



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

SKRIPSI
untuk memperoleh gelar Sarjana Kimia
pada Universitas Negeri Semarang

Oleh
Sigit Nugroho
NIM 4350408037

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2013**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi pada Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 7 Maret 2013

Pembimbing I

Pembimbing II

Agung Tri Prasetya, S.Si. M.Si
NIP. 196904041994021001

Ir. Sri Wahyuni, M.Si
NIP. 196512281991022001

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul:

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

Disusun oleh

Nama : Sigit Nugroho

NIM : 4350408037

telah dipertahankan di hadapan Sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES
pada tanggal 7 Maret 2013.

Panitia Ujian

Ketua

Sekretaris

Prof. Dr. Wiyanto, M.Si
NIP. 196310121988031001

Dra. Woro Sumarni, M.Si
NIP. 196507231993032001

Ketua Penguji

Drs. Subiyanto HS. M.Si
NIP. 195104211975011002

Anggota Penguji/
Pembimbing Utama

Anggota Penguji/
Pembimbing Pendamping

Agung Tri Prasetya, S.Si, M.Si
NIP. 196904041994021001

Ir. Sri Wahyuni, M.Si
NIP. 196512281991022001

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis di dalam skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah. Apabila dikemudian hari terbukti skripsi ini adalah hasil jiplakan dari karya tulis orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku

Semarang, 7 Maret 2013

Sigit Nugroho

NIM 4350408037

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

- Tak Pernah Ada Usaha Yang Sia-Sia
- 10 Langkah di Hari Ini Adalah 1 Langkah di Hari Esok
- Semua pikiran adalah rencana, maka pikirkanlah dengan baik sebelum mengerjakan sesuatu agar didapat hasil yang baik

PERSEMBAHAN

- Tuhan Yesus Kristus atas segala nikmat, karunia dan anugrahNya
- Untuk Ayah dan Ibu, keluarga Suatu Persembahan Spesial Yang Saya Berikan Untuk Kalian
- BFOC '08 yang telah memberikan senyum setiap hari, dimanapun dan sampai kapanpun

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Elektrodegradasi *Indigosol Golden Yellow IRK* Dalam Limbah Batik Dengan Elektroda Grafit (C)”.

Dalam penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan yang tidak ternilai harganya. Untuk itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah memberikan izin penelitian.
2. Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
3. Ketua Prodi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
4. Bapak Agung Tri Prasetya, S.Si, M.Si selaku Pembimbing I yang senantiasa memberi petunjuk, pengarahan hingga selesainya skripsi ini.
5. Ibu Ir. Sri Wahyuni, M.Si selaku Pembimbing II atas petunjuk dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak Drs. Subiyanto H.S, M.Si selaku Penguji Utama yang telah memberikan pengarahan, kritikan membangun sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia yang telah memberikan bekal dalam penyusunan skripsi ini.
8. Laboran serta teknisi laboratorium Kimia UNNES atas bantuan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian.
9. Kedua orang tua dan keluarga atas doa dan motivasinya sehingga penulis dapat menyelesaikan studi.
10. Teman-teman *Big Family Of Chemistry '08* atas motivasinya sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini.

11. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhirnya, penulis berharap mudah-mudahan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Semarang, 7 Maret 2013

Penulis

ABSTRAK

Nugroho, Sigit. 2013. *Elektrodegradasi Indigosol Golden Yellow IRK Dalam Limbah Batik Dengan Elektroda Grafit*. Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Agung Tri Prasetya, S.Si, M.Si dan Pembimbing Pendamping Ir. Sri Wahyuni, M.Si.

Kata Kunci: Limbah zat warna; Degradasi; Indigosol Golden Yellow IRK; Elektrolisis

Pencemaran lingkungan oleh zat warna sisa pembuatan batik semakin meningkat, sehingga perlu dikembangkan metode pengolahan limbah yang mampu mengatasi pencemaran oleh zat warna. Penelitian ini bertujuan untuk mencari kondisi optimum yang meliputi pH larutan, kuat arus yang digunakan dan konsentrasi elektrolit untuk menurunkan kadar zat warna dalam larutan dengan metode elektrolisis. Pengolahan limbah dilakukan dengan mengelektrolisis Indigosol Golden Yellow IRK sebanyak 100 mL konsentrasi 100 ppm dengan potensial 6 V selama 30 menit variasi pH 2,4,6, variasi kuat arus 0.5;1;5 ampere dan konsentrasi elektrolit 0.5;1;2 M. Analisis *GC-MS* dikerjakan pada sampel setelah ekstraksi. Larutan sisa elektrolisis diekstraksi dengan dietil eter, filtrat yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan *GC-MS*. Data pengamatan menghasilkan kondisi optimum pH 4, kuat arus 1 A dan konsentrasi elektrolit 0,5 M. Aplikasi kondisi optimum ke limbah batik mampu menurunkan konsentrasi zat warna indigosol golden yellow IRK mula-mula 917,5 ppm menjadi 86 ppm atau turun sebesar 90%. Data *GC-MS* setelah elektrolisis, menunjukkan Indigosol Golden Yellow IRK terdegradasi menjadi senyawa karbon rantai pendek. Perlu penelitian tentang pengaruh jarak elektroda dan waktu dalam proses elektrolisis zat warna Indigosol Golden Yellow IRK.

ABSTRACT

Nugroho, Sigit. 2013. *Elektrodegradation dyes Indigosol Golden Yellow IRK in waste Batik with Elektrode Grafit (C)*. Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Agung Tri Prasetya, S.Si, M.Si dan Pembimbing Pendamping Ir. Sri Wahyuni, M.Si.

Keywords: Waste dye; degradation; Indigosol Golden Yellow IRK; Electrolysis

Environmental pollution by residual dye batik making is increasing, so the need to develop waste treatment method that is able to cope with contamination by the dye. This study aims to find the optimum conditions including pH, strong currents used and the concentration of the electrolyte to reduce levels of dyes in solution by electrolysis method. Waste treatment is done by electrolyzing Indigosol Golden Yellow IRK as 100 mL concentration of 100 ppm with a potential 6 V for 30 min pH variation 2,4,6, strong variations in the flow of 0.5:1, 5 amperes and electrolyte concentrations 0.5, 1, 2 M. GC-MS analysis done on the samples after extraction. Electrolysis remaining solution was extracted with diethyl ether, the filtrate obtained was analyzed using GC-MS. Observational data produce optimum conditions pH 4, a strong current of 1 A and electrolyte concentration 0.5 M. Applications to waste batik optimum conditions can reduce the concentration of golden yellow color indigosol IRK initially 917.5 ppm to 86 ppm, down by 90%. GC-MS data after electrolysis, showed Indigosol Golden Yellow IRK degraded to short-chain carbon compounds. Need to research on the effect of electrode distance and time in the process of electrolysis Indigosol dyes Golden Yellow IRK.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN	iv
MOTTO.....	v
PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I : PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	4
1.2. Permasalahan	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Limbah Batik	6
2.2. Zat Warna	10
2.3. Elektrodegradasi Limbah Cair Batik	13
2.4. Elektrolit.....	18
BAB III : METODE PENELITIAN	
3.1. Sampel Penelitian	19
3.2. Variabel Penelitian	19
3.3. Alat dan Bahan	19
3.4. Prosedur Kerja	20

BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Menentukan Maksimum Zat Warna Indigosol Golden Yellow IRK	25
4.2. Menentukan Kurva Kalibrasi Standar Indigosol Golden Yellow Berbagai pH.....	26
4.3. Penentuan pH Optimum Pada Proses elektrolisis Zat Warna Indigosol Golden Yellow IRK.....	28
4.4. Penentuan Kuat Arus Optimum Pada Proses elektrolisis Zat Warna Indigosol Golden Yellow IRK	31
4.5. Penentuan Konsentrasi elektrolit NaCl Optimum Pada Proses elektrolisis Zat Warna Indigosol Golden Yellow IRK.....	33
4.6. Degradasi Zat Warna Indigosol Golden Yellow IRK Pada Limbah Batik.....	35
4.7. Tahap Analisis GC-MS	36

BAB V : PENUTUP

5.1. Simpulan	38
5.2. Saran	38

DAFTAR PUSTAKA	40
----------------------	----

LAMPIRAN.....	43
---------------	----

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Zat Pencemar Dalam Proses Pembuatan Batik.....	9
2. Kalibrasi Larutan Zat Warna Indigosol Golden <i>Yellow IRK pH 2</i>	47
3. Kalibrasi Larutan Zat Warna Indigosol Golden <i>Yellow IRK pH 4</i>	47
4. Kalibrasi Larutan Zat Warna Indigosol Golden <i>Yellow IRK pH 6</i>	47
5. Absorbansi Dan % Penurunan Konsentrasi Zat Warna Indigosol Golden <i>Yellow IRK</i>	48
6. Penentuan pH Optimum Zat Warna Indigosol Golden <i>Yellow IRK</i>	49
7. Penentuan pH Optimum Zat Warna Indigosol Golden <i>Yellow IRK</i>	49
8. Penentuan Kuat Arus Optimum Zat Warna Indigosol Golden <i>Yellow IRK</i>	49
9. Penentuan Konsentrasi Optimum Zat Warna Indigosol Golden <i>Yellow IRK</i>	49
10. Kalibrasi Larutan Zat Warna Indigosol Golden <i>Yellow IRK untuk aplikasi pada limbah batik</i>	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur Indigosol Golden Yellow IRK	12
2. Peralatan Elektrolisis	13
3. Proses Oksidasi Reduksi Pada Elektrodegradasi	14
4. Prinsip Kerja Elektrodegradasi	14
5. Kurva Kalibrasi Standar Indigosol (0 – 100 ppm) pH 6	27
6. Kurva Kalibrasi Standar Indigosol (0 – 100 ppm) pH 4	27
7. Kurva Kalibrasi Standar Indigosol (0 – 100 ppm) pH 2	28
8. Grafik pH Dengan % Penurunan konsentrasi zat warna pada kuat arus 0,5 A	29
9. Grafik pH Dengan % Penurunan konsentrasi zat warna pada Penambahan konsentrasi elektrolit 0,5 M	30
10. Distribusi Hasil Reaksi $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ Pada Berbagai pH	31
11. Grafik Kuat Arus Terhadap % Penurunan Konsentrasi Zat Warna	32
12. Grafik Variasi Konsentrasi Elektrolit Terhadap % Penurunan Konsentrasi Zat Warna Pada Kuat Arus 1 A	34
13. Konsentrasi Limbah Sebelum Dan Sesudah Elektrolisis	35
14. Hasil analisis GC-MS larutan setelah elektrolisis	36
15. Spectrum GC-MS pada RT = 1.44 menit	37
16. Maksimum pada pH 2	66
17. Maksimum pada pH 4	66
18. Maksimum pada pH 6	66
19. Larutan indigosol golden yellow 1000 ppm	67
20. Pengesetan pH	67
21. Larutan untuk uji panjang gelombang pH 2, 4, 6 dari kiri	68
22. Larutan Indigosol Golden Yellow IRK 20-100 ppm untuk kurva kalibrasi	68
23. Proses Elektrolisis	69

24. Sesudah Elektrolisis	69
25. Limbah Batik.....	70
26. Sampel Untuk Uji GC-MS	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Diagram Alir	43
2. Tabel	47
3. Perhitungan	51
4. Dokumentasi	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring perkembangan zaman proses industri menjadi sangat maju. Penggunaan teknologi yang canggih serta bahan-bahan sintesis pada pabrik maupun *home industry* telah menggantikan alat-alat tradisional dan bahan baku alami. Proses produksi batik banyak menggunakan zat-zat kimia yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Pada umumnya zat-zat pencemar dalam proses pembuatan batik dapat berupa zat warna maupun bahan padatan yang terlarut dalam air. Proses tersebut meliputi pewarnaan dan *bleaching*. Zat kimia yang digunakan dalam proses tersebut biasanya terlarut dalam air dan dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu.

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

Pewarna jenis *indigosol* sering digunakan karena menghasilkan warna yang cerah dan tidak mudah memudar, namun air bekas cucuannya 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).

Pengolahan limbah dapat dilakukan secara kimia, fisika, maupun biologi. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengolah limbah batik. Secara kimia terdapat beberapa metode pengolahan limbah cair diantaranya reaksi fotokatalitik (Rashed & El-Amin, 2007), adsorpsi (Jannantin *et al.*, 2003), koagulasi (Sianita & Nurcahyati, 2008 ; Kobaya *et al.*, 2003). Cara ini memiliki kelemahan yang mendasar yaitu menghasilkan limbah lain berupa *sludge* sehingga perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah tersebut. Secara fisika terdapat pengolahan dengan metode sedimentasi namun metode ini kurang cocok karena hanya mengendapkan limbah dan butuh pengolahan lebih lanjut terhadap limbah yang terendapkan. Pengolahan limbah secara biologi juga sudah sering dilakukan dengan memanfaatkan organisme tertentu (Wiloso, 1999) namun hasilnya kurang efektif karena metode ini membutuhkan waktu yang cukup lama dalam penghilangan zat warna.

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

Beberapa penelitian-penelitian elektrodegradasi telah banyak dilakukan. Panizza *et al.*, (2006) membandingkan penggunaan dua anoda *boron-doped diamond* dan TiRuO_2 dan sebagai katoda keduanya menggunakan *stainless steel*, mendapatkan hasil penghilangan warna sebesar 80% setelah 25 menit dengan kuat arus 60 mA cm^{-2} dengan konsentrasi Cl^- $1,2 \text{ g dm}^{-3}$ dan menurunkan COD mendekati 0 mg setelah 200 menit dari kedua elektroda tersebut. Penggunaan anoda TiRuO_2 dapat lebih cepat mendegradasi dan menghilangkan warna dalam proses pengolahan limbah. Rajkumar & Kim (2006) menggunakan elektroda titanium untuk katoda dan *stainless steel* sebagai anoda. Proses ini mampu menghilangkan COD 39,5 sampai 82,8% dan TOC 11,3 sampai 44,7%, pada volume sampel (100 mg/L) pada kondisi optimum konsentrasi NaCl 1,5 g/L dan kuat arus $36,1 \text{ mA cm}^{-2}$.

Pada penelitian ini akan dipilih elektroda grafit (C) dari baterai bekas sebagai elektroda untuk mengganti elektroda Titanium, TiRuO_2 , Pt, *Boron-Doped Diamond* yang selama ini digunakan dalam proses pengolahan limbah. Bahan grafit (C) memiliki kekuatan dan ketahanan fisik yang baik pada kondisi elektrolisis biasa (potensial tidak terlalu tinggi), dan dapat digunakan dalam waktu yang lama pada densitas arus tinggi (Widodo *et al.*, 2012). Beberapa penelitian-penelitian yang memanfaatkan bahan ini untuk berbagai keperluan, seperti sebagai elektroda dalam oksidasi ion CN^- (Tissot & Fragniere, 2006), oksidasi asam sulfat (Randle & Kuhn, 2001), oksidasi EDTA (Yoshimura, 1981) dan oksidasi limbah organik (Li *et al.*, 2006). Fakta tersebut menunjukkan bahwa grafit (C) dapat

digunakan sebagai elektroda yang cukup baik untuk berbagai proses dan kondisi elektrolisis.

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

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

1.2. Permasalahan

Berdasarkan uraian tersebut, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Berapa pH optimum pada proses elektrodegradasi zat warna *Indigosol Golden Yellow IRK* dalam limbah batik ?
2. Berapa kuat arus optimum pada proses elektrodegradasi zat warna *Indigosol Golden Yellow IRK* dalam limbah batik ?
3. Berapa konsentrasi elektrolit NaCl optimum pada proses elektrodegradasi zat warna *Indigosol Golden Yellow IRK* pada limbah batik ?

4. berapa penurunan konsentrasi *Indigosol Golden Yellow IRK* di aplikasi pada limbah batik pada kondisi optimum ?

1.3. Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui pH optimum pada proses elektrodegradasi *Indigosol Golden Yellow IRK* dalam limbah batik.
2. Mengetahui kuat arus optimum pada proses elektrodegradasi *Indigosol Golden Yellow IRK* dalam limbah batik.
3. Mengetahui konsentrasi optimum elektrolit NaCl pada proses elektrodegradasi *Indigosol Golden Yellow IRK* dalam limbah batik.
4. Mengetahui penurunan konsentrasi *Indigosol Golden Yellow IRK* di aplikasi pada limbah batik pada kondisi optimum.

1.4. Manfaat penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah :

1. Menyajikan salah satu metode alternatif dalam mengolah limbah batik.
2. Memberikan referensi kepada peneliti selanjutnya supaya mendapatkan kondisi variabel yang tepat dalam degradasi zat warna pada limbah batik dengan metode elektodegradasi.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 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.

2.1.1 Karakter fisika

Karakter fisika air limbah meliputi temperatur, bau, warna, dan padatan. Temperatur menunjukkan derajat atau tingkat panas air limbah. Adanya bau pada air limbah menunjukkan adanya komponen-komponen lain di dalam air. Menurut Rini *et al* (2008), warna pada air limbah biasanya disebabkan oleh adanya materi terlarut, tersuspensi, dan senyawa-senyawa koloid yang dapat dilihat dari spektrum warna yang terjadi. Padatan yang terdapat di dalam air limbah dapat diklasifikasikan menjadi limbah yang terapung, terlarut, atau tersuspensi.

2.1.2 Karakter kimia

Karakter kimia air limbah meliputi keberadaan senyawa organik dan senyawa anorganik. Senyawa organik adalah karbon yang dikombinasi dengan satu atau lebih elemen-elemen lain Saat ini terdapat lebih dari dua juta senyawa organik yang telah diketahui. Senyawa anorganik terdiri atas semua kombinasi elemen yang bukan tersusun dari karbon organik. Karbon anorganik dalam air limbah pada umumnya terdiri atas mineral-mineral, baik tersuspensi maupun terlarut, misalnya, klorida, ion hidrogen, nitrogen, fosfor, logam berat dan asam (Kasam *et al.*, 2009). Dalam limbah batik terdapat beberapa senyawa kimia yang paling tinggi onentrasinya adalah zat warna.

2.1.3 Karakter biologis

Mikroorganisme ditemukan dalam jenis yang sangat bervariasi hampir dalam semua bentuk air limbah. Kebanyakan merupakan sel tunggal yang bebas ataupun berkelompok dan mampu melakukan proses kehidupan (tumbuh, metabolisme, dan reproduksi). Secara tradisional, mikroorganisme dibedakan

menjadi binatang dan tumbuhan. Mikroorganisme kemudian dimasukkan ke dalam kategori protista. Keberadaan bakteri dalam unit pengolahan air limbah merupakan kunci efisiensi proses biologis.

Limbah industri batik cenderung memiliki karakteristik kimia, banyak senyawa-senyawa kimia yang terkandung didalamnya. Senyawa kimia yang terlarut dalam limbah terutama senyawa pewarna merupakan limbah utama yang sangat cocok untuk diolah dengan metode elektrodegradasi. Beberapa peneliti juga memanfaatkan metode ini untuk menurunkan angka COD pada limbah industri yang mengandung pewarna.

Air bekas cucian pembuatan batik yang menggunakan bahan-bahan kimia banyak mengandung zat pencemar yang dapat mengakibatkan gangguan terhadap lingkungan, kehidupan manusia, binatang, maupun tumbuh-tumbuhan. Zat warna dapat mengakibatkan penyakit kulit dan yang sangat membahayakan adalah dapat mengakibatkan kanker kulit.

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).

Pada setiap proses pembuatan batik akan menghasilkan bahan yang dapat mencemari lingkungan seperti dilihat 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 Minyak kacang Air	Air bekas proses pengetelan Air pencucian
Pengeringan	Tapioka	Air bekas proses
Penghalusan	Air	kain
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/colet	Naphtol, Kostik soda, TRO, Air	pencelupan
Pencucian I	Zw. Indigosol, Natrium nitrit,	Air pencucian I,
Pencucian II	Asam klorida, Air Zw. Reaktif, Garam dapur, Kostik soda, Soda abu, Air, Natrium silikat, zat pembasah Zw. Rapid, Kostik soda, Air Zw. Indanthren, Kostik soda, Natrium hidrosulfit, Zat pembasah, Garam dapur, Hidrogen peroksida, Asam asetat, Air Zat warna alam : Kayu jambal, Tingi, Tegeran, Nila, Indigo sintesis Tunjung, tawas, kapur	Air pencucian II, dst. Uap dari Asam klorida, Asam asetat, Natrium hidrosulfit Larutan asam klorida Limbah padat : potongan kayu, daun nila, kapur
Penganjian tipis	Tapioka, air	Air Limbah : tunjung, 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		

(Sumber : Baku Mutu : Kep. Gubernur Kepala DIY. No: 281/ KPTS/ 1998)

2.2 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 pematikan 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.

Zat warna *naftol* dibedakan menjadi :

1) Beta *Naftol* (Zat Es)

Merupakan zat warna azo yang lama, jumlah warnanya terbatas, yang ada hanya merah. Orange, biru dan hijau hampir tidak ada. Golongan zat ini mempunyai ketahanan luntur yang baik, juga tahan klor tetapi tidak begitu tahan terhadap gosokan.

2) *Naftol As*

Merupakan zat warna azo yang baru, jumlah warnanya banyak dan hampir semua warna ada. Senyawa-senyawa *naftol As* mempunyai daya serap terhadap selulosa sehingga proses pengeringan setelah pencelupan dengan senyawa tersebut tidak perlu dikerjakan lagi. Demikian pula tahan gosok dan hasil celupan lebih baik karena *naftol As* sedikit mengadakan pencampuran ke dalam garam diazonium sewaktu proses pembangkitan.

b. Zat Warna Indigosol

Zat warna *Indigosol* atau bejana larut adalah zat warna yang ketahanan lunturnya baik, berwarna rata, dan cerah. Zat warna ini dapat dipakai secara pencelupan dan coletan. Warna dapat timbul setelah dibangkitkan dengan oksidasi oleh natrium nitrit dan asam/ asam sulfat atau asam florida.

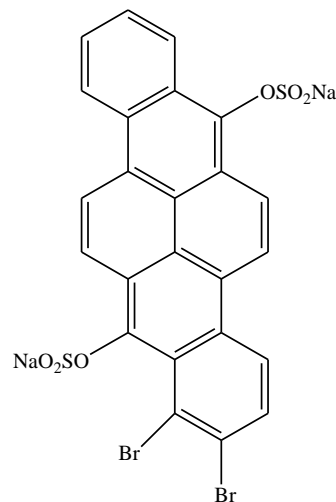
c. Zat Warna Reaktif

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.

d. Zat Warna Indanthreen

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).

Dalam penelitian ini akan diteliti limbah yang mengandung zat warna *Indigosol Golden Yellow IRK*. Dari beberapa jenis zat warna yang sering digunakan dalam pembuatan batik, zat warna ini termasuk dalam golongan *indigosol*. Zat warna ini sering dipakai dalam proses pembuatan batik karena dapat menghasilkan warna yang stabil dan lebih tahan lama. *Indigosol Golden Yellow IRK* memiliki rumus molekul $C_{24}H_{12}Br_2Na_2O_8S_2$ dan memiliki massa molekul 698 g/mol.

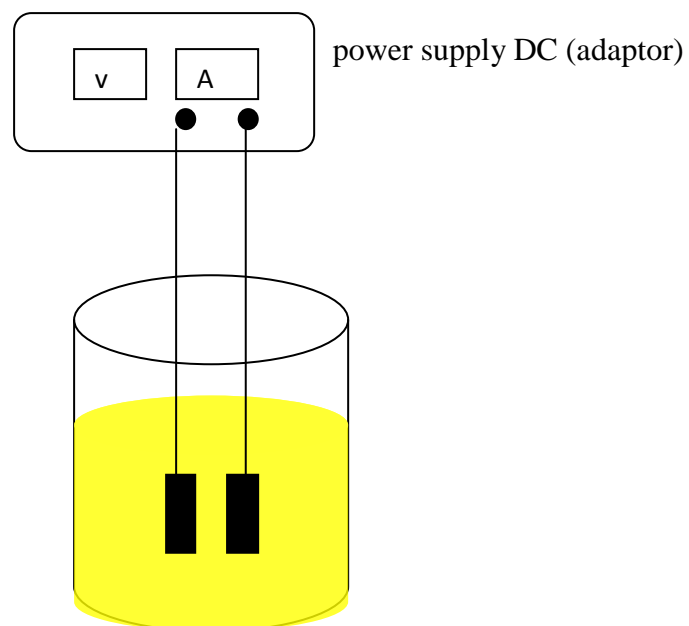


Gambar 1. Struktur Indigosol Golden Yellow IRK

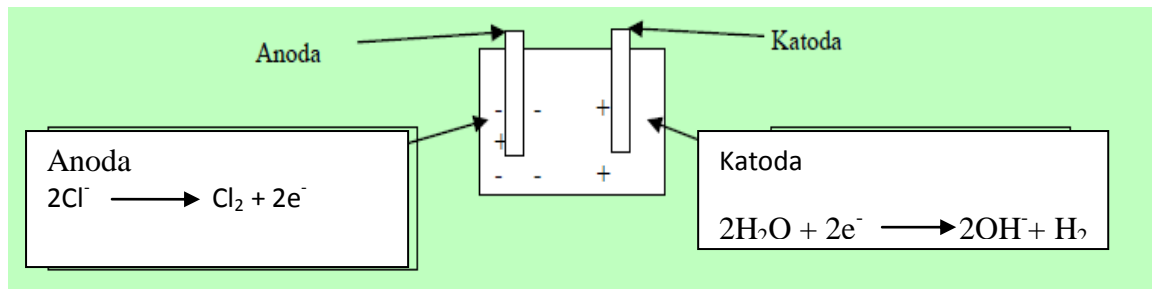
2.3 Elektrodegradasi Limbah Cair Batik

Elektrodegradasi merupakan suatu proses degradasi kontinyu dengan menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrolisis, yaitu gejala dekomposisi elektrolit. Metode elektrodegradasi limbah sudah dilakukan oleh beberapa negara maju dalam upaya pengolahan limbah. Berikut ini kelebihan dari elektrodegradasi :

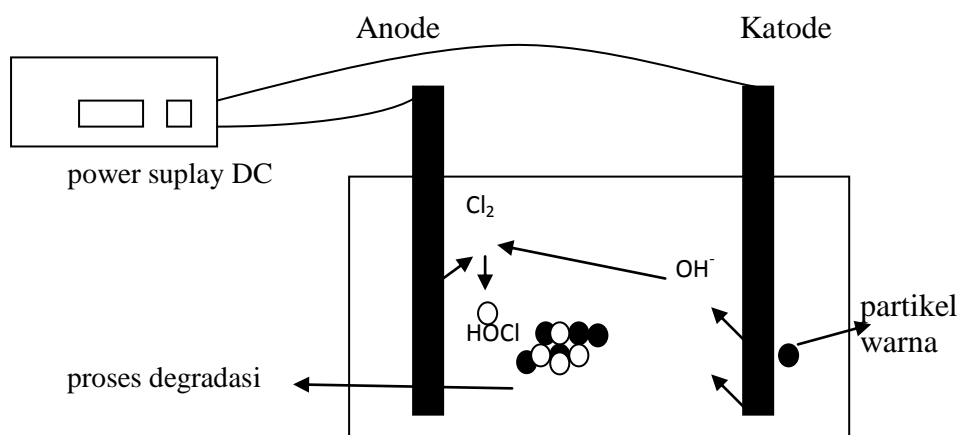
- a. Elektrodegradasi tidak memerlukan peralatan yang rumit dan mudah untuk dioperasikan sebagaimana disajikan Gambar 2.
- b. Tidak menghasilkan limbah lain berupa *sludge*.
- c. Lebih cepat mereduksi kandungan koloid/partikel yang paling kecil. Hal ini disebabkan penggunaan listrik ke dalam air akan mempercepat pergerakan partikel di dalam air sehingga akan memudahkan proses.



Gambar 2. Peralatan elektrolisis

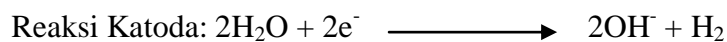


Gambar 3. Proses oksidasi reduksi pada elektrodegradasi

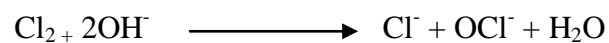
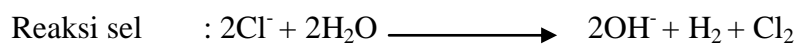


Gambar 4. Prinsip kerja elektrodegradasi

Dari Gambar 3 dan Gambar 4 dijelaskan bahwa prinsip kerja elektrodegradasi dalam menurunkan konsentrasi warna yaitu dengan memanfaatkan reaksi redoks pada kedua elektroda. Mekanisme reaksi pembentukan yang terjadi pada batangan anoda dan katoda dapat ditunjukkan pada reaksi sebagai berikut:



+



Pada katoda terbentuk gas H_2 dan OH^- sebagai hasil dari reduksi H_2O . Ion Na^+ tidak mengalami reduksi karena E^0 reduksi air lebih besar dibandingkan dengan E^0 ion Na^+ , sehingga air lebih mudah mengalami reduksi membentuk gas hidrogen dan ion hidroksida. Pada anoda yang terbentuk Cl_2 karena grafit (C) merupakan elektroda yang inert sehingga tidak ikut bereaksi, sehingga pada elektrolisis larutan mengandung ion Cl^- , maka ion Cl^- yang lebih mudah dioksidasi dibandingkan dengan air sehingga yang teroksidasi membentuk Cl_2 . Dalam proses ini akan terjadi proses reaksi reduksi air menjadi gas hidrogen dan ion hidroksida pada katoda, sedangkan pada anoda terjadi reaksi oksidasi ion Cl^- menjadi gas Cl_2 . Klor (Cl_2), asam hipoklorit ($HOCl$), dan ion hipoklorit (OCl^-) merupakan agen pengoksidasi yang kuat dan sering digolongkan ke dalam klor aktif (Deborde & Von Gunten, 2008)

Proses degradasi zat warna dalam limbah dimulai ketika terbentuk klor aktif dari hasil reaksi pada katoda dan pada anoda dalam larutan. Klor aktif memiliki kemampuan untuk mendegradasi zat warna di dalam limbah karena merupakan oksidator yang sangat kuat.

Reaksi elektrodegradasi oleh klor aktif menurut Pepio & Gutierrez-Bouzan (2011) senyawa zat warna mengalami degradasi menjadi senyawa-senyawa penyusunnya melalui proses oksidasi sehingga sudah tidak membahayakan ketika dibuang ke lingkungan.

Ghalwa & Latif (2005) meneliti elektrodegradasi zat warna *Acid Green* menggunakan elektroda PbO_2 dan Ti dengan konsentrasi zat warna dan konsentrasi bahan organik (COD) sebagai obyek 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 $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 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.

Panizza *et al* (2006) membandingkan penggunaan dua anoda *boron-doped diamond* dan TiRuO_2 dan sebagai katoda keduanya menggunakan *stainless steel* dan elektrolit Na_2SO_4 . 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 pewarana dan penghilangan warna sebesar 80% setelah 50 menit dan menurunkan COD mendekati 0 mg setelah 200 menit.

Rajkumar & Kim (2006) melakukan penelitian tentang pewarna reaktif dalam limbah tekstil dengan elektroda titanium untuk katoda dan *stainless steel* sebagai anoda. Elektroda mempunyai luas efektif $27,7 \text{ cm}^2$ dan jarak antara elektroda 10 mm dengan larutan elektrolit NaCl 1-5 M dan variasi pH antara 4-9. Adaptor yang digunakan untuk mengaliri listrik ke elektroda sebesar 0,5-3 Ampere. Proses ini mampu menghilangkan mendegradasi warna sebesar 73,5% dari konsentrasi awal pada volume sampel (100 mg/L) dan kondisi optimum konsentrasi NaCl 1,5 g/L dan kuat arus $36,1 \text{ mA/cm}^2$, pH larutan 6.

Chatzisyneon *et al* (2006) melakukan penelitian tentang pengolahan limbah pewarna dengan proses elektrokimia menggunakan titanium sebagai anoda dan *stainless steel* sebagai katoda dengan variasi konsentrasi elektrolit sebesar 0,5,1-4%, pH 3, 6, 9 dan kuat arus rentang 5-20 Ampere dengan waktu elektrolisis 30-180 menit. Oksidasi elektrokimia ini dapat mendegradasi 90% zat warna dari konsentrasi awal dari limbah dalam waktu 30 menit.

Dari beberapa penelitian tersebut menunjukkan proses elektrodegradasi sangat baik dalam mengolah limbah yang mengandung zat pewarna. variabel-variabel pada proses elektrodegradasi menunjukkan hasil yang maksimal pada kondisi pH larutan asam, dengan penggunaan elektrolit NaCl 1-2 g/L. hasil ini digunakan sebagai panduan dalam menentukan variabel-variabel pada penelitian ini antara lain pH berkisar 2-6, konsentrasi elektrolit 0,5-2 M dan kuat arus 3-9 A.

Reaksi kimia yang terjadi pada proses elektrodegradasi yaitu reaksi reduksi oksidasi, yaitu sebagai akibat adanya arus listrik searah (DC). Pada reaksi ini terjadi pergerakan dari ion-ion yaitu ion positif (disebut kation) yang bergerak pada katoda yang bermuatan negatif, sedangkan ion-ion negatif bergerak menuju anoda yang bermuatan positif yang kemudian ion-ion tersebut dinamakan sebagai anion (bermuatan negatif).

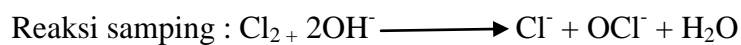
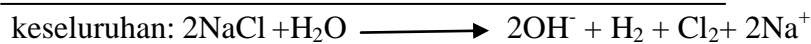
2.4 Elektrolit

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 dikarenakan penggunaan grafit (C) yang merupakan 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.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Sampel Penelitian

Sampel dalam penelitian ini adalah limbah cair batik yang diambil dari Lasem.

3.2. Variabel Penelitian

3.2.1. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kuat arus (0,5:1:5 ampere), konsentrasi elektrolit NaCl (0,5; 1; 2 M) dan pH larutan 2, 4, 6.

3.2.2. Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah konsentrasi *Indigosol Golden Yellow IRK* dalam larutan limbah batik setelah proses elektrolisis.

3.2.3. Variabel Terkedali

Variabel terkedali dalam penelitian ini adalah Jenis elektroda yaitu grafit (C), tegangan elektrolisis 6 volt, volume sampel yang dielektrolisis 100 mL, Waktu elektrolisis selama 30 menit.

3.3. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Seperangkat alat gelas, Neraca analitik mettertoledo, pH meter walklab, Elektroanaliser Montana, Spektrofotometer UV–Vis Simadzu tipe UV mini 1240, Kertas saring whatman, Stopwatch, *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS) Shimadzu QP-2010s

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Batang grafit (C) dari baterai bekas, Akuades, Pewarna *Indigosol Golden Yellow IRK*, H_2SO_4 E-Merck (95-97%, Mr = 98,08 g/mol), NaOH E-Merck (99%, Mr = 39,9970 g/mol), Natrium tiosulfat E-Merck ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) (100% Mr = 158 g/mol), NaCl E-Merck (99,5% Mr = 58,5), Dietil eter E-Merck, KBrO_3 E-Merck, Amilum E-Merck, NaNO_3 E-Merck.

3.4. Prosedur Kerja

3.4.1. Preparasi Bahan

1. Larutan Natrium Thiosulfat 0,01 N

Dibuat $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,1 N dengan cara melarutkan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 1,2400 g dalam labu takar dengan akuades sampai menjadi 500 mL. Larutan ini distandarisasi dengan Larutan KBrO_3 0,016 N

2. Pembuatan KBrO_3 0,016 N

Dibuat KBrO_3 0,016 N dengan cara melarutkan KBrO_3 sebanyak 0,2780 g dalam labu takar dengan akuades sampai menjadi 100 mL

3. Pembuatan H_2SO_4 4 M

Sebanyak 22,2 mL H_2SO_4 96% dimasukkan kedalam labu takar 100 mL, kemudian ditambah akuades dialirkan melalui dinding sampai tanda batas dan dikocok.

4. Pembuatan amilum 1%

Menimbang 1 gram amilum kemudian ditambahkan 99 mL akuades yang mendidih aduk sampai larut kemudian didinginkan.

5. Persiapan Larutan Sampel indigosol Golden Yellow 1000 ppm

Sebanyak 1,00 gram serbuk *Indigosol Golden Yellow IRK* dilarutkan dalam akuades panas 100 mL panas dan ditambah NaNO_3 2 gram kemudian diencerkan hingga volume 1 Liter

3.4.2. Menentukan Panjang Gelombang Maksimum

Larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* 20 ppm dikondisikan pada pH 2 dengan penambahan H_2SO_4 , diukur absorbansinya pada rentang panjang gelombang dari 400 nm hingga 1100 nm dengan interval 5 nm. Setelah memperoleh data kemudian dibuat grafik dengan absorbansi sebagai sumbu y dan panjang gelombang sebagai sumbu x. Puncak grafik menunjukkan panjang gelombang maksimum. Perlakuan tersebut diulang untuk larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* 100 ppm pada pH 4, dan 6.

3.4.3. Membuat kurva kalibrasi *Indigosol Golden Yellow IRK*

Larutan seri *Indigosol Golden Yellow IRK* dengan konsentrasi 0, 20, 40, 60, 80, 100 ppm dikondisikan pada pH 2 diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Kemudian dibuat kurva kalibrasi antara absorbansi dengan konsentrasi larutan. Perlakuan tersebut diulang untuk larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* yang dikondisikan pada pH 4 dan 6.

3.4.4. Menguji Konsentrasi Klor Aktif Dengan Metode Iodometri

Aquades 100 ml ditambah 2,925 gram NaCl (0,5 M) dikondisikan pH 2 dengan penambahan H_2SO_4 , kemudian larutan dielektrolisis dengan kuat arus 3 Ampere dan tegangan 6 Volt selama 30 menit.

Larutan setelah elektrolisis diambil sebanyak 25 ml dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 ml, sampel setelah elektrolisis ditambahkan Kristal KI 1 gram dan 2,5 ml asam sulfat kemudian ditambah dengan indikator larutan amilum hingga muncul warna biru. Setelah itu, dititrasi dengan Natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1 N hingga warna biru menghilang. Natrium tiosulfat yang dibutuhkan dicatat dan dilakukan penghitungan kadar klor aktif (ppm).

3.4.5. Menentukan pH Optimum

Indigosol Golden Yellow IRK 100 ppm sebanyak 100 mL ditambah 2,925 gram NaCl (0,5 M) dikondisikan pH 2 dengan penambahan H_2SO_4 , Absorbansi larutan diukur dengan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimal

Kemudian larutan dielektrolisis dengan kuat arus 3 Ampere dan tegangan 6 Volt selama 30 menit. Absorbansi larutan hasil elektrolisis diukur kembali dengan spektrofotometer UV-Vis. Perlakuan tersebut diulang untuk variasi pH 4 dan 6, konsentrasi elektrolit 1 M, 2 M dan variasi kuat arus 6 A, 9A.

3.4.6. Menentukan Kuat Arus Optimum

Larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* 100 ppm sebanyak 100 mL ditambah 2,925 gram NaCl (0,5 M) dikondisikan pH 2 dengan penambahan H_2SO_4 , Absorbansi larutan diukur dengan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimal, Kemudian larutan dielektrolisis dengan kuat arus 3 Ampere dan tegangan 6 Volt selama 30 menit. Absorbansi larutan hasil elektrolisis diukur

kembali dengan spektrofotometer UV-Vis. Perlakuan tersebut diulang untuk variasi pH 4 dan 6, konsentrasi elektrolit 1 M, 2 M dan variasi kuat arus 6 A, 9A.

3.4.7. Menentukan Konsentrasi Elektrolit NaCl Optimum

Larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* 100 ppm sebanyak 100 mL ditambah 2,925 gram NaCl (0,5 M) dikondisikan pH 2 dengan penambahan H₂SO₄, Absorbansi larutan diukur dengan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimal

Kemudian larutan dielektrolisis dengan kuat arus 3 Ampere dan tegangan 6 Volt selama 30 menit. Absorbansi larutan hasil elektrolisis diukur kembali dengan spektrofotometer UV-Vis. Perlakuan tersebut diulang untuk variasi pH 4 dan 6, konsentrasi elektrolit 1 M, 2 M dan variasi kuat arus 6 A, 9A.

3.4.8. Aplikasi Pada Limbah Batik

Sampel limbah batik sebanyak 100 ml, Dikondisikan pada pH Diukur absorbansinya, kemudian ditambahkan elektrolit optimum dan dielektrolisis dengan kuat arus optimum selama 30 menit. Kemudian larutan setelah dielektrolisis diukur absorbansinya. dan diuji GC-MS.

3.4.9. Uji GC-MS

Sampel limbah batik sebanyak 100 ml setelah elektrolisis diambil sebanyak 5 ml kemudian diekstrak dengan dietil eter. Susudah itu diambil fase orgaikya dan diuji dengan GC-MS.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas mengenai data-data hasil penelitian yang meliputi kajian tentang mencari maksimum, pH optimum, konsentrasi elektrolit NaCl optimum dan kuat arus optimum. Kemudian dilanjutkan dengan aplikasi kondisi optimum terhadap elektrodegradasi zat warna Indigosol Golden Yellow IRK pada limbah batik. Penelitian ini dilakukan di laboratorium kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang pada bulan November sampai Februari meliputi persiapan sampel, preparasi sampel, analisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dan analisis kandungan zat warna Indigosol Golden Yellow IRK baik sebelum maupun sesudah proses elektrolisis.

Langkah awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah membuat larutan induk standar zat warna Indigosol Golden Yellow IRK 1000 ppm. Menimbang zat warna Indigosol Golden Yellow IRK 1 gram kemudian dilarutkan dalam air panas 100 ml kemudian ditambah NaNO_3 2 gram dan dimasukkan kedalam labu 1 liter tambah akuades sampai tanda batas dapat dilihat dalam Lampiran 1.

Larutan induk standar zat warna Indigosol Golden Yellow IRK 1000 ppm digunakan untuk membuat larutan dengan konsentrasi yang lebih rendah pada saat mencari panjang gelombang maksimum zat warna Indigosol Golden Yellow IRK.

4.1 Menentukan Maksimum Zat Warna Indigosol Golden Yellow IRK

Setelah mempersiapkan sampel dan preparasi sampel langkah selanjutnya dalam tahap ini adalah mencari maksimum, untuk mengetahui maksimumnya dengan cara mengukur sampel zat warna pada kisaran 400 - 1100 nm. Sampel zat warna Indigosol Golden Yellow IRK 20 ppm yang dibuat dari pengenceran larutan standar 1000 ppm. Pengenceran ini bertujuan agar larutan tidak terlalu pekat sehingga dapat diukur absorbansinya oleh spektrofotometer UV-Vis. Pada pengukuran panjang gelombang maksimal ini dilakukan pada variasi pH yaitu pada pH 2, 4 dan 6. Hal ini dilakukan karena pH yang semakin asam menyebabkan perubahan-perubahan struktur (Bassed, dkk., 1991) sehingga dapat berpengaruh pada panjang gelombang maksimal suatu zat warna.

Berdasarkan data yang rekam oleh alat UV-Vis Spektrofotometer pada pH 6 terlihat puncak (peak yang jelas) pada panjang gelombang 463 nm, dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa panjang gelombang serapan maksimum Indigosol Golden Yellow IRK berada pada 463 nm, sehingga pengukuran selanjutnya pada kondisi pH 6 dilakukan pada panjang gelombang 463 nm untuk menentukan absorbansi zat warna Indigosol Golden Yellow IRK pada berbagai konsentrasi.

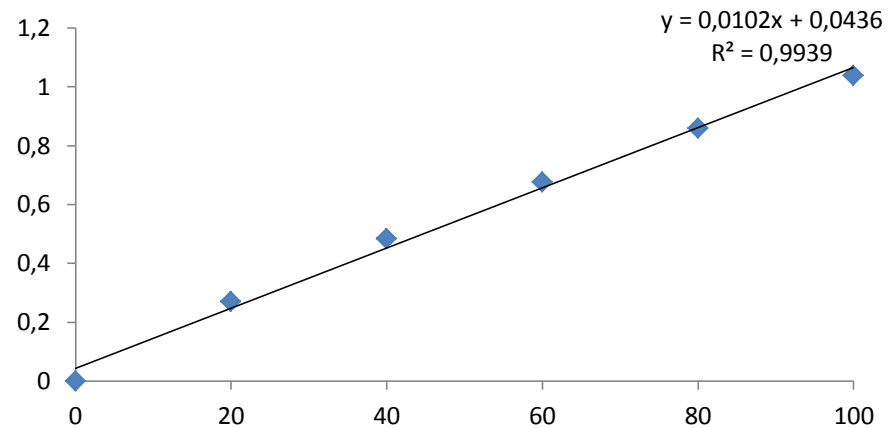
Berdasarkan data yang rekam oleh alat UV-Vis Spektrofotometer pada pH 4 terlihat puncak (peak yang jelas) pada panjang gelombang 463 nm, dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa panjang gelombang serapan maksimum Indigosol Golden Yellow IRK berada pada 463 nm, sehingga pengukuran selanjutnya pada kondisi pH 4 dilakukan pada panjang gelombang

463 nm untuk menentukan absorbansi zat warna Indigosol Golden Yellow IRK pada berbagai konsentrasi.

Berdasarkan data yang rekam oleh alat UV-Vis Spektrofotometer pada pH 2 panjang gelombang yang semula 463 nm setelah dikondisikan pH terjadi pergeseran panjang gelombang maksimal terlihat puncak (peak) pada panjang gelombang 420 nm, dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa panjang gelombang serapan maksimum Indigosol Golden Yellow IRK berada pada 420 nm, sehingga pengukuran selanjutnya pada kondisi pH 2 dilakukan pada panjang gelombang 420 nm untuk menentukan absorbansi zat warna Indigosol Golden Yellow IRK pada berbagai konsentrasi.

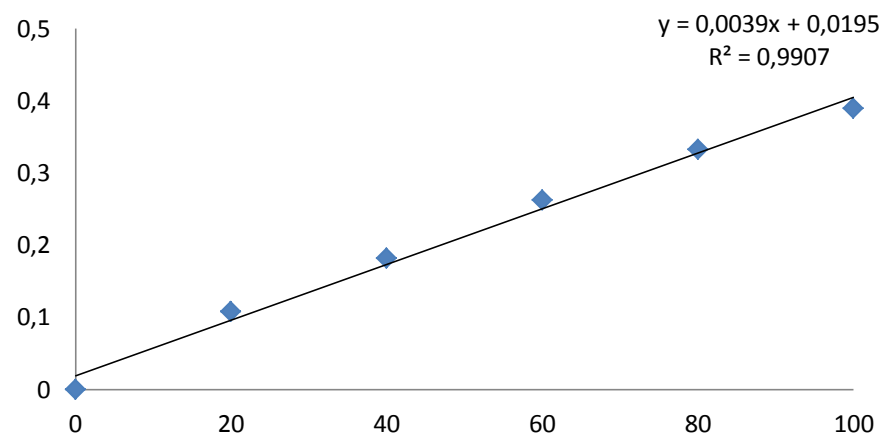
4.2 Penentuan Kurva Kalibrasi Standar Indigosol Golden Yellow Berbagai pH

Penentuan kurva kalibrasi standar dalam hal ini bertujuan untuk menentukan hasil pengukuran absorbansi hasil degradasi indigosol melalui reaksi oksidasi oleh senyawa klor aktif, sehingga prosentase berkurangnya zat warna indigosol dalam larutan dapat ditentukan. Dalam penelitian ini dibuat 3 buah kurva kalibrasi masing-masing untuk pH 2, pH 4, pH 6 untuk pengukuran pada masing-masing pH hal ini dikarenakan terjadi pergeseran intensitas maupun panjang gelombang maksimal selama pengkondisian pH.



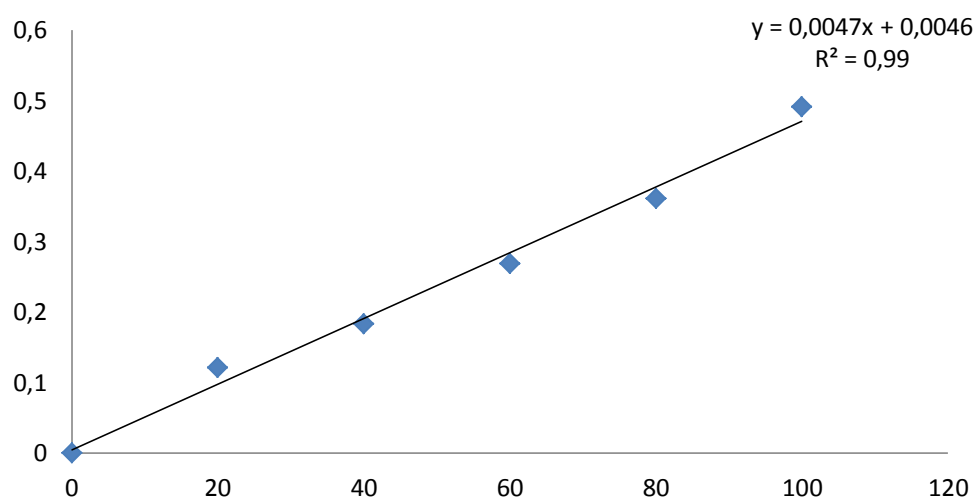
Gambar 5. Kurva kalibrasi standar indigosol (0 – 100 ppm) pH 6

Kurva kalibrasi ini digunakan untuk menghitung konsentrasi larutan yang dikondisikan pada pH 6 dengan mensubstitusikan absorbansi ke persamaan yang diperoleh dari gradik kurva kalibrasi diatas. Dimana persamaan yang didapat dari grafik kurva kalibrasi pada pH 6 yaitu $y = 0,010x + 0,043$.



Gambar 6. Kurva kalibrasi standar indigosol (0 – 100 ppm) pH 4

Kurva kalibrasi ini digunakan untuk menghitung konsentrasi larutan yang dikondisikan pada pH 4 dengan mensubstitusikan absorbansi ke persamaan yang diperoleh dari grafik kurva kalibrasi diatas. Dimana persamaan yang didapat pada grafik kurva kalibrasi pada pH 4 yaitu $y = 0,003x + 0,019$.



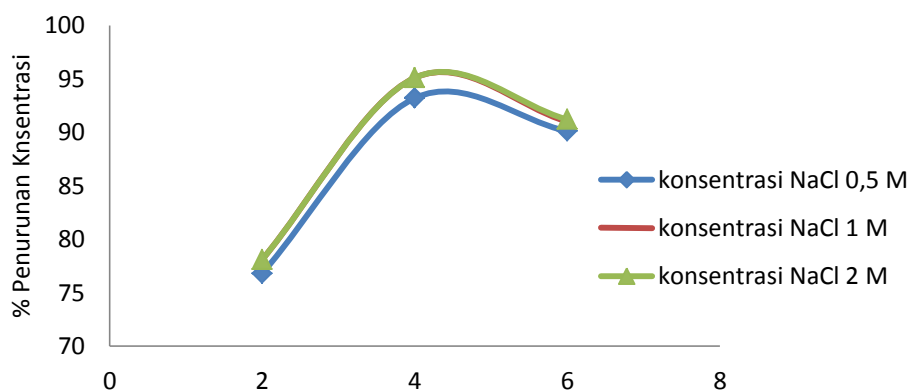
Gambar 7. kurva kalibrasi standar indigosol (0 – 100 ppm) pH 2

Kurva kalibrasi ini digunakan untuk menghitung konsentrasi larutan yang dikondisikan pada pH 2 dengan mensubstitusikan absorbansi ke persamaan yang diperoleh dari grafik kurva kalibrasi diatas. Dimana persamaan yang didapat pada grafik kurva kalibrasi pada pH 2 yaitu $y = 0,004x + 0,004$.

4.3 Penentuan pH Optimum Pada Proses Degradasi Zat Warna Indigosol Golden Yellow IRK

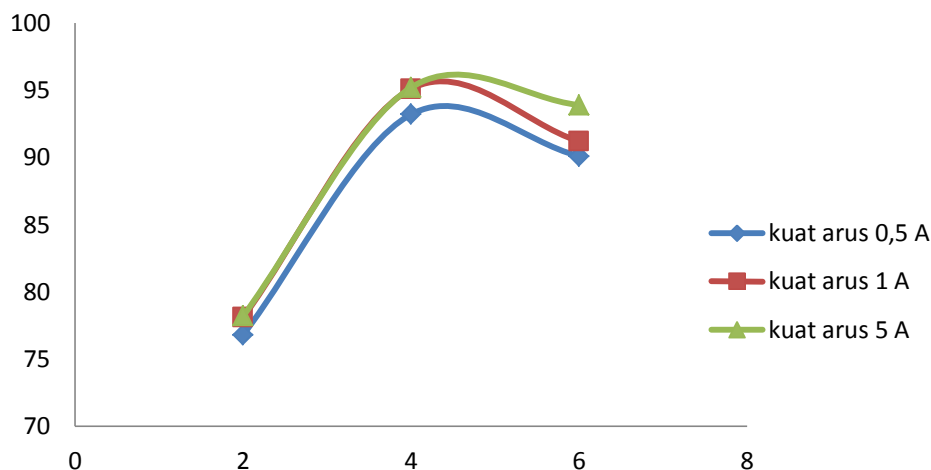
Degradasi zat warna indigosol Golden Yellow IRK dilakukan dengan membuat variasi pH yang bertujuan untuk menentukan pH optimum yang dipergunakan sebagai pengkondisi pH larutan dalam proses degradasi zat warna

indigosol Golden Yellow IRK pada konsentrasi 100 ppm. Variasi pH yang dilakukan adalah pada pH 2, pH 4 dan pH 6.



Gambar 8. Hubungan pH dengan % penurunan konsentrasi zat warna pada kuat arus 0,5 A

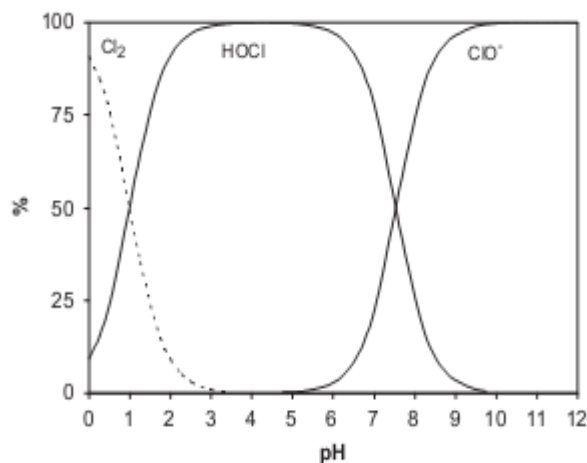
Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa Berdasarkan variasi pH larutan (2, 4 dan 6) pada degradasi Indigosol Golden Yellow IRK dengan beberapa konsentrasi elektrolit NaCl didapatkan hasil yang menunjukkan degradasi yang lebih baik pada variasi pH 4. Dalam variasi ini didapatkan hasil pH optimum pada yaitu pH 4 dengan presentase penurunan berkisar antara 90-95 % pada beberapa konsentrai NaCl tetap menunjukkan bahwa pH4 menunjukkan penurunan konsentrasi indigosol golden yellow IRK yang paling besar di antara pH 2 dan pH 6.



Gambar 9. pH dengan % penurunan konsentrasi zat warna pada penambahan elektrolit NaCl 0,5 M

Pada proses variasi pH (2, 4, 6) dan dilakukan pada berbagai kuat arus seperti Gambar 9 juga menunjukkan penurunan paling optimum terjadi pada pH 4 dengan penurunan konsentrasi maksimal sampai 95 %. Hal tersebut dapat menggambarkan bahawa kondisi pH paling optimum untuk menurunkan konsentrasi indigosol golden yellow IRK melalui proses elektrolisis terjadi pada pH 4.

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



Gambar 10. distribusi hasil reaksi $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ pada berbagai pH (deborde & gouten)

Pada Gambar 10 dapat menjelaskan ketika pH 2 spesies HOCl yang terbentuk lebih sedikit dari pada pada pH 4 dan pH 6, hal tersebut dapat menjelaskan mengapa pada pH 2 terjadi penurunan yang paling kecil pada proses elektrolisis Indigosol Golden Yellow IRK.

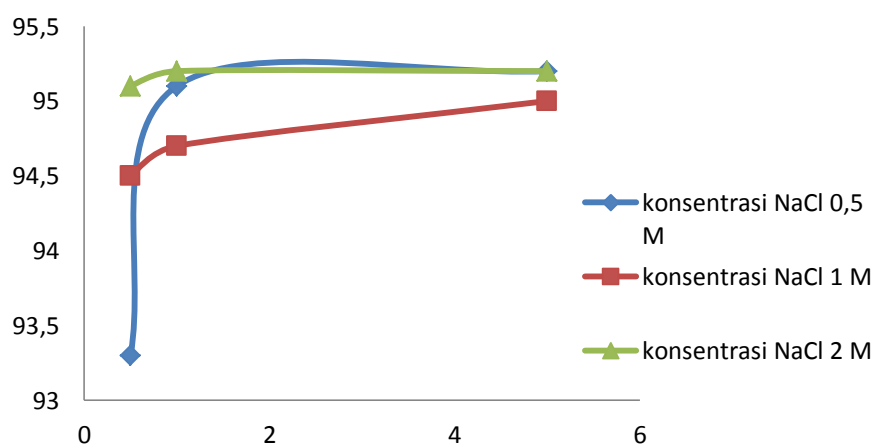
4.4 Penentuan Kuat Arus Optimum Pada Proses Degradasi Zat Warna Indigosol Golden Yellow IRK

Degradasi zat warna indigosol Golden Yellow IRK dilakukan dengan membuat variasi kuat arus yang bertujuan untuk menentukan kuat arus yang dipergunakan sebagai arus optimum yang digunakan dalam proses degradasi zat warna indigosol Golden Yellow IRK pada konsentrasi 100 ppm. Variasi kuat arus yang dilakukan adalah pada 0,5;1;5 ampere dan dilakukan pada kondisi pH 4 dan dilakukan pada berbagai konsentrasi elektrolit NaCl.

Pengaruh rapat arus: kepadatan saat ini adalah sangat penting variabel dalam teknik elektrokimia. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 11, penurunan

konsentrasi warna meningkat dengan meningkatkan kuat arus Hasil mungkin disebabkan oleh peningkatan oksidan seperti: kaporit / hipoklorit pada rapat arus yang lebih tinggi. Konsentrasi hipoklorit meningkat dengan ditingkatkannya kuat arus yang dialirkan pada anoda maupun katoda karbon, yang menyebabkan akan meningkatkan tingkat elektro-oksidasi molekul pewarna yang berada dalam limbah.

Pada penelitian sebelumnya Kariyajjanavar *et al.*, (2011) juga menunjukkan peningkatan kuat arus berbanding lurus dengan penurunan konsentrasi zat warna dalam limbah. Lorimer *et al.*, (2001) juga menghasilkan data yang sama yaitu dengan meningkatnya kuat arus penurunan konsentrasi zat warna pada limbah.



Gambar 11. Hubungan kuat arus terhadap % penurunan konsentrasi

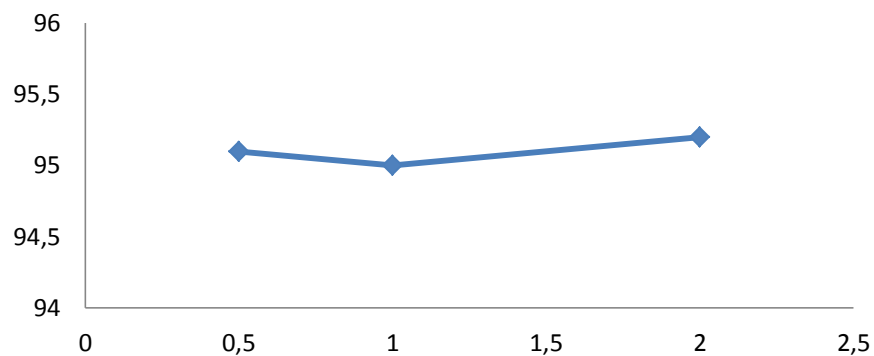
Berdasarkan Gambar 11 dapat dilihat bahwa pada variasi kuat arus (0,5; 1 dan 5 A) pada proses elektrolisis indigosol golden yellow IRK dengan beberapa konsentrasi elektrolit NaCl didapatkan hasil yang menunjukkan degradasi yang

lebih baik pada kuat arus 1 dimana setelah kuat arus 1 penurunan sudah tidak menunjukkan peningkatan yang tajam. Dalam variasi ini didapatkan hasil kuat arus optimum yaitu pada kuat arus 1A dengan presentase penurunan berkisar antara 95 % pada beberapa konsentrai NaCl tetap menunjukkan bahwa kuat arus 1 A menunjukkan penurunan konsentrasi indigosol golden yellow IRK yang paling baik karena setelah kuat arus 1 A tidak terjadi penurunan yang signifikan disbanding pada kuat arus 1 A.

4.5 Penentuan Konsentrasi Elektrolit Pada Proses Degradasi Zat Warna Indigosol Golden Yellow IRK

Konsentrasi NaCl sangat mempengaruhi penurunan konsentrasi tingkat warna, degradasi terjadi dengan pembentukan (hipoklorit) dari oksidasi spesies di situ, yang kemudian bereaksi dengan spesies zat warna dalam larutan.

Pada penelitian Gomes *et al.*, (2011) yang menggunakan konsentrasi elektrolit dengan variasi yang rendah menghasilkan data bahwa konsentrasi berpengaruh pada peningkatan penurunan konsentrasi zat warna. Penelitian Milled *et al.*, (2010) juga mendapatkan data bahwa penurunan konsentrasi zat warna berbanding dengan peningkatan konsentrasi elektrolit yang diaplikasikan selama proses elektrolisis pada larutan yang mengandung zat warna tersebut.



Gambar 12. Hubungan variasi konsentrasi elektrolit pada kuat arus 1 A

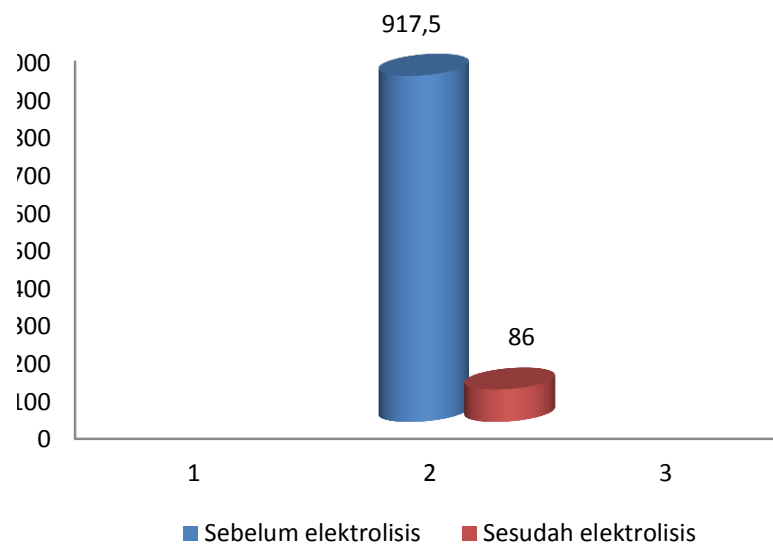
Dari gambar 12 variasi konsentrasi elektrolit menunjukkan peningkatan yang tidak terlalu signifikan hal ini mungkin dikarenakan spesies (HOCl) yang terbentuk pada penambahan konsentrasi elektrolit 0,5 M sudah sanggup medegradasi senyawa zat warna yang terdapat dalam larutan. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa kondisi optimum penambahan konsentrasi larutan NaCl yaitu pada 0,5 M diatas penambahan 0,5 M sudah tidak terlalu berpengaruh pada penurunan konsentrasi karena zat warna dalam larutan sudah hampir keseluruhan terdegradasi.

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

4.6 Degradasi Zat Warna Indigosol Golden Yellow IRK Pada Limbah Batik

Dari berbagai data percobaan diatas didapat kondisi optimum yaitu pH pada pH 4 kuat arus 1 A dan konsentrasi elektrolit yaitu pada 0,5 M. kondisi ini akan digunakan pada proses elektrolisis limbah dari sisa-sisa proses pembatikan. sebelum proses mula-mula limbah batik dikondisikan pada pH 4 dan diukur absorbansinya terlebih dahulu setelah itu dikondisikan pada kondisi optimum kemudian limbah batik dielektrolisis selama 30 menit.

Berdasarkan olah data absorbansi sebelum dan sesudah proses elektrolisis didapat konsentrasi mula-mula limbah batik yaitu 917,5 ppm dan setelah elektrolisis 86 ppm. Gambar 13



Gambar 13 Konsentrasi limbah sebelum dan sesudah elektrolisis

Dari gambar 13 terlihat penurunan konsentrasi zat warna indigosol golden yellow IRK. Konsentrasi limbah batik sebelum proses elektrolisis yaitu 917,5 ppm, proses elektrolisis pada kondisi optimum dapat menurunkan konsentrasi sebesar

90 % sehingga masih tertinggal 86 ppm. Mungkin dengan penambahan waktu elektrolisis dapat menurunkan konsentrasi limbah lebih besar lagi.

4.7 Analisis GC-MS

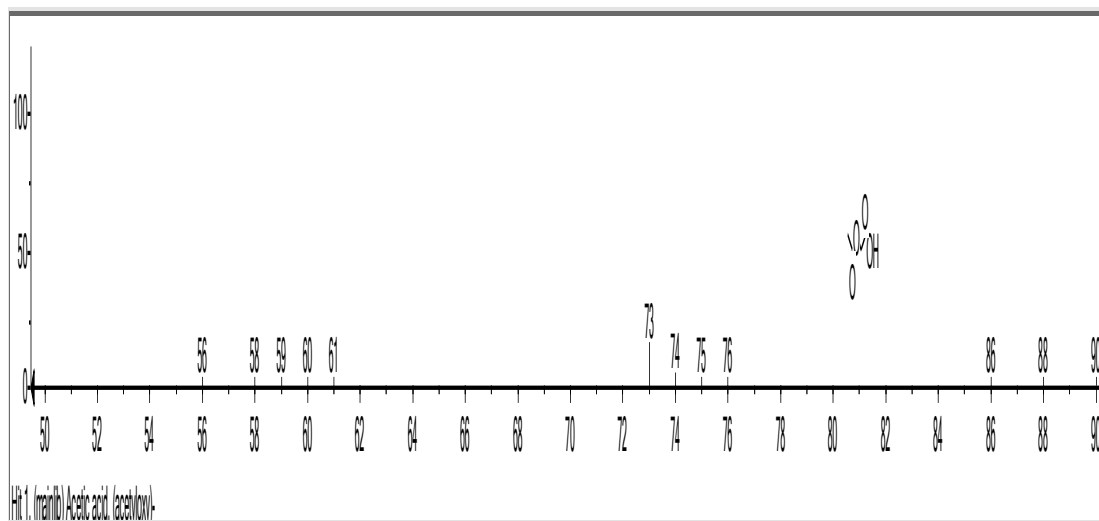
Dalam proses degradasi melalui metode elektrolisis menurut Liu *et al.*, (2009) zat warna mengalami degradasi menjadi zat-zat atau senyawa intermediet sebelum dapat terdegradasi sempurna menjadi CO₂ dan H₂O. Setelah proses elektrolisis zat warna indigosol golden yellow IRK menjadi senyawa yang lebih sederhana (rantai C pendek) dan tidak mempunyai gugus kromofor. Untuk mengkonfirmasi hal tersebut, maka dilakukan analisis terhadap produk setelah elektrolisis. Sebelum analisis *GC-MS*, produk diekstraksi menggunakan dietil eter untuk memisahkan senyawa organik dari lapisan air. Lapisan organik yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan *GC-MS*.



Gambar 14. Hasil analisis GC-MS larutan setelah elektrolisis

Dari hasil analisis yang ditunjukkan Gambar 14, ditemukan ada beberapa puncak-puncak kromatogram. Hal ini diperkirakan senyawa-senyawa setelah

elektrodegradasi merupakan senyawa dalam fraksi pendek, dan berubah menjadi asam-asam organik.



Gambar 15. Spektrum pada RT = 1.44 menit

Dari spectra RT= 1,44 yang ditunjukkan Gambar 15 kemungkinan zat tersebut adalah asam asetat Dengan demikian semakin jelas bahwa produk elektrodegradasi *Indigosol golden yellow IRK* merupakan senyawa intermediet dengan struktur rantai yang lebih pendek dan asam-asam organik sebelum terdegradasi menjadi CO_2 dan H_2O dan diharapkan lebih aman terhadap lingkungan ketika dibuang.

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dapat diambil simpulan bahwa:

1. pH optimum pada proses elektrolisis Zat warna *Indigosol Golden Yellow IRK* adalah pada *pH 4*.
2. Kuat arus optimum pada proses elektrolisis Zat warna *Indigosol Golden Yellow IRK* adalah pada kuat arus 1A.
3. Penambahan konsentrasi elektrolit NaCl optimum pada proses elektrolisis Zat warna *Indigosol Golden Yellow IRK* adalah pada konsentrasi 0,5 M
4. Zat warna *Indigosol Golden Yellow IRK* dalam limbah batik yang degradasi oleh proses elektrolisis dengan pH, kuat arus dan penambahan konsentrasi elektrolit maksimum mengalami penurunan sebesar 90 % dari konsentrasi mula-mula 917,5 ppm menjadi 86 ppm.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan. maka penulis dapat memberi saran anantara lain

1. Perlu adanya penelitian tentang pengaruh jarak elektroda dan waktu elektrolisis yang lain dalam proses elektrolisis zat warna *Yellow IRK*.
2. Dalam pembuatan kurva kalibrasi dilakukan pada konsentrasi larutan yang encer untuk meminimalisir kesalahan.

3. Perlu dilakukan proses elektrolisis pada pH limbah yang tidak dikondisikan sehingga dapat dibandingkan dengan elektrolisis pada pH optimum

DAFTAR PUSTAKA

- Chatzisyneon, E., N.P. Xekoukoulotakis, A. Coz, N. Kalogerakis, & D.Mantzavinos. 2006. Electrochemical Treatment Of Textile Dyes And Dyehouse Effluents. *Journal of Hazardous Materials*, B137: 998–1007.
- Deborde, M & U. Von Gunten. 2008. Reaction Of Chlorine With Inorganic And Organic Compounds During Water Treatment-Kinetics And Mechanisms: A critical review. *Water Research*. 42: 13-15.
- Ghalwa, A.M.N., & M.S.A. Latif. 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.
- Jannatin, R. D., M. Razif, & M. Mursid. 2003. *Uji Efisiensi Removal Adsorpsi Arang Batok Kelapa Untuk Mereduksi Warna Dan Permanganat Value Dari Limbah Cair Industri Batik*. Laporan Penelitian. Surabaya: Teknik Lingkungan Intitut Teknologi Surabaya.
- Kariyajjanavar, P., J.Narayana, and Y. A.Nayaka. 2011. Degradation of Textile Wastewater by Electrochemical Method. *Hydrol Current Res*. 2011, 2:1.
- Kasam., A. Yulianto, & A.E Rahmayanti. 2009. Penurunan COD dan Warna Pada Limbah Industri Batik dengan menggunakan aerobic roughing filter aliran horizontal. *Logika*, 6 (1): 27-31.
- Kobaya, M., O.C. Tan, & M. Bayramoglu. 2003. Treatment Of Textile Wastewaters By Electrocoagulation Using Iron And Aluminum Electrodes. *Journal of hazardous Materials*, B100 :163–178.
- Li, J., L Zheng, L. Li, G. Shi, Y. Xian, & L. Jin. 2006. Photoelectro-Synergistic Catalysis at Ti/TiO₂/PbO₂ Electrode and Its Application on Determination of Chemical Oxygen Demand.
- Liu,Y., H. Liu, J. Ma, X. Wang. 2009. Comparison Of Degradation Mechanism Of Electrochemical Oxidation Of Di- And Tri-Nitrophenols On Bi-Doped Lead Dioxide Electrode: Effect Of The Molecular Structure. *Applied Catalysis B: Environmental* 91 : 284–299.
- Lorimer, J.P., T.J. Plattes, & M. Phull .S.S. 2000. Dye Effluent Decolourisation Using Ultrasonically Assisted Electro-Oxidation. *Ultrasonics Sonochemistry*, 7: 273-24.

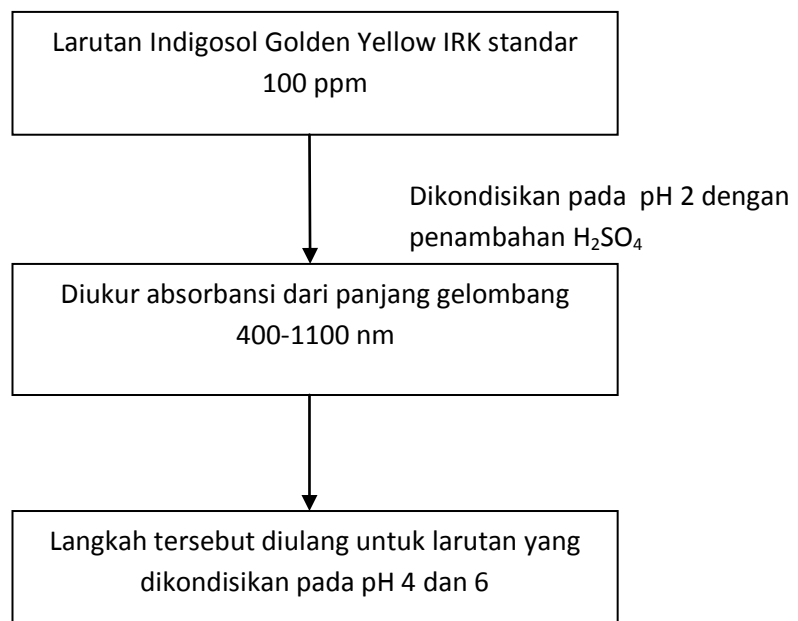
- Lorimer, J.P., T. J. Mason, M. Plattes, S. S. Phull, and D. J. Walton. 2001. Degradation of dye effluent. *Pure Appl. Chem.*, Vol. 73, No. 12: 1957–1968
- Panizza, M., A. Barbucci, R. Ricotti, & G. Cerisola. 2006. *Electrochemical Degradation Of Methylene Blue*. Laporan penelitian. Genoa: Department of Chemical and Process Engineering University of Genoa.
- Pariyajjanavar, P., J. Narayana, Y. A. Nayaka, & M. Umanaik. 2010. Electrochemical Degradation and Cyclic Voltammetric Studies of Textile Reactive Azo Dye Cibacron Navy WB. *Portugaliae Electrochimica Acta*, 28(4): 265-277.
- Pepio., M & M.C. Gutierrez-Bouzan. 2011. Empirical Models For The Decoloration Of Dyes In An Electrochemical Batch Cell. *Industrial Engineering Chemistry Resesrch*, 50: 8965–8972.
- Rajkumar, D., & J.G. Kim. 2006. Oxidation Of Various Reactive Dyes With In Situ Electro-Generated Active Chlorine For Textile Dyeing Industry Wastewater Treatment. *Journal of Hazardous Materials*, B136: 203–212.
- Randle, T.H. & A.T Kuhn. 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.*
- Rashed, M.N, & El-Amin, A.A. 2007. Photocatalytic Degradation of Methyl Orange in Aqueous TiO₂ Under Different Solar Irradiation Source, *Int.j.Phys.Sci*, 2 (3): 73-81.
- Rini, A.P., R. Hastuti, & Gunawan. 2008. *Pengaruh Komposisi Poly Ethylene Glycol (Peg) Dalam Sintesis Membran Padat Silika Dari Sekam Padi Dan Aplikasinya Untuk Dekolorisasi Limbah Cair Batik*. Laporan Penelitian. Semarang : FMIPA Universitas Diponegoro.
- Sianita, D., & I.S. Nurcahyati. 2003. *Kajian Pengolahan Limbah Cair Industri Batik, Kombinasi Aerob – Anaerob Dan Penggunaan Koagulan Tawas.Laporan Penelitian*. Semarang : Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Universitas Indonesia. Jakarta.

- 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. & M. Fragniere. 1994. Anodic Oxidation of Cyanide on a Reticulated Three Dimensional Electrode. *J.App.Electrochem*, 24(6).
- 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).
- Wiloso, E.A. 1999. Dekolorisasi Beberapa Zat Warna Tekstil Dari Kelompok Azo Oleh *Pennicillum Sp.* *Prosiding semnas VIII kimia dalam industri dan lingkungan.* Yogyakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Widodo, D.S., Gunawan, W.A. Kristanto. 2012. *Elektroremediasi Perairan Tercemar: Penggunaan Grafit Pada Elektrodekolorisasi Larutan Remazol Black B.* Laporan Penelitian. Semarang: FMIPA Universitas Diponegoro.

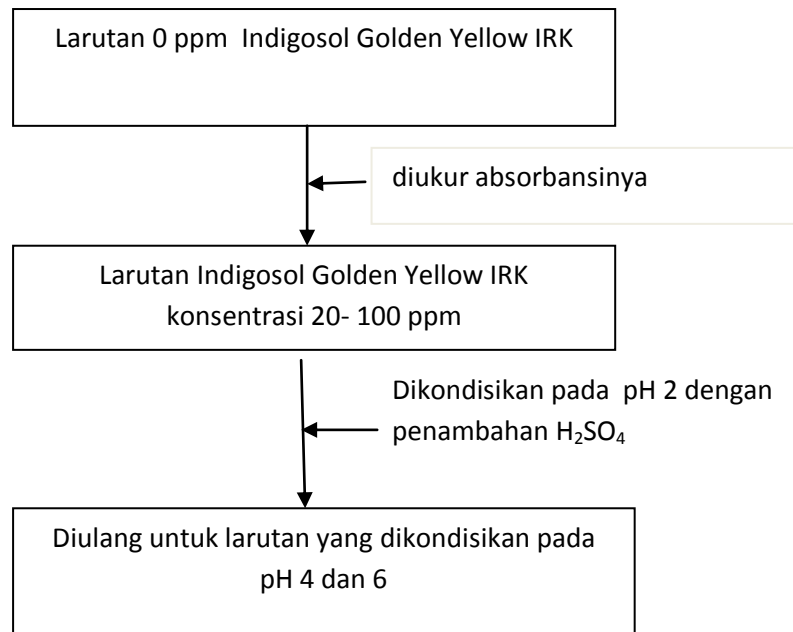
1. Pembuatan larutan Indigosol Golden Yellow IRK 1000 ppm



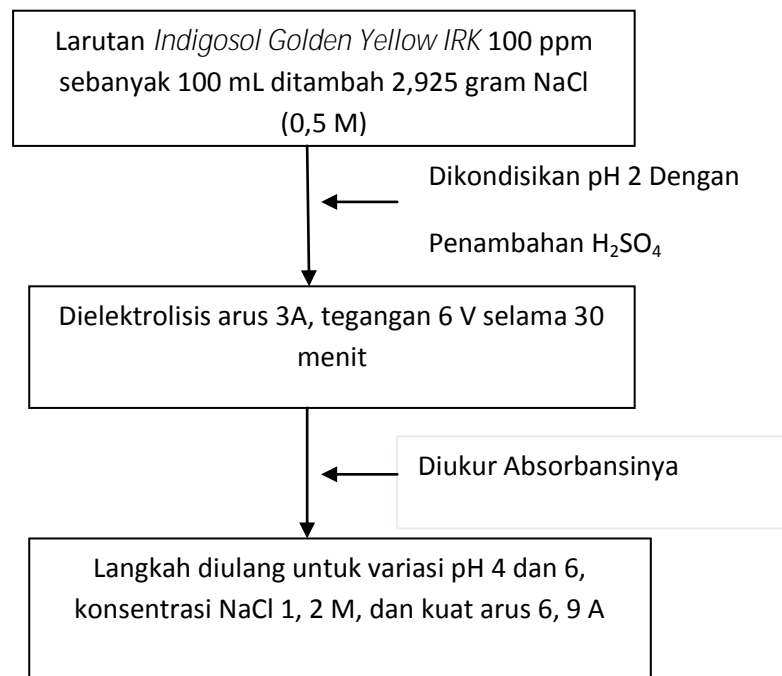
2. Penentuan panjang gelombang maksimal



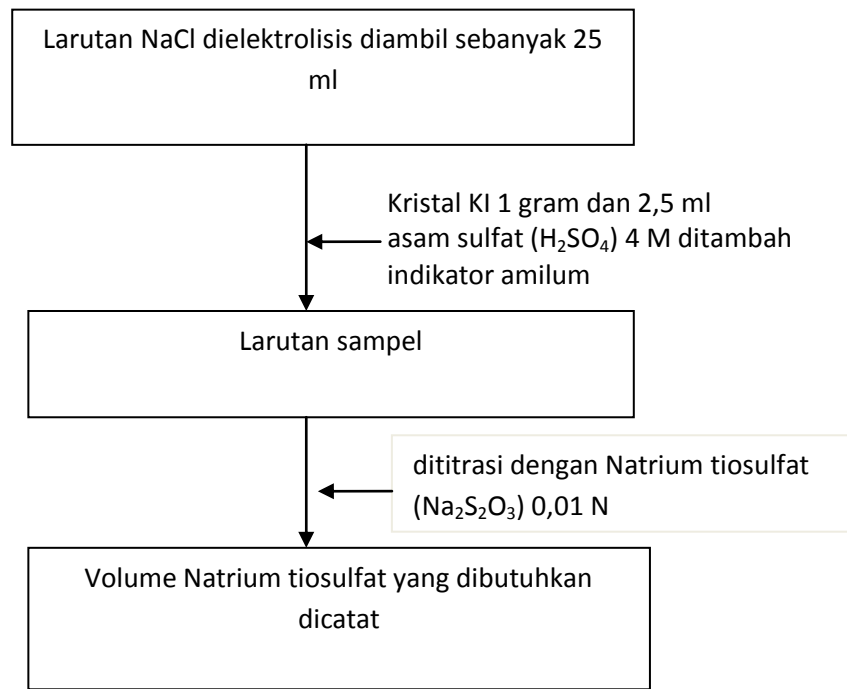
3. Pembuatan kurva Kalibrasi Indigosol Golden Yellow IRK



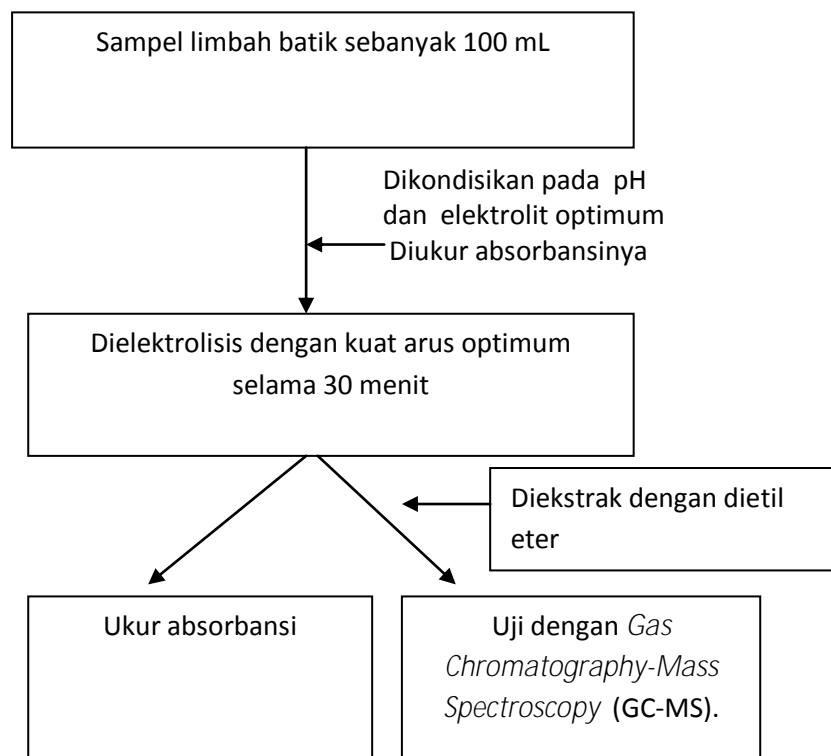
4. Penentuan kondisi optimum



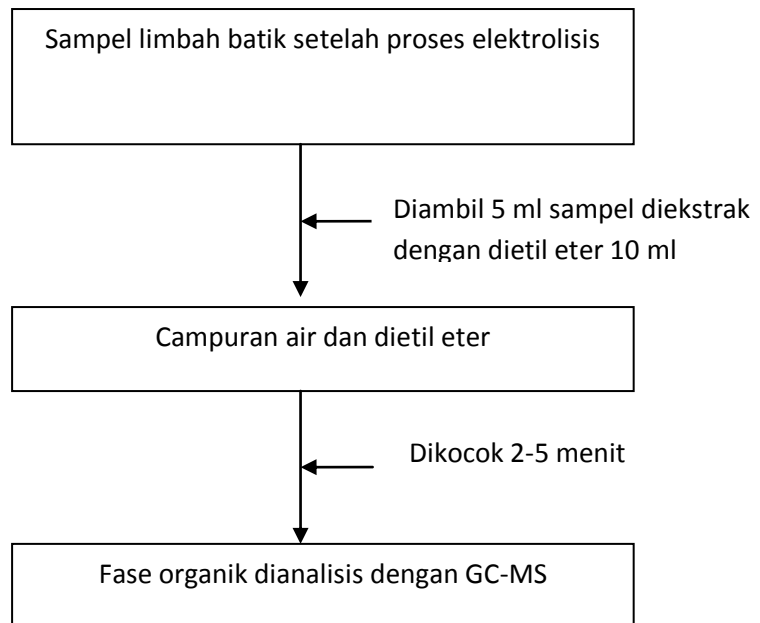
5. Uji Pengukuran Konsentrasi Klor Aktif Dengan Metode Iodometri



6. Aplikasi pada limbah batik



7. Preparasi Sampel Uji GC-MS



Tabel 2. Kalibrasi Larutan Zat Warna Indigosol Golden *Yellow IRK pH 2*

0	0
20	0,121
40	0,183
60	0,269
80	0,361
100	0,491

Tabel 3. Kalibrasi Larutan Zat Warna Indigosol Golden *Yellow IRK pH 4*

0	0
20	0,108
40	0,182
60	0,262
80	0,332
100	0,389

Tabel 4. Kalibrasi larutan zat warna Indigosol Golden *Yellow IRK pH 6*

0	0
20	0,27
40	0,484
60	0,676
80	0,86
100	1,039

Tabel 5. Absorbansi Sebelum Sesudah Elektrolisis Dan % Penurunan Konsentrasi Indigosol Golden Yellow IRK

pH	Kuat arus (A)	Konsentrasi NaCl (M)	sebelum elektrolisis		sesudah elektrolisis		% penurunan konsentrasi
			Absorbansi	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi	Konsentrasi (ppm)	
	0.5	0,5	0.445	110,25	0.106	25,5	76,8
1			0.498	123,5	0.112	27	78,1
5			0.492	122	0.107	25,75	78,2
	0.5	1	0.485	120,5	0.11	26,5	77,3
1			0.443	109,75	0.106	25,5	78
5			0.495	122,75	0.11	26,5	78,5
	0.5	2	0.48	119	0.11	26,5	77,7
1			0.483	119,5	0.104	25	78,4
5			0.493	122,25	0.11	26,5	78,3
	0.5	0,5	0.38	120	0.044	6,3	93,1
1			0.367	116	0.036	5,6	95,1
5			0.352	111	0.034	5	95,2
	0.5	1	0.351	110,6	0.034	5	94,5
1			0.349	110	0.038	5,3	94,7
5			0.382	121	0.04	7	95
	0.5	2	0.367	116	0.036	5,6	95,1
1			0.35	110,3	0.034	5	95,2
5			0.351	110,6	0.038	6,3	95,2
	0.5	0,5	0.946	90,3	0.132	8,9	90,1
1			0.943	90	0.123	8	91
5			1.003	96	0.112	6,9	92,8
	0.5	1	1.034	99,1	0.106	6,3	93,6
1			1.025	98,2	0.107	6,4	93,4
5			1.033	99	0.105	6,2	93,7
	0.5	2	1.035	99,2	0.116	7,3	93,3
1			1.021	97,8	0.104	6,1	93,7
5			0.993	95	0.108	6,5	93,1

Tabel 6. Penentuan pH Optimum Zat Warna Indigosol Golden *Yellow IRK* Dengan Elektrolit Konsentrasi 0,5 M

	Kuat Arus 0,5	Kuat Arus 1	Kuat Arus 5
	76.8	78.1	78.2
	93.2	95.1	95.2
	90.1	91.2	93.9

Tabel 7. Penentuan pH Optimum Zat Warna Indigosol Golden *Yellow IRK* Dengan Kuat Arus 0,5 A

	KONSENTRASI NaCl 0,5	KONSENTRASI NaCl 1	KONSENTRASI NaCl 2
	76.8	78.1	78.1
	93.2	95.1	95.1
	90.1	91	91.2

Tabel 8. Penentuan Kuat Arus Optimum Zat Warna Indigosol Golden *Yellow IRK* pada pH 4

	KONSENTRASI NaCl 0,5	KONSENTRASI NaCl 1	KONSENTRASI NaCl 2
	93.3	94.5	95.1
	95.1	94.7	95.2
	95.2	95	95.2

Tabel 9. Penentuan Konsentrasi Optimum Zat Warna Indigosol Golden *Yellow IRK* Pada PH 4 Dan Kuat Arus 1 Ampere

	95.1
	94.7
	95.2

Tabel 10. Kalibrasi Larutan Zat Warna Indigosol Golden *Yellow IRK* Untuk Aplikasi Pada *Limbah Batik*

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi	Faktor Pengenceran
	0	-
	0,117	-
	0,201	-
	0,261	-
	0,338	-
	0,428	-
	0,386	10
	0,363	-

1. Pembuatan larutan Indigosol Golden Yellow IRK 100 ppm I liter

Pengenceran dari konsentrasi 1000 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \cdot V_1 = 100 \cdot 1000$$

$$V_1 = \text{—————}$$

$$V_1 = 100 \text{ ml}$$

Jadi 100 ml larutan Indigosol Golden Yellow IRK 1000 ppm dimasukkan kedalam labu takar 1 liter ditambah aquades sampai tanda batas.

2. Pembuatan larutan Indigosol Golden Yellow IRK 10 ppm 100 ml

Pengenceran dari konsentrasi 1000 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \cdot V_1 = 10 \cdot 100$$

$$V_1 = \text{—————}$$

$$V_1 = 1 \text{ ml}$$

Jadi 1 ml larutan Indigosol Golden Yellow IRK 1000 ppm dimasukkan kedalam labu takar 100 ml ditambah aquades sampai tanda batas.

3. Pembuatan larutan Indigosol Golden Yellow IRK 80 ppm 100 ml

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \cdot V_1 = 80 \cdot 100$$

$$V_1 = \text{—————}$$

$$V_1 = 8 \text{ ml}$$

Jadi 8 ml larutan Indigosol Golden Yellow IRK 1000 ppm dimasukkan kedalam labu takar 100 ml ditambah aquades samai tanda batas.

4. Pembuatan larutan Indigosol Golden Yellow IRK 60 ppm 100 ml

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \cdot V_1 = 60 \cdot 100$$

$$V_1 = \text{————}$$

$$V_1 = 6 \text{ ml}$$

Jadi 6 ml larutan Indigosol Golden Yellow IRK 1000 ppm dimasukkan kedalam labu takar 100 ml ditambah aquades sampai tanda batas.

5. Pembuatan larutan Indigosol Golden Yellow IRK 40 ppm 100 ml

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \cdot V_1 = 40 \cdot 100$$

$$V_1 = \text{————}$$

$$V_1 = 4 \text{ ml}$$

Jadi 4 ml larutan Indigosol Golden Yellow IRK 1000 ppm dimasukkan kedalam labu takar 100 ml ditambah aquades sampai tanda batas.

6. Pembuatan larutan Indigosol Golden Yellow IRK 2 ppm 100 ml

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \cdot V_1 = 20 \cdot 100$$

$$V_1 = \text{————}$$

$$V_1 = 2 \text{ ml}$$

Jadi 2 ml larutan Indigosol Golden Yellow IRK 1000 ppm dimasukkan kedalam labu takar 100 ml ditambah aquades sampai tanda batas.

7. Pembuatan H_2SO_4 4 M 100 ml (diketahui : H_2SO_4 96%, masa jenis : 1,84, Mr :

98) :

konsentrasi larutan H_2SO_4 96% :

$$M = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

$$= \frac{18,02 \text{ M} \times 100 \text{ ml}}{100 \text{ ml}}$$

$$= 18,02 \text{ M}$$

Membuat Pembuatan H_2SO_4 4 M 100 mL

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$18,02 \text{ M} \cdot V_1 = 4 \text{ M} \cdot 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = \frac{4 \text{ M} \cdot 100 \text{ ml}}{18,02 \text{ M}}$$

$V_1 = 22,2 \text{ mL}$ diencerkan dengan 100 mL aquades

8. Mencari jumlah gram natrium tiosulfat yang dibutuhkan pada konsentrasi

larutan 0,1 M :

$$M = \frac{\text{mol}}{\text{liter}}$$

$$\text{mol} = M \times \text{liter}$$

$$= 0,01 \text{ M} \times 0,5 \text{ liter}$$

$$= 0,005 \text{ mol}$$

$$\text{mol} = \frac{\text{massa (gram)}}{\text{Mr (natrium tiosulfat = 248)}}$$

$$\text{massa (gram)} = \text{mol} \times \text{Mr}$$

$$= 0,005 \text{ mol} \times 248$$

$$= 1,24 \text{ gram}$$

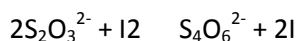
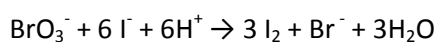
9. Pembuatan KBrO_3 0,016 N 100 ml

$$\begin{aligned} \text{Pembuatan } \text{KBrO}_3 &= \text{—————} \text{ —————} \\ &= \text{—————} \text{ —————} \\ &= 0,016 \text{ N} \end{aligned}$$

10. Perhitungan menentukan konsentrasi larutan standar $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ melalui titrasi

Iodometri

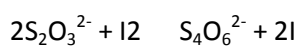
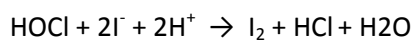
Berdasarkan reaksi:



Larutan KBrO_3 0,016 M dengan volume 100 mL, dari larutan tersebut diambil 10 mL kemudian direaksikan dengan 1 gram KI dan 3 mL H_2SO_4 4 M akan menghasilkan I_2 sebanyak $3 \times 0,16 \text{ mmol} = 0,48 \text{ mmol}$, I_2 yang dihasilkan dititrasi oleh $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ dengan jumlah volume rata-rata 94,3 mL sehingga konsentrasi $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ dapat ditentukan yaitu:

$$\begin{aligned} \text{konsentrasi } \text{S}_2\text{O}_3^{2-} &= \text{—————} \\ &= \text{—————} \\ &= 0,0102 \text{ M} \end{aligned}$$

11. Perhitungan menentukan konsentrasi

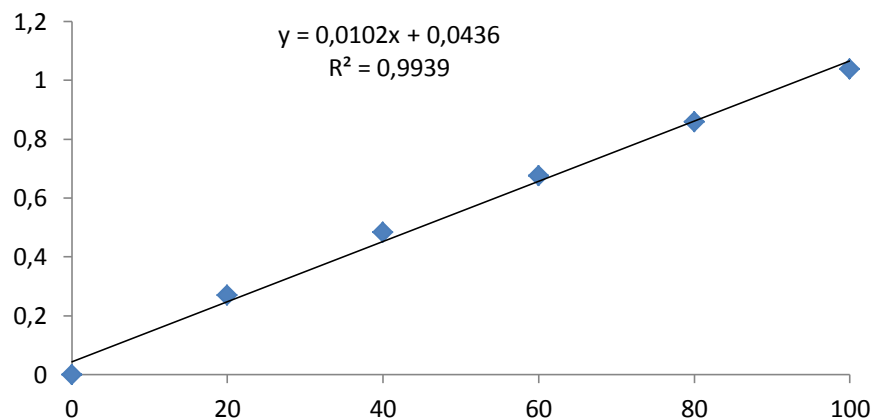


$$\text{konsentrasi HOCl} = \frac{-}{-}$$

$$= \frac{-}{-}$$

$$= 5,1 \times 10^{-4}$$

12. Perhitungan konsentrasi mula-mula dan setelah proses elektrolisis pH 6



No	Volume Sampel (ml)	pH	Kuat arus (A)	Konsentrasi NaCl (M)	Absorbansi sebelum elektrolisis	Absorbansi sesudah elektrolisis
1			0.5		0.946	0.132
2	100		1		0.943	0.123
3			5	0,5	1.003	0.112
4			0.5		1.034	0.106
5	100		1		1.025	0.107
6		6	5	1	1.033	0.105
7			0.5		1.035	0.116
8	100		1		1.021	0.104
9			5	2	0.993	0.108

$$Y = 0,010X + 0,043$$

$$1) \text{ Konsentrasi mula-mula} = 0,010X + 0,043$$

$$X = \frac{Y - 0,043}{0,010}$$

$$X = 90,3 \text{ ppm}$$

$$\text{Konsentrasi sesudah } 0,132 = 0,010X + 0,043$$

$$X = \frac{0,132 - 0,043}{0,010}$$

$$X = 8,9 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{0,132 - 0,132}{0,132} \times 100\%$$

$$= \frac{0,132 - 0,132}{0,132} \times 100\%$$

$$= 90,1 \%$$

$$2) \text{ Konsentrasi mula-mula } 0,943 = 0,010X + 0,043$$

$$X = \frac{0,943 - 0,043}{0,010}$$

$$X = 90 \text{ ppm}$$

$$\text{Konsentrasi sesudah } 0,123 = 0,010X + 0,043$$

$$X = \frac{0,123 - 0,043}{0,010}$$

$$X = 8 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{0,943 - 0,123}{0,943} \times 100\%$$

$$= \frac{0,943 - 0,123}{0,943} \times 100\%$$

$$= 91 \%$$

$$3) \text{ Konsentrasi mula-mula } 1,003 = 0,010X + 0,043$$

$$X = \frac{1,003 - 0,043}{0,010}$$

$$X = 96 \text{ ppm}$$

$$\text{Konsentrasi sesudah } 0,112 = 0,010X + 0,043$$

$$X = \frac{0,112 - 0,043}{0,010}$$

$$X = 6,9 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{1,003 - 0,112}{1,003} \times 100\%$$

$$= \frac{1,003 - 0,112}{1,003} \times 100\%$$

$$= 92,8 \%$$

$$4) \text{ Konsentrasi mula-mula } 1,034 = 0,010X + 0,043$$

$$X = \frac{1,034 - 0,043}{0,010}$$

$$X = 99,1 \text{ ppm}$$

$$\text{Konsentrasi sesudah } 0,106 = 0,010X + 0,043$$

$$X = \frac{0,106 - 0,043}{0,010}$$

$$X = 6,3 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{1,034 - 0,106}{1,034} \times 100\%$$

$$= \frac{1,034 - 0,106}{1,034} \times 100\%$$

$$= 93,6 \%$$

$$5) \text{ Konsentrasi mula-mula } 1,025 = 0,010X + 0,043$$

$$X = \frac{1,025 - 0,043}{0,010}$$

$$X = 98,2 \text{ ppm}$$

$$\text{Konsentrasi sesudah } 0,107 = 0,010X + 0,043$$

$$X = \frac{0,107 - 0,043}{0,010}$$

$$X = 6,4 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{0,107 - 0,043}{0,107} \times 100\%$$

$$= \frac{0,064}{0,107} \times 100\%$$

$$= 93,4 \%$$

6) Konsentrasi mula-mula $1,033 = 0,010X + 0,043$

$$X = \frac{1,033 - 0,043}{0,010}$$

$$X = 99 \text{ ppm}$$

$$\text{Konsentrasi sesudah } 0,105 = 0,010X + 0,043$$

$$X = \frac{0,105 - 0,043}{0,010}$$

$$X = 6,2 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{0,105 - 0,043}{0,105} \times 100\%$$

$$= \frac{0,062}{0,105} \times 100\%$$

$$= 93,7 \%$$

7) Konsentrasi mula-mula $1,035 = 0,010X + 0,043$

$$X = \frac{1,035 - 0,043}{0,010}$$

$$X = 99,2 \text{ ppm}$$

$$\text{Konsentrasi sesudah } 0,116 = 0,010X + 0,043$$

$$X = \frac{0,116 - 0,043}{0,010}$$

$$X = 7,3 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{0,116 - 0,043}{0,116} \times 100\%$$

$$= \frac{0,073}{0,116} \times 100\%$$

$$= 93,3 \%$$

8) Konsentrasi sebelum $1,021 = 0,010X + 0,043$

$$X = \frac{1,021 - 0,043}{0,010}$$

$$X = 97,8 \text{ ppm}$$

$$\text{Konsentrasi sesudah } 0,104 = 0,010X + 0,043$$

$$X = \frac{0,104 - 0,043}{0,010}$$

$$X = 6,1 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{0,104 - 0,043}{0,104} \times 100\%$$

$$= \frac{0,061}{0,104} \times 100\%$$

$$= 93,7 \%$$

9) Konsentrasi sebelum $0,993 = 0,010X + 0,043$

$$X = \frac{0,993 - 0,043}{0,010}$$

$$X = 95 \text{ ppm}$$

$$\text{Konsentrasi sesudah} \quad 0,108 = 0,010X + 0,043$$

$$X = \frac{0,108 - 0,043}{0,010}$$

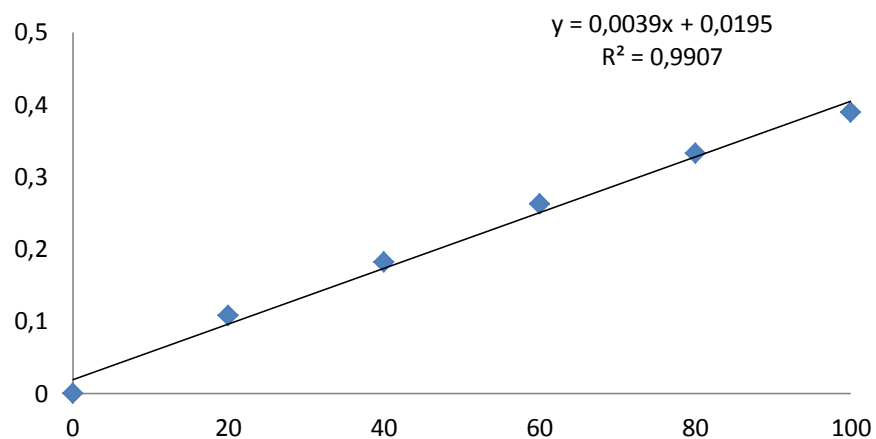
$$X = 6,5 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{0,108 - 0,015}{0,108} \times 100\%$$

$$= \frac{0,093}{0,108} \times 100\%$$

$$= 93,1 \%$$

13. Perhitungan konsentrasi mula-mula dan setelah proses elektrolisis pH 4



No	Volume Sampel (ml)	pH	Kuat arus (A)	Konsentrasi NaCl (M)	Absorbansi sebelum elektrolisis	Absorbansi sesudah elektrolisis
1			0,5		0,38	0,044
2	100		1		0,367	0,036
3			5	0,5	0,352	0,034
4			0,5		0,351	0,034
5	100		1		0,349	0,038
6		4	5	1	0,382	0,04
7			0,5		0,367	0,036
8	100		1		0,35	0,034
9			5	2	0,351	0,038

$$Y = 0.003X + 0.019$$

1) Konsentrasi sebelum $0,38 = 0,003X + 0,019$

$$X = \text{—————}$$

$$X = 120 \text{ ppm}$$

Konsentrasi sesudah $0,044 = 0,003X + 0,019$

$$X = \text{—————}$$

$$X = 8,3 \text{ ppm}$$

% penurunan = $\frac{\text{—————}}{\text{—————}} \times 100\%$

$$= \frac{\text{—————}}{\text{—————}} \times 100\%$$

$$= 93,1 \%$$

2) Konsentrasi sebelum $0,367 = 0,003X + 0,019$

$$X = \text{—————}$$

$$X = 116 \text{ ppm}$$

Konsentrasi sesudah $0,036 = 0,003X + 0,019$

$$X = \text{—————}$$

$$X = 5,6 \text{ ppm}$$

% penurunan = $\frac{\text{—————}}{\text{—————}} \times 100\%$

$$= \frac{\text{—————}}{\text{—————}} \times 100\%$$

$$= 95,1 \%$$

3) Konsentrasi sebelum $0,352 = 0,003X + 0,019$

$$X = \text{—————}$$

$$X = 111 \text{ ppm}$$

Konsentrasi sesudah $0,034 = 0,003X + 0,019$

$$X = \text{—————}$$

$$X = 5 \text{ ppm}$$

% penurunan = $\frac{\text{—————}}{\text{—————}} \times 100\%$

$$= \frac{\text{—————}}{\text{—————}} \times 100\%$$

$$= 95,2 \%$$

4) Konsentrasi sebelum $0,351 = 0,003X + 0,019$

$$X = \text{—————}$$

$$X = 110,6 \text{ ppm}$$

Konsentrasi sesudah $0,034 = 0,003X + 0,019$

$$X = \text{—————}$$

$$X = 5 \text{ ppm}$$

% penurunan = $\frac{\text{—————}}{\text{—————}} \times 100\%$

$$= \frac{\text{—————}}{\text{—————}} \times 100\%$$

$$= 94,5 \%$$

5) Konsentrasi sebelum $0,349 = 0,003X + 0,019$

- $X = \text{—————}$
 $X = 110 \text{ ppm}$
- Konsentrasi sesudah $0,035 = 0,003X + 0,019$
 $X = \text{—————}$
 $X = 5,3 \text{ ppm}$
- % penurunan $= \text{—————} \times 100\%$
 $= \text{—————} \times 100\%$
 $= 94,9 \%$
- 6) Konsentrasi sebelum $0,382 = 0,003X + 0,019$
 $X = \text{—————}$
 $X = 121 \text{ ppm}$
- Konsentrasi sesudah $0,04 = 0,003X + 0,019$
 $X = \text{—————}$
 $X = 7 \text{ ppm}$
- % penurunan $= \text{—————} \times 100\%$
 $= \text{—————} \times 100\%$
 $= 94,9 \%$
- 7) Konsentrasi sebelum $0,367 = 0,003X + 0,019$
 $X = \text{—————}$
 $X = 116 \text{ ppm}$
- Konsentrasi sesudah $0,036 = 0,003X + 0,019$
 $X = \text{—————}$
 $X = 5,6 \text{ ppm}$
- % penurunan $= \text{—————} \times 100\%$
 $= \text{—————} \times 100\%$
 $= 95,1 \%$
- 8) Konsentrasi sebelum $0,35 = 0,003X + 0,019$
 $X = \text{—————}$
 $X = 110,3 \text{ ppm}$
- Konsentrasi sesudah $0,034 = 0,003X + 0,019$
 $X = \text{—————}$
 $X = 5 \text{ ppm}$
- % penurunan $= \text{—————} \times 100\%$
 $= \text{—————} \times 100\%$
 $= 95,2 \%$
- 9) Konsentrasi sebelum $0,351 = 0,003X + 0,019$
 $X = \text{—————}$
 $X = 110,6 \text{ ppm}$

$$\text{Konsentrasi sesudah} \quad 0,038 = 0,003X + 0,019$$

$$X = \frac{0,038 - 0,019}{0,003}$$

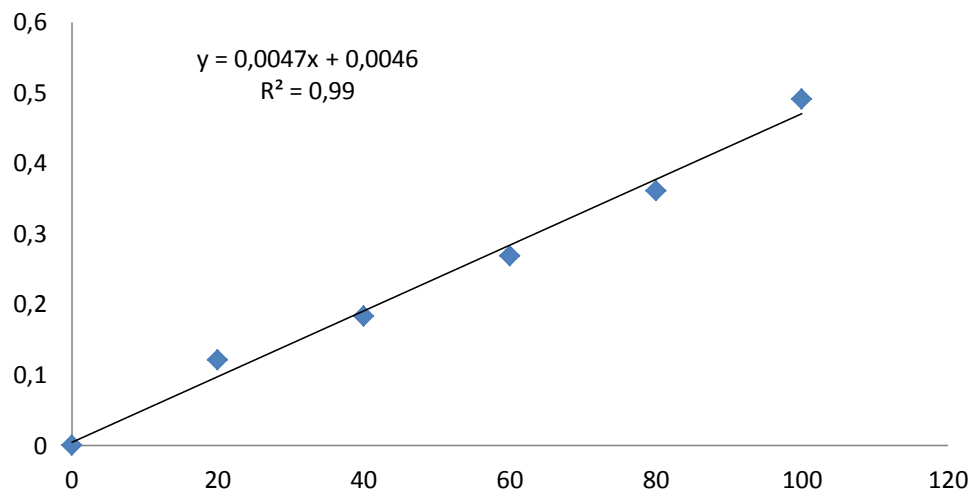
$$X = 6,3 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{0,038 - 0,019}{0,038} \times 100\%$$

$$= \frac{0,019}{0,038} \times 100\%$$

$$= 95,2 \%$$

14. Perhitungan konsentrasi mula-mula dan setelah proses elektrolisis pH 2



no	Volume Sampel (ml)	pH	Kuat arus (A)	Konsentrasi NaCl (M)	Absorbansi sebelum elektrolisis	Absorbansi sesudah elektrolisis	% penurunan konsentrasi
1			0,5		0,445	0,106	75,7
2			1		0,498	0,112	77,6
3	100		5	0,5	0,492	0,107	78,1
4			0,5		0,485	0,11	77,4
5	100		1		0,443	0,106	75,7
6		2	5	1	0,495	0,11	77,7
7			0,5		0,48	0,11	77,1
8	100		1		0,483	0,104	78,1
9			5	2	0,493	0,11	77,6

$$Y = 0.004X + 0.004$$

1) Konsentrasi sebelum $0,445 = 0,004X + 0,004$

$$X = \frac{0,445 - 0,004}{0,004}$$

$$X = 110,25 \text{ ppm}$$

Konsentrasi sesudah $0,106 = 0,004X + 0,004$

$$X = \frac{0,106 - 0,004}{0,004}$$

$$X = 25,5 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{110,25 - 25,5}{110,25} \times 100\%$$

$$= \frac{84,75}{110,25} \times 100\%$$

$$= 76,8 \%$$

2) Konsentrasi sebelum $0,498 = 0,004X + 0,004$

$$X = \frac{0,498 - 0,004}{0,004}$$

$$X = 123,5 \text{ ppm}$$

Konsentrasi sesudah $0,112 = 0,004X + 0,004$

$$X = \frac{0,112 - 0,004}{0,004}$$

$$X = 27 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{123,5 - 27}{123,5} \times 100\%$$

$$= \frac{96,5}{123,5} \times 100\%$$

$$= 78,1 \%$$

3) Konsentrasi sebelum $0,492 = 0,004X + 0,004$

$$X = \frac{0,492 - 0,004}{0,004}$$

$$X = 122 \text{ ppm}$$

Konsentrasi sesudah $0,107 = 0,004X + 0,004$

$$X = \frac{0,107 - 0,004}{0,004}$$

$$X = 25,75 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{122 - 25,75}{122} \times 100\%$$

$$= \frac{96,25}{122} \times 100\%$$

$$= 78,2 \%$$

4) Konsentrasi sebelum $0,485 = 0,004X + 0,004$

$$X = \frac{0,485 - 0,004}{0,004}$$

$$X = 120,25 \text{ ppm}$$

Konsentrasi sesudah $0,11 = 0,004X + 0,004$

$$X = \frac{0,11 - 0,004}{0,004}$$

$$X = 26,5 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{120,25 - 26,5}{120,25} \times 100\%$$

$$= \frac{93,75}{120,25} \times 100\%$$

- = 77,3 %
- 5) Konsentrasi sebelum $0,443 = 0,004X + 0,004$
 $X = \frac{0,443 - 0,004}{0,004}$
 $X = 109,75 \text{ ppm}$
- Konsentrasi sesudah $0,106 = 0,004X + 0,004$
 $X = \frac{0,106 - 0,004}{0,004}$
 $X = 25,5 \text{ ppm}$
- % penurunan $= \frac{109,75 - 25,5}{109,75} \times 100\%$
 $= \frac{84,25}{109,75} \times 100\%$
 $= 76,8\%$
- 6) Konsentrasi sebelum $0,495 = 0,004X + 0,004$
 $X = \frac{0,495 - 0,004}{0,004}$
 $X = 122,75 \text{ ppm}$
- Konsentrasi sesudah $0,11 = 0,004X + 0,004$
 $X = \frac{0,11 - 0,004}{0,004}$
 $X = 26,5 \text{ ppm}$
- % penurunan $= \frac{122,75 - 26,5}{122,75} \times 100\%$
 $= \frac{96,25}{122,75} \times 100\%$
 $= 78,4\%$
- 7) Konsentrasi sebelum $0,48 = 0,004X + 0,004$
 $X = \frac{0,48 - 0,004}{0,004}$
 $X = 119 \text{ ppm}$
- Konsentrasi sesudah $0,11 = 0,004X + 0,004$
 $X = \frac{0,11 - 0,004}{0,004}$
 $X = 26,5 \text{ ppm}$
- % penurunan $= \frac{119 - 26,5}{119} \times 100\%$
 $= \frac{92,5}{119} \times 100\%$
 $= 77,7\%$
- 8) Konsentrasi sebelum $0,483 = 0,004X + 0,004$
 $X = \frac{0,483 - 0,004}{0,004}$
 $X = 119,75 \text{ ppm}$
- Konsentrasi sesudah $0,104 = 0,004X + 0,004$
 $X = \frac{0,104 - 0,004}{0,004}$
 $X = 25 \text{ ppm}$
- % penurunan $= \frac{119,75 - 25}{119,75} \times 100\%$
 $= \frac{94,75}{119,75} \times 100\%$
 $= 79,1\%$

$$= 78,4 \%$$

9) Konsentrasi sebelum $0,493 = 0,004X + 0,004$

$$X = \frac{0,493 - 0,004}{0,004}$$

$$X = 122,25 \text{ ppm}$$

Konsentrasi sesudah $0,11 = 0,004X + 0,004$

$$X = \frac{0,11 - 0,004}{0,004}$$

$$X = 26,5 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{122,25 - 26,5}{122,25} \times 100\%$$

$$= \frac{95,75}{122,25} \times 100\%$$

$$= 78,3 \%$$

15. Aplikasi pada limbah batik

$$Y = 0,004X + 0,019$$

1) Konsentrasi sebelum $0,386 = 0,004X + 0,019$

$$X = \frac{0,386 - 0,019}{0,004}$$

$$X = 91,75 \text{ ppm}$$

Faktor Pengenceran 10 $X = 91,75 \times 10 = 917,5 \text{ ppm}$

Konsentrasi sesudah $0,363 = 0,004X + 0,019$

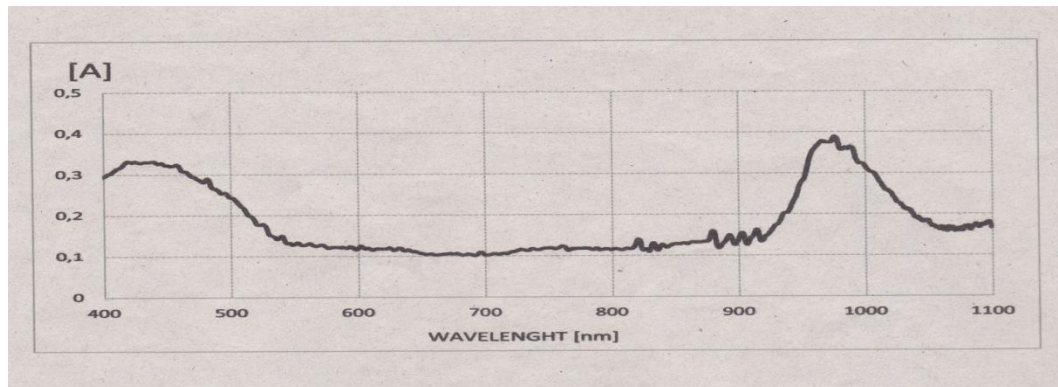
$$X = \frac{0,363 - 0,019}{0,004}$$

$$X = 86 \text{ ppm}$$

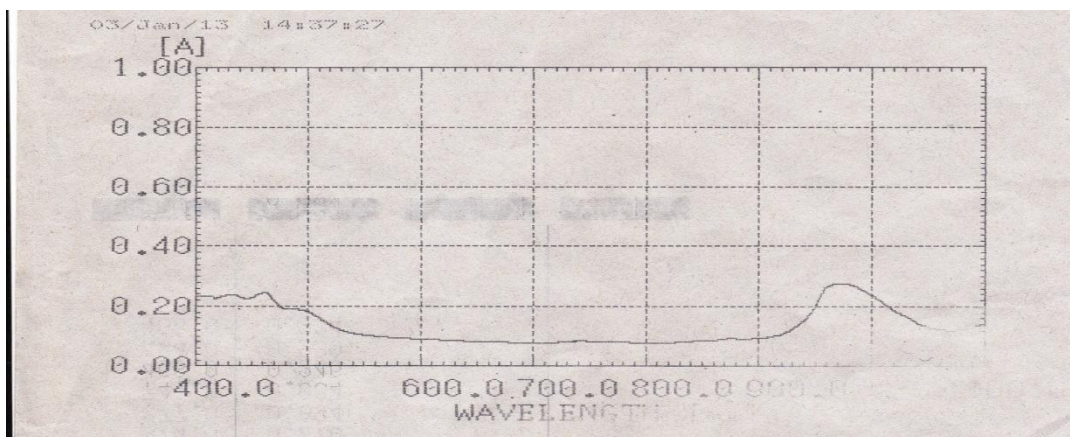
$$\% \text{ penurunan} = \frac{917,5 - 86}{917,5} \times 100\%$$

$$= \frac{831,5}{917,5} \times 100\%$$

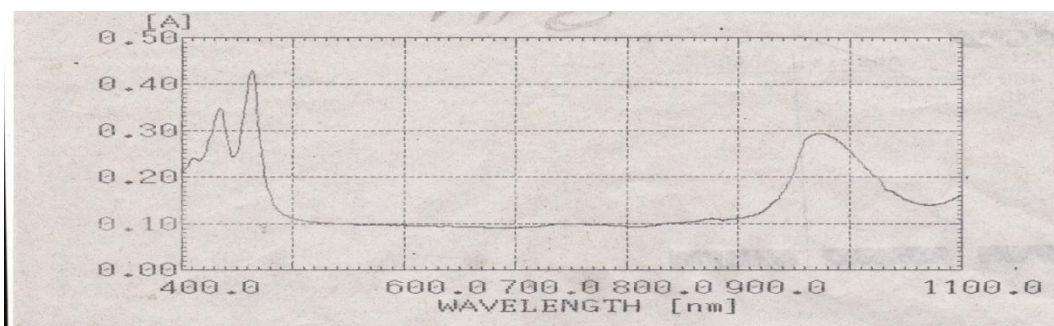
$$= 90 \%$$

LAMPIRAN 4. Dokumentasi

Gambar 16. Maksimum pada pH 2



Gambar 17. Maksimum pada pH 4



Gambar 18. Maksimum pada pH 6



Gambar 19. Larutan indigosol golden yellow 1000 ppm



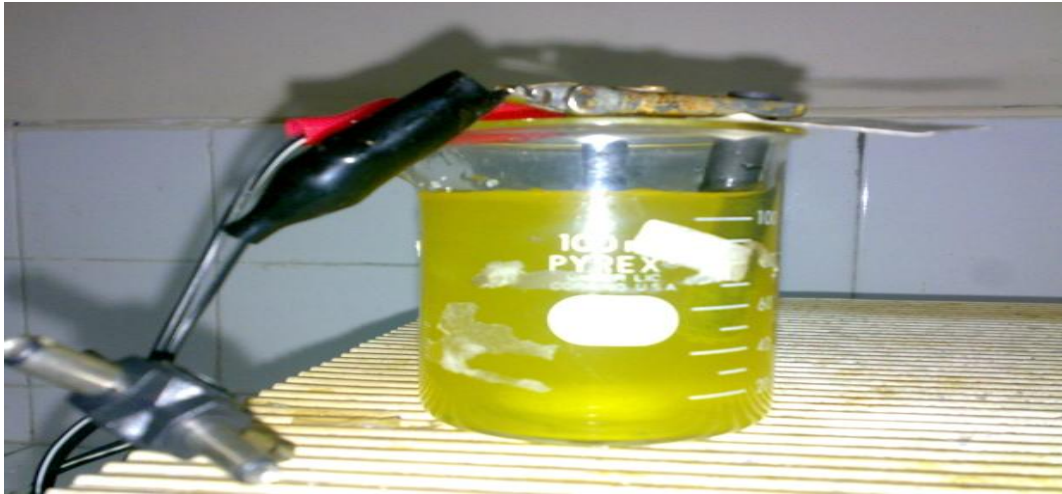
Gambar 20. pengkondisian pH



Gambar 21. Larutan untuk uji panjang gelombang pH 2, 4, 6 dari kiri



Gambar 22. larutan Indigosol Golden Yellow IRK 20-100 ppm untuk kurva kalibrasi



Gambar 23. Proses elektrolisis



Gambar 24. Sesudah elektrolisis



Gambar 25. Limbah batik



Gambar 26. Sampel untuk uji GC-MS