000} \\
 &= 2,13 g
 \end{aligned}$$

3. 0,4 M

$$\begin{aligned}
 g &= \frac{M \times Mr \times mL}{1000} \\
 &= \frac{0,4 M \times 142 \frac{g}{mol} \times 50 mL}{1000} \\
 &= 2,84 g
 \end{aligned}$$