

**PURIFIKASI METHYL BLUE DENGAN METODE  
ELEKTROKOAGULASI PROSES MENGGUNAKAN ALUMINIUM (Al)  
SEBAGAI PLAT ELEKTRODA**



**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana  
Pada Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Palembang**

**Oleh :**

**DIAH SEPTA ERITAGUNA**

**122012021**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG**

**2017**

**LEMBAR PENGESAHAN  
PURIFIKASI METHYL BLUE DENGAN METODE  
ELEKTROKOAGULASI PROSES MENGGUNAKAN ALUMINIUM (Al)  
SEBAGAI PLAT ELEKTRODA**

**OLEH:**

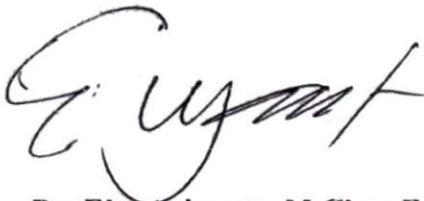
**DIAH SEPTA ERITA GUNA**

**122012021**

**Palembang, Februari 2017**

**Disetujui Oleh:**

**Dosen Pembimbing I**



**Dr. Eko Arivanto, M.ChemEng**  
**NIDN : 0217067504**

**Dosen Pembimbing II**



**Heni Juniar, ST, MT**  
**NIDN : 0202067101**

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi Teknik Kimia FT-UMP**



**Dr. Firdaus, M.Si.**  
**NIDN : 0217086803**

**LEMBAR PENGESAHAN  
PURIFIKASI METHYL BLUE DENGAN METODE  
ELEKTROKOAGULASI PROSES MENGGUNAKAN ALUMINIUM (Al)  
SEBAGAI PLAT ELEKTRODA**

**OLEH:**

**DIAH SEPTA ERITA GUNA**

122012021

**Telah Diuji Dihadapan Tim Penguji Pada Tanggal 04 Februari 2017  
Di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Palembang**

**Tim penguji:**

1. Dr. Eko Ariyanto, M.Chem Eng

2. Heni Juniar, ST.,MT

3. Ir. Legiso, M.Si.

4. Netty Herawati, ST.,MT

(*Suhat*)  
(*Juniar*)  
(*Legiso*)  
(*Netty*)

**Mengetahui,**

**Dekan Fakultas Teknik UMP**

  
**DR. Kgs. A. Roni, MT**  
NIDN : 0227077004

**Ketua Prodi Teknik Kimia**

  
**Ir. Legiso, MSi**  
NIDN : 0217086803

*Motto:*

- ❖ *Masa lalu bukan untuk dilupakan melainkan untuk diingat sebagai bagian dari kenangan dan pelajaran hidup, tak perlu disesali karena masih ada hari esok untuk hidup lebih baik lagi.*
- ❖ *Seperti mendaki gunung suatu saat kamu akan berada dimana kamu tidak bisa mundur tapi selalu ada pilihan, menyerah atau terus berjalan. Jika lelah istirahatlah sejenak tapi jangan pernah mundur.*
- ❖ *Saya percaya usaha tidak akan membohongi hasil, dan saya percaya proses yang menentukan keberhasilan, bukan tinggi atau rendahnya nilai yang diraih.*

*Kupersembahkan kepada:*

1. *Allah SWT atas karunia dan nikmat yang telah diberikan-Nya.*
2. *Ayahku tercinta Nawari dan ibundaku tersayang Umianah yang selalu senantiasa memberikan doa, cinta dan kasih sayangnya, serta dukungan materi, moral untuk keberhasilanku.*
3. *Saudara-saudaraku yang slalu mendukung dan menyayangiku ayuk Yoes, yunda Ceria, kak Meddy, kak Robby, kak Debby, dindaku Novita, Bayun, Asti serta krucilku Abel, Lala, dede Hanan, dan dede Nasya.*
4. *Teman-teman seperjuanganku, Laras, Fajar, Mubin, kak Roy, kak Ragil dan kak Alex, serta mbak Putri, mbak Sahidah, Thankyou atas bantuannya.*
5. *Teman-teman seluruh teknik kimia angkatan 2012 yang telah banyak membantu.*
6. *Para dosen-dosen fakultas teknik jurusan teknik kimia yang telah membimbingku.*
7. *Almamater muhhamadiyah Palembang.*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan Kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan Karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir yang berjudul **“PURIFIKASI METHYL BLUE DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI PROSES MENGGUNAKAN ALUMINIUM (Al) SEBAGAI PLAT ELEKTRODA”** ini dengan baik. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu di Fakultas Teknik Program Studi Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang dan bertujuan untuk menggali dan menerapkan ilmu yang telah didapat selama kuliah. Penyusun menyadari bahwa di dalam penyusunan Hasil Penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak agar penyusunan tugas akhir ini dapat lebih sempurna.

Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kgs A. Roni, MT. Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
2. Bapak Ir. Legiso, M.Si Sebagai Ketua Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.
3. Ibu Netty Herawati, ST,MT. Sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.
4. Bapak Dr. Eko Ariyanto, M.ChemEng sebagai dosen pembimbing I.
5. Ibu Heni Juniar, ST,MT. sebagai dosen pembimbing II.
6. Staf Pengajar dan Karyawan di Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.
7. Rekan-rekan Mahasiswa di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.

Semoga tugas Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua, amin

Palembang, Januari 2017

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATAPENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Elektrokoagulasi .....	6
2.2 Faktor Yang Mempengaruhi Elektrokoagulasi .....	9
2.3 Penelitian Terdahulu.....	10
2.4 Reaksi Elektrokoagulasi .....	11
2.5 Skema Alat dan Bahan.....	12
2.6 Mekanisme Proses Elektrokoagulasi .....	13
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>17</b>
3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian.....	17
3.2 Alat Dan Bahan.....	17
3.2.1 Bahan Penelitian .....	17
3.2.2 Alat Penelitian.....	17
3.3 Prosedure Percobaan.....	19

3.3.1 Persiapan Bahan.....	19
3.3.2 Perancangan Reaktor Koagulasi .....	19
3.3.3 Proses Koagulasi.....	20
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>21</b>
4.1 Hasil Penelitian.....	21
4.2 Pengaruh Waktu dan pH Terhadap Konsentrasi Elektrokoagulasi.....	22
4.3 Pengaruh Efisiensi Terhadap waktuElektrokoagulasi .....	23
4.4 Kinetika Elektrokoagulasi Terhadap waktu Elektrokoagulasi.....	26
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>30</b>
5.1 Kesimpulan .....	30
5.2 Saran .....	30
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Elektrokoagulasi .....	21
Tabel 4.2 Hasil Persentase Koefisien .....	24
Tabel 4.2 Perbandingan Nilai Konstanta .....	27
Tabel 4.3 perbandingan terhadap Orde1 .....	27

## DAFTAR GAFIK

Gambar 4.1 Grafik hubungan waktu terhadap konsentrasi .....	22
Gambar 4.2 Grafik hubungan PH konsentrasi terhadap waktu .....	25
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara kinetik terhadap waktu .....	29

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Venn .....	6
Gambar 2.2 Diagram alir IPAL .....	7
Gambar 2.3 Ilustrasi reaksi elektrokoagulasi .....	12
Gambar 2.4 Skema Reaktor .....	13
Gambar 2.5 Proses elektokoagulasi .....	14
Gambar 3.1 Diagram alir .....	18
Gambar 3.2 Rancangan reaktor .....	20

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I PERHITUNGAN BAHAN .....	30
LAMPIRAN II GAMBAR KEGIATAN .....	35

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Elektrokoagulasi merupakan proses penggumpalan dan pengendapan partikel-partikel halus yang terdapat dalam air dengan menggunakan energi listrik. Hal tersebut telah dibuktikan betapa efisiennya proses tersebut untuk menghilangkan kontaminan di dalam air. Elektrokoagulasi mempunyai efisiensi yang tinggi dalam penghilangan kontaminan dan biaya operasi yang rendah. Proses ini berdasarkan pada prinsip ilmu dimana adanya respon air yang mengandung kontaminan terhadap medan listrik melalui reaksi reduksi dan oksidasi dan dapat menghilangkan beberapa kation berat 99% serta dapat mengurangi mikroorganisme dalam air. Beberapa ion-ion lainnya dan koloid-koloid dapat dihilangkan. Elektrokoagulasi merupakan bukan teknologi terbaru. Pengolahan limbah cair dengan menggunakan elektrokoagulasi telah dipraktekan sejak abad ke-20 (100 tahun yang lalu) dengan keberhasilan proses yang terbatas. Dengan menggunakan listrik untuk mengolah air merupakan hal pertama yang dilakukan di Inggris pada tahun 1889 dan aplikasi dari elektrolisis pada mineral *beneficiation* telah dipatenkan oleh Elmore pada tahun 1904. Prinsip proses elektrokoagulasi telah digunakan untuk mengolah air "bilge" dari kapal-kapal dan dipatenkan pertama kali oleh A.E.Dietrich pada tahun 1906.

Proses elektrokoagulasi terbentuk melalui pelarutan logam dari anoda yang kemudian berinteraksi secara simultan dengan ion hidroksi dan gas hidrogen yang dihasilkan dari katoda. Elektrokoagulasi telah ada sejak tahun 1889 yang dikenalkan oleh Vik et al dengan membuat suatu instalasi pengolahan untuk limbah rumah tangga (*sewage*). Tahun 1909 di *United States*, J.T. Harries telah mematenkan pengolahan air limbah dengan sistem elektrolisis menggunakan anoda Aluminium dan besi. Matteson (1995) memperkenalkan "*Electronic Coagulator*" dimana arus listrik yang diberikan ke anoda akan melarutkan Aluminium ke dalam larutan yang kemudian bereaksi dengan ion hidroksi (dari katoda) membentuk aluminium hidroksi. Hidroksi mengflokulasi dan

mengkoagulasi partikel tersuspensi sehingga terjadi proses pemisahan zat padat dari air limbah. Proses yang mirip juga telah dilakukan di Brittain tahun 1956 (Matteson et al., 1995) hanya anoda yang digunakan adalah besi dan digunakan untuk mengolah air sungai. Sekarang ini elektrokoagulasi telah dipasarkan oleh beberapa perusahaan di beberapa negara. Berbagai macam desain telah dibuat namun tak ada yang dominan. Seringnya unit elektrokoagulasi digunakan untuk menggantikan bahan kimia dan jarang yang memanfaatkan gas hidrogen untuk proses flotasi. Sebuah arus yang dilewatkan ke elektroda logam maka akan mengoksidasi logam (M) tersebut menjadi logam kation ( $M^+$ ), sedangkan air akan mengalami reduksi menghasilkan gas hidrogen ( $H_2$ ) dan ion hidroksi (OH).

Elektrokoagulasi telah digunakan dalam pengolahan limbah cair yang mengandung minyak dan lemak, suspended solid bahkan polutan organik dan anorganik yang dapat menjadi flokulasi. Metode ini efektif diterapkan untuk pengerjaan dari limbah pewarna tekstil, pemurnian air limbah, penyamakan kulit dan air limbah rumah tangga. Metode ini dikategorikan dengan peralatan sederhana dan mudah dioperasikan. Proses elektrokoagulasi mempunyai jumlah endapan yang lebih rendah dan memiliki fitur secara keseluruhan seperti lebih ekonomis dan efisiensi pengerjaan yang lebih tinggi telah menjadi metode yang lebih menjanjikan. Limbah yang dibuang ke badan air dari pabrik tekstil menghasilkan warna air limbah sangat pekat yang terdiri dari berbagai jenis warna. Industri tekstil merupakan industri yang menggunakan sejumlah besar zat pewarna yang berasal dari bermacam-macam zat kimia sehingga dapat menghasilkan air limbah yang berwarna, beracun dan bahkan karsinogenik yang dapat berbahaya serius bagi biota air dan manusia (Deshuai Sun et al., 2010). Selain itu limbah cair tekstil menimbulkan dampak masalah yang serius terhadap lingkungan, hal ini disebabkan limbah cair tekstil memiliki warna yang tinggi, Chemical Oxygen Demand (COD) yang tinggi, pH yang berubah-ubah dan temperatur tinggi (Tak-Hyun Kim et al., 2002). Sebagian besar limbah warna yang apabila berada di badan air akan menghalangi cahaya matahari, panas dan oksidasi, sehingga tidak dapat terdegradasi atau terurai oleh lingkungan. Salah satu zat warna yang digunakan dalam industri tekstil adalah Methyl Blue.

Produksi limbah methyl blue yang dihasilkan oleh industri tekstil berkisar 50 % dari total limbah warna (Jia-Shun Cao et al., 2014). Methyl blue adalah zat warna kation yang paling umum dan sering digunakan untuk proses pencelupan kain (Alexandro M.M. Vargas et al., 2011). Methyl blue yang terkandung di dalam air akan mengakibatkan keracunan bagi makhluk hidup. Efek racun terhadap manusia antara lain hipotermia, peningkatan tekanan darah, cedera kornea mata, dan kerusakan sistem pernapasan (Hatem A. AL-Aoh et al., 2013). Sehingga penelitian ini penting untuk dilakukan sebagai upaya untuk menghilangkan kandungan Methyl Blue di dalam air buangan limbah tekstil.

Secara tradisional, air limbah tekstil diolah dengan berbagai metode seperti adsorpsi, pengendapan, penguraian secara kimia, aerasi, ultrafiltrasi, ozonisasi, biodegradasi, koagulasi, dan elektrokoagulasi (EC) (Lin and Peng, 1994). Sebagai besar pewarna dapat menahan cahaya matahari sehingga limbah warna tersebut tidak dapat diolah dengan proses secara tradisional seperti proses dengan menggunakan lumpur aktif (Glenn M. Shaul et al., 1991). Proses adsorpsi, ultrafiltrasi, dan ozonisasi lebih mahal dibandingkan koagulasi kimia. Jika koagulasi kimia digunakan untuk proses pengolahan air limbah, pencemaran lebih lanjut dapat terjadi hal ini disebabkan oleh zat kimia yang ditambahkan di dalam pengolahan limbah (Jagadeesh Thampi and Paul, 1997). Ketika jumlah bahan kimia ditambahkan berlebihan maka mengakibatkan pencemaran pada lumpur dalam jumlah yang besar sehingga pencemaran tahap kedua dapat terjadi (Tak-Hyun Kim et al., 2002). Secara umum pengolahan limbah cair secara konvensional yang memiliki keterbatasan-keterbatasan tersebut menjadi alasan untuk mengembangkan metode alternatif untuk mengolah limbah cair. Salah satu metode yang saat ini banyak dikembangkan adalah metode elektrokoagulasi. Sehingga dalam penelitian ini diusulkan teknologi elektrokogulasi untuk mencegah permasalahan pada proses koagulan secara kimia. Proses elektrokoagulasi merupakan gabungan dari proses elektrokimia dan proses flokulasi-koagulasi (SUSETYANINGSIH et al., 2008). Proses elektrokogulasi dalam pengolahan limbah methylen blue memiliki keuntungan antara lain ramah lingkungan, efektif, cepat dan ekonomis (Holt et al., 2005a). Proses elektrokogulasi memiliki

kemampuan menghilangkan partikel koloid kecil dan memiliki kemampuan yang lebih besar untuk mengumpalkan partikel tersebut, hal ini dikarenakan proses elektrokoagulasi menghasilkan muatan listrik untuk membentuk proses tarik menarik antar partikel tersebut (Rasoul Khosravi et al., 2015). Menurut Lee, S.Y dan Gagnon G.A (Lee and Gagnon, 2016) metode elektrokoagulasi memiliki kelebihan yaitu lebih cepat mereduksi kandungan koloid/partikel yang paling kecil dalam limbah, dan gelembung-gelembung gas yang dihasilkan pada proses elektrokoagulasi ini dapat membawa polutan ke permukaan air membentuk flok sehingga mudah dipisahkan dari air. Dari uraian tersebut, metode elektrokoagulasi dapat menjadi alternatif untuk mengolah limbah cair pewarnaan methylene blue.

Proses elektrokoagulasi mempunyai beberapa faktor yang mempengaruhinya yaitu kerapatan arus listrik, waktu, tegangan listrik, kadar keasaman (pH), dan jarak antar elektroda (Singh and Ramesh, 2014). Hambatan juga dipengaruhi oleh jarak antar elektroda, semakin besar jaraknya maka semakin besar hambatannya sehingga semakin kecil arus yang mengalir (Daneshvara et al., 2003). Adapun penelitian yang dilakukan oleh Singh, T.S.A. and S.T. Ramesh menunjukkan bahwa jarak antar elektroda berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi *Reactive Blue 25*(RB 25) dengan menggunakan elektrokoagulasi. Dimana semakin lebar jarak elektroda akan mengakibatkan intensitas arus lebih rendah sehingga akan menurunkan efisiensi RB 25. Oleh karena itu penelitian ini untuk mengkaji lebih mendalam mengenai pengaruh tegangan, waktu, pH larutan, jarak elektroda dalam proses elektrokoagulasi terhadap penurunan methylen blue limbah dengan menggunakan plat aluminium.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dari uraian latar belakang masalah diatas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh waktu terhadap konsentrasi yang dihasilkan dalam proses elektrokoagulasi methyl blue tersebut?
2. Pada pH larutan yang beberapa akan meghasilkan konsentrasi paling optimum dalam proses eletrokoagulasi methyl blue tersebut?
3. Bagaimana pengaruh kinetika elektrokoagulasi dalam proses elektrokoagulasi methyl blue tersebut?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pH larutan yang paling baik (optimum) dalam proses elektrokoagulasi methyl blue.
2. Untuk mengetahui waktu yang paling optimum dalam proses eletrokoagulasi methyl blue.
3. Untuk mengetahui kinetika elektrokoagulasi yang paling baik dalam proses eletrokoagulasi methyl blue.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

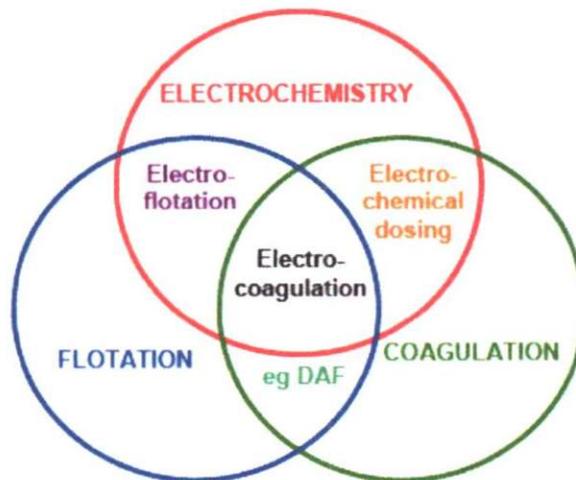
1. Memberikan alternative pengolahan methyl blue terhadap lingkungan.
2. Memberikan kontribusi ilmu pengetahuan terutama yang berkaitan dengan pengolahan limbah cair industri.
3. Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya mengenai pengolahan limbah cair industri.
4. Sebagai masukan bagi industri untuk pengolahan limbah terlebih dahulu sebelum dibuang ke IPAL ataupun lingkungan sekitar.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan air secara elektrokimia dimana pada anoda terjadi pelepasan koagulan aktif berupa ion logam (biasanya alumunium atau besi) ke dalam larutan, sedangkan pada katoda terjadi reaksi elektrolisis berupa pelepasan gas hidrogen (Holt et al., 2005b). Sedangkan menurut Mollah., (2004), elektrokoagulasi adalah proses kompleks yang melibatkan fenomena kimia dan fisik dengan menggunakan elektroda untuk menghasilkan ion yang digunakan untuk mengolah air limbah.



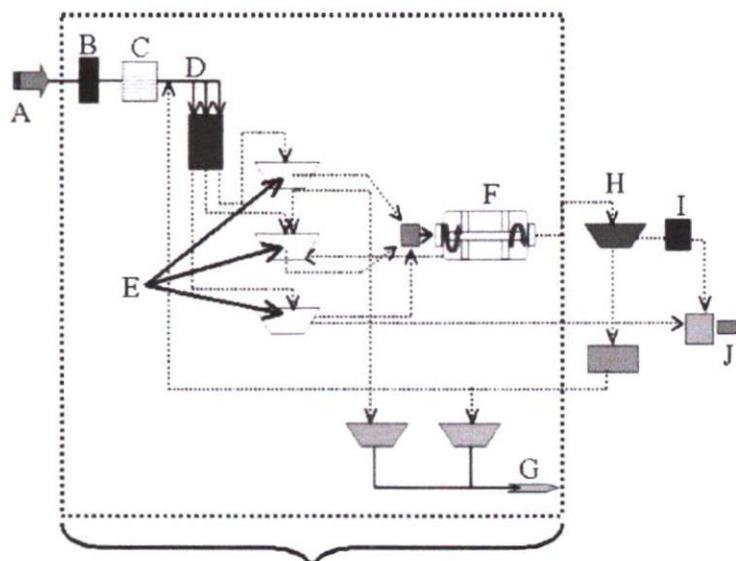
**Gambar 2.1**Diagram Venn(Holt et al., 2005b)

Diidentifikasi terdapat tiga proses mendasar yang terjadi dalam elektrokoagulasi yaitu elektrokimia, koagulasi dan flotasi. Ketiga proses ini dapat digambarkan dengan diagram venn dimana kombinasi dari ketiganya menghasilkan teknologi elektrokoagulasi, sedangkan kombinasi yang lain menghasilkan teknologi yang berbeda. Diagram Venn dapat dilihat pada Gambar 2.1

Elektrokoagulasi bukan merupakan teknologi baru, dari literatur yang ada menunjukkan bahwa teknologi ini telah ditemukan lebih dari seratus tahun yang

lalu. Contoh aplikasi yang ada misalnya adalah pada akhir abad 19, telah terdapat beberapa instalasi pengolahan air bersih yang cukup besar di London yang mempergunakan teknologi ini (Matteson et al., 1995). Sementara instalasi pengolahan lumpur secara elektrolisis dioperasikan di beberapa tempat di Amerika Serikat pada awal tahun 1911 yang memiliki ukuran yang serupa dengan instalasi pengolahan air limbah pada masa tersebut (Holt et al., 2005b). Namun sejak tahun 1930-an semua instalasi tersebut tidak dioperasikan lagi dikarenakan biaya operasional yang tinggi dan adanya alternatif lain berupa penggunaan bahan kimia sebagai koagulan (Holt et al., 2005b).

Pada masa sekarang penggunaan teknologi elektrokoagulasi mulai dikembangkan kembali untuk meningkatkan kualitas effluen air limbah. Elektrokoagulasi digunakan untuk mengolah effluen dari beberapa air limbah yang berasal dari industri makanan, limbah tekstil, limbah rumah makan, limbah yang mengandung senyawa arsenik, air yang mengandung fluorida, dan air yang mengandung partikel yang sangat halus, bentonit dan kaolin.



**Gambar 2.2 Diagram alir IPAL konvensional dan unit yang dapat digantikan oleh Elektrokoagulasi**

(ket : A: air limbah, B: bar screen, C: grit chamber, D: bak distribusi, E: primary sedimentation, F: Oxidation Ditch, G: pengolahan lumpur, H: Clarifier, I: klorinasi, J: effluen) (Mollah et al., 2004)

8. Gelembung gas yang dihasilkan selama proses elektrolisis dan membawa polutan yang diolah untuk naik ke permukaan (flotasi) dimana flok tersebut dengan mudah terkonsentrasi, dikumpulkan dan dipisahkan.
9. Perawatan reaktor elektrokoagulasi lebih mudah karena proses elektrolisis yang terjadi cukup dikontrol dari pemakaian listrik tanpa perlu memindahkan bagian didalamnya.
10. Teknologi elektrokoagulasi dapat dengan mudah diaplikasikan di daerah yang tidak terjangkau layanan listrik yakni dengan menggunakan panel matahari yang cukup untuk terjadinya proses pengolahan.

Sedangkan kerugian dari penggunaan elektrokoagulasi adalah :

1. Elektroda yang digunakan dalam proses pengolahan ini harus diganti secara teratur.
2. Penggunaan listrik kadang kala lebih mahal pada beberapa daerah.
3. Terbentuknya lapisan di elektroda dapat mengurangi efisiensi pengolahan.
4. Teknologi ini membutuhkan konduktivitas yang tinggi pada air limbah yang diolah.
5. Hidroksida seperti gelatin cenderung *solubilize* pada beberapa kasus.

## 2.2 Faktor yang mempengaruhi elektrokoagulasi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi ini antara lain :

### a. Kuat arus

Pengolahan limbah besi dengan rapat arus 40, 50, 60, dan 70 mA/cm<sup>2</sup> menghasilkan penurunan kontaminan nikel sebesar 95% dan Cu sebesar 98% pada rapat arus 70 mA/cm<sup>2</sup>. Ini dikarenakan rapat arus merupakan elektron yang berpindah setiap satuan luas. Sehingga semakin besar rapat arus maka elektron yang berpindah maka semakin besar, hal ini akan menyebabkan pembentukan koagulan yang terbentuk akan semakin banyak. Menurut Koparal dan Ögütveren(2002) umumnya rapat arus yang digunakan pada interval 10 – 150 A/m<sup>2</sup>. Perbedaan kuantitas rapat arus yang digunakan tergantung pada perbedaan kondisi aplikasi (Rachmanita, 2012).

b. Jenis Elektrode

Pada penelitian yang dilakukan ada 3 elektroda yang digunakan yaitu Fe, Zn, serta Al. Setiap jenis elektroda ini memberikan pengaruh yang berbeda-beda. Hasil terbaik pada penelitian ini di dapat pada logam Al dengan penurunan TSS sebesar 95,3%, sedangkan untu Fe terjadi penurunan sebesar 94,39% dan Zn sebesar 91,96%. Penggunaan jenis elektroda ini dipengaruhi kereaktifan logam serta pembentukan koagulan untuk mengikat kotoran yang ada.

c. Waktu

Percobaan elektrokoagulasi dengan variasi waktu 1, 5, 10, 20, 30, 60, 90 dan 120 menit. Dalam elektrokoagulasi semakin lama waktu proses maka penurunan parameter pencemaran akan semakin baik. Ini juga sesuai hukum faraday yang menyatakan semakin lama waktu prosesmaka akan semakin banyak koagulan yang terbentuk. Semakin banyak koagulan yang terbentuk maka semakin baik penurunan parameter pencemaran.

### 2.3 Penelitian Terdahulu

Elektrokoagulasi Menurut Susetyaningsih, proses elektrokoagulasi merupakan gabungan dari proses elektrokimia dan proses koagulasi flokulasi dan elektrokimia. Proses ini diduga dapat menjadi pilihan metode pengolahan limbah radioaktif dan limbah B3 cair fase air alternatif mendamping metode pengolahan yang lain (Retno, dkk 2008).

Elektrokoagulasi adalah proses destabilisasi suspensi, emulsi dan larutan yang mengandung kontaminan dengan cara mengalirkan arus listrik melalui air, menyebabkan terbentuknya gumpalan yang mudah dipisahkan. Menurut Mollah, dalam penggunaan proses elektrokoagulasi harus diberikan gambaran tentang kelebihan dan kerugian dalam mengolah limbah cair (Kamilul, 2008).

Sedangkan kelemahan dalam proses elektrokoagulasi ialah :

1. Tidak dapat digunakan untuk mengolah limbah cair yang mempunyai sifat elektrolit cukup tinggi dikarenakan akan terjadi hubungan singkat antar elektroda.

2. Besarnya reduksi logam berat dalam limbah cair dipengaruhi oleh besar kecilnya arus voltase listrik searah pada elektroda, luas sempitnya bidang kontak elektroda dan jarak antar elektroda.
3. Elektroda yang digunakan dalam proses elektrokoagulasi harus diganti secara teratur.
4. Terbentuknya lapisan di elektroda dapat mengurangi efisiensi pengolahan

#### 2.4 Reaksi Elektrokoagulasi

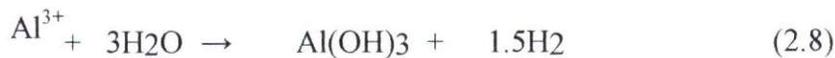
Seperti diketahui bahwa reaktor elektrokoagulasi merupakan sel elektrokimia, dimana dalam reaktor tersebut disusun elektroda-elektroda yang akan kontak dengan air yang akan diolah. Untuk menghasilkan koagulan diperlukan beda potensial diantara elektroda. Perbedaan potensial ini diperlukan untuk menimbulkan reaksi elektrokimia pada masing-masing elektroda.

Dari berbagai penelitian yang ada telah didesain berbagai macam konfigurasi elektroda seperti pemakaian pellet Besi dengan reaktor fluidized bed (Barkley et al., 1993), elektroda besi *bipolar* (Mameri et al., 1998), elektroda mesh (Matteson et al., 1995), baja *bipolar* berbentuk lingkaran (Ögütveren et al., 1992) dan juga elektroda sederhana berbentuk lempengan (Vik et al., 1984, Holt et al., 2005a, Mameri et al., 1998). Selain itu berbagai jenis elektroda telah dicoba seperti Besi, besi, baja dan platinum. Bahan elektroda digunakan untuk mengetahui jenis koagulan yang timbul. Aluminium merupakan salah satu elektroda yang bisa digunakan, dimana pada proses elektrokoagulasi terjadi proses pelarutan anodik yang reaksi dapat dilihat pada Pers (1.1) sebagai berikut:



Reaktor yang mempergunakan Al pada kedua elektroda yaitu anoda dan katoda dilaporkan proses pelarutan besi melebihi 100% (Przhegorlinskii et al., 1987 ; Donini et al., 1994 ; Mameri et al., 1998 ; Bozin and Mikhailov, 1990 dalam Holt, 2002).

Untuk penggunaan Al pada kedua elektroda, reaksinya adalah sebagai berikut :



Sedangkan proses pelepasan aluminium pada kutub katoda adalah sebagai berikut



## 2.5 Skema Alat dan bahan

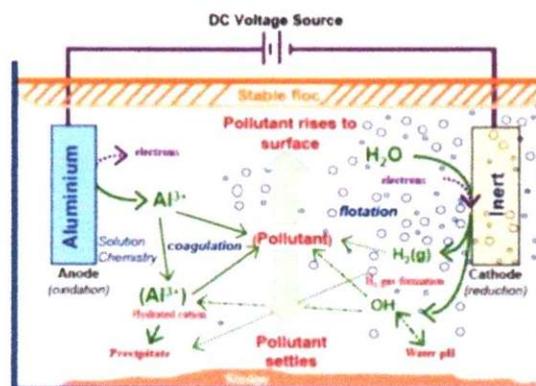
Beberapa material elektroda dapat dibuat dari Aluminium, besi, stainless steel dan platina. Pada penelitian ini anoda yang digunakan adalah Aluminium. Persamaan (3) menjelaskan pelarutan anode Aluminium :



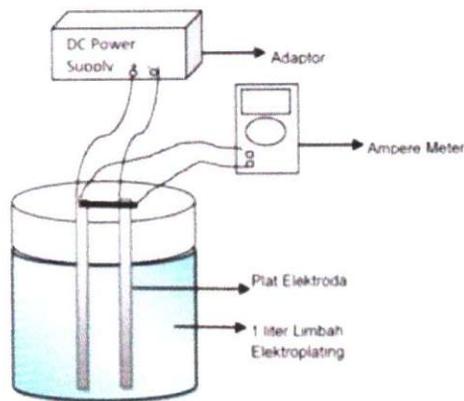
Secara simultan, reaksi katodik biasanya terjadi perubahan hidrogen. Reaksi ini terjadi pada katoda dan tergantung pada pH netral atau alkali, hidrogen diproduksi melalui persamaan (4) :



ketika dalam kondisi asam, persamaan (5) dapat menjelaskan dengan baik perubahan hidrogen pada katoda.



Gambar 2.3 Ilustrasi reaksi elektrokoagulasi



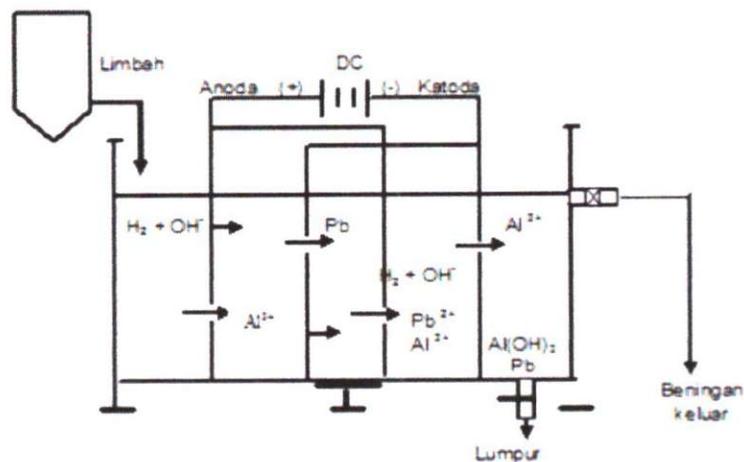
**Gambar 2.4 Skema reaktor elektrokoagulasi**

Ada beberapa macam interaksi spesies dalam larutan pada proses elektrokoagulasi, yaitu:

1. Migrasi ke elektroda yang bermuatan berlawanan (*electrophoresis*) dan penggabungan (*aggregation*) untuk membentuk senyawa netral.
2. Kation atau ion hidroksi ( $\text{OH}^-$ ) membentuk endapan dengan polutan.
3. Logam kation berinteraksi dengan  $\text{OH}^-$  membentuk hidroksi, yang mempunyai sisi yang mengadsorpsi polutan (*bridge coagulation*)
4. Hidroksi membentuk struktur besar dan membersihkan polutan (*sweep coagulation*)
5. Oksidasi polutan sehingga mengurangi toxicitinya
6. Penghilangan melalui elektrofotasi dan adhesi gelembung udara.

## 2.6 Mekanisme Proses elektrokoagulasi

Pada proses elektrokimia akan terjadi pelepasan  $\text{Al}^{3+}$  dari plat elektrode (anoda) sehingga membentuk flok  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang mampu mengikat kontaminan dan partikel-partikel dalam limbah. Reaksi yang terjadi pada proses ini adalah:



**Gambar 2.5 Proses Elektrokoagulasi**

Apabila dalam suatu elektrolit ditempatkan dua elektroda dan dialiri arus listrik searah, maka akan terjadi peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana ion positif (kation) bergerak ke katoda dan menerima elektron yang direduksi dan ion negatif (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron yang dioksidasi. Katoda Ion  $H^+$  dari suatu asam akan direduksi menjadi gas hidrogen yang akan bebas sebagai gelembung-gelembung gas.

Koagulasi dan flokulasi adalah metode tradisional pada pengolahan air limbah. Pada proses ini bahan koagulan seperti alum atau feri klorida dan bahan aditif lain seperti polielektrolit ditambahkan dengan dosis tertentu untuk menghasilkan persenyawaan yang berpartikel besar sehingga mudah dipisahkan secara fisika. Ini merupakan proses dengan tahap yang banyak sehingga memerlukan area lahan yang luas dan ketersediaan bahan kimia secara terus menerus (continuous). Sebuah metode yang lebih efisien dan murah untuk mengolah air limbah dengan jenis polutan yang bervariasi serta meminimisasi bahan aditif adalah diperlukan dalam manajemen keberlanjutan air. Elektrokoagulasi adalah metode pengolahan yang mampu menjawab permasalahan tersebut.

Proses koagulasi merupakan faktor kunci dalam elektrokoagulasi, proses ini menggambarkan interaksi antara koagulan dengan bahan polutan yang hendak diolah. Prinsip dari koagulasi adalah destabilisasi partikel koloid dengan cara mengurangi semua gaya yang mengikat, kemudian menurunkan energi

penghalang dan membuat partikel menjadi bentuk flok. Proses ini tergantung pada karakteristik fisik dan kimia dari larutan, jenis polutan dan koagulan, jenis mekanisme koagulasi yang terjadi. Pada reaktor elektrokoagulasi, mekanisme koagulasi yang dominan terjadi akan bervariasi tergantung kondisi pengoperasian reaktor, jenis dan konsentrasi polutan dan konsentrasikoagulan.

Elektrokoagulasi dapat dibandingkan dengan koagulasi kimiawi untuk menunjukkan efisiensi dan keuntungannya. Pada koagulasi kimiawi, bahan kimia yang ditambahkan sebagai koagulan yang berbentuk garam dan di dalam larutan akan mengalami disosiasi melalui hidrolisis dari kation Aluminium (dan berhubungan dengan anion larutan) yang diukur dengan kondisi larutan dan nilai pH. Penambahan Aluminium sulfat pada koagulasi kimiawi akan membuat air menjadi asam sedangkan pada penambahan Aluminium pada elektrokoagulasi yang tidak menyebabkan disosiasi pada anion garam di larutan, akan menyebabkan nilai pH relatif stabil dalam kisaran basa (Koparal and Ögütveren, 2002). Namun menurut (Doni et al., 1994) dan Musquere et al. (1983) menyatakan bahwa mekanisme koagulasi antara elektrokoagulasi dengan koagulasi kimiawi relatif sama, walaupun pernyataan ini tidak didukung dengan data penelitian yang memadai. Pada elektrokoagulasi, stabilitas polutan diukur dari karakteristik fisik kimia dari polutan tersebut. Polutan tersusun atas partikel bermuatan yang sama yang terikat satu dengan lainnya dan dengan gaya repulsive menyebabkan menjadi stabil. Proses perubahan ion yang berlawanan menjadi polutan yang bermuatan akan membentuk lapisan ganda elektrik (*electric double layer*) yang disebut lapisan diffuse dan Stern (Holt et al., 2005b, Letterman, 1999). Repulsif elektrostatis antara lapisan ganda elektrik akan membuat partikel terpisah, sedangkan gaya van der Waals akan menyatukan partikel tersebut. Untuk memperoleh pemisahan yang kecil, terlebih dahulu dibutuhkan energi barrier yang repulsif. Zeta potensial dapat digunakan untuk mengukur secara eksperimen muatan efektif dari partikel untuk bergerak dalam larutan, hal ini merupakan indikator langsung dari stabilitas larutan (Letterman, 1999). Sedangkan Holt et al., (2005b) melaporkan pada pengukuran di reaktor yang batch nilai titik isoelektrik berkaitan dengan tingkat removal polutan yang tinggi. Oleh sebab itu, pengukuran

zeta potensial dapat menunjukkan karakteristik penting dari sistem elektrokoagulasidan juga menunjukkan indikasi dari stabilitas dan indikasi kemungkinan mekanisme koagulasi yang terjadi.

Aluminium merupakan logam yang sering digunakan sebagai anoda dalam proses elektrokoagulasi. Ion positif (kation) Aluminium yang terlepas (tergantung pada kondisi polutan, pH dan konsentrasi larutan) secara langsung akan berinteraksi dengan polutan dan akan terjadi hidrolisa membentuk kompleks hidro-Aluminium atau juga terjadi presipitasi. Proses pembentukan kation ini sangat penting untuk dapat memahami mekanisme elektrokoagulasi.

Thermodinamika dapat digunakan untuk mengukur dan menghitung zat yang bereaksi dalam larutan. Adapun reaksi yang terjadi pada Aluminium ketika terlepas ke larutan adalah sebagai berikut:



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Analisa Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

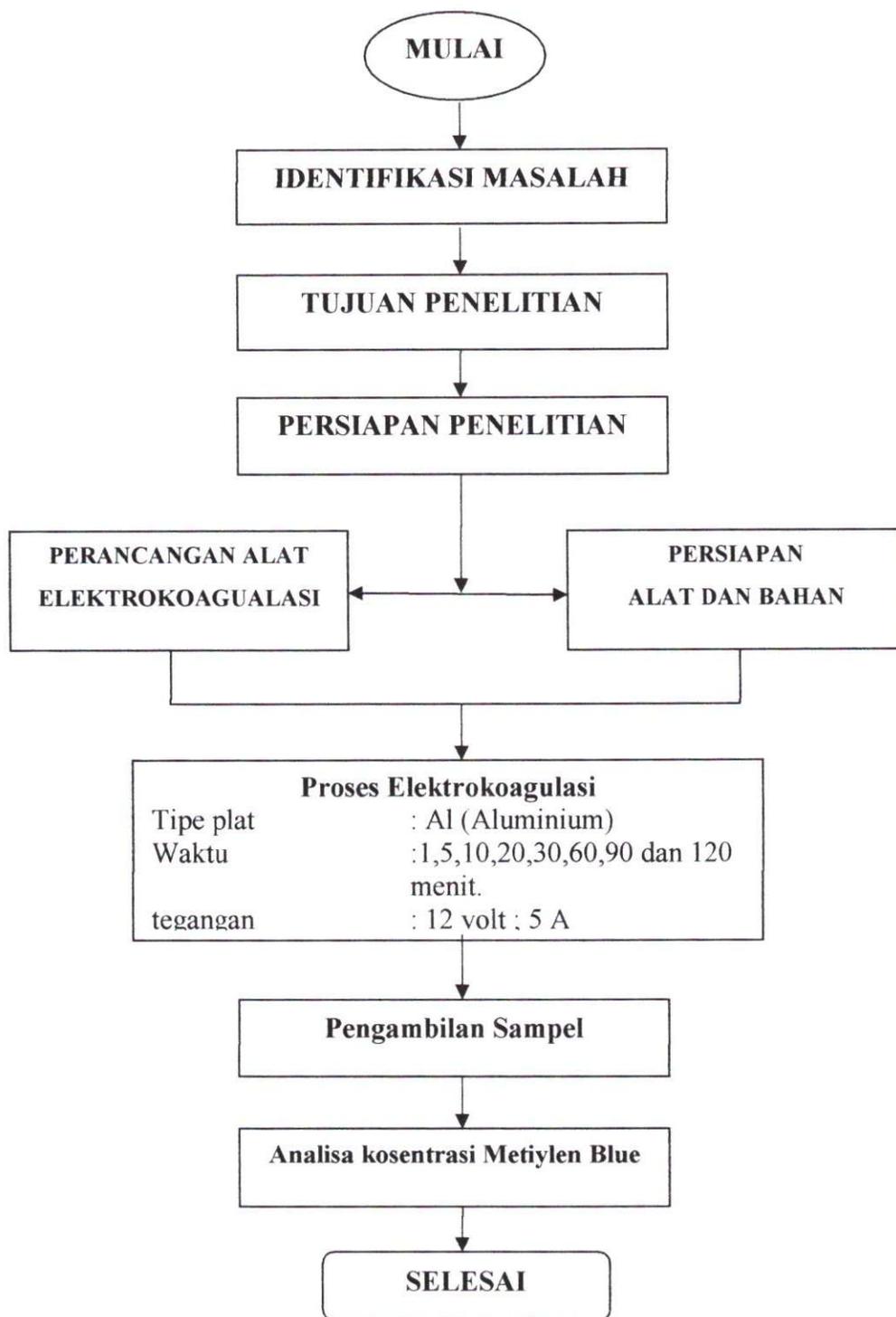
#### **3.2 Alat Dan Bahan**

##### **3.2.1 Bahan Penelitian**

- Metil Blue
- Aquadest

##### **3.2.2 Alat Penelitian**

- Beker glass
- Regulator Voltage
- Kertas Saring
- Kabel
- Penjepit
- Plat Aluminium
- UV Spektro fotometer
- Suntikan



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Eelektrokoagulasi

## Dengan menggunakan Plat Aluminium (Al)

### 3.3 Prosedure Percobaan

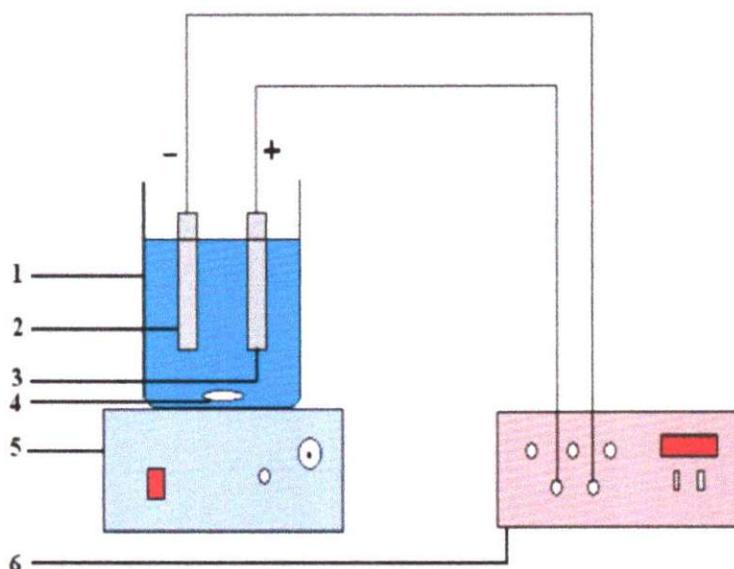
#### 3.3.1 Persiapan Bahan

Persiapan bahan bertujuan untuk menyiapkan bahan yang akan digunakan dalam proses elektrokoagulasi. Penyiapan bahan baku untuk purifikasi air ini dibuat dengan menggunakan metil blue.

1. Larutan Metilen Blue dibuat dengan konsentrasi 5 mg/L sebanyak 1 liter. Larutan tersebut dibuat dengan variasi pH yaitu 5, 7, dan 9.
2. Plat Aluminium (Al) sebagai katoda dan anoda dalam proses koagulasi dengan ukuran yang sama (10 x 5 cm).
3. Becker glass sebagai alat untuk elektrokoagulasi
4. Regulator voltage adalah sumber listrik dari proses koagulasi.

#### 3.3.2 Perancangan Reaktor Koagulasi

1. Reaktor Elektrokoagulasi dibuat dari Beakerglass dengan volume 1 liter.
2. Elektroda besi dengan ukuran yang sama (10 x 5 cm) dimasukan kedalam backer glass yang berisi larutan metyl blue dengan konsentrasi 5 mg/L
3. Plat tersebut digunakan sebagai elektroda anoda dan katoda. Elektroda anoda dan katoda dihubungkan dengan menggunakan arus listrik DC (Direc Current) dengan spesifikasi 12 V dan 5 A. Gambar 3.2 adalah skema alat reaktor elektrokoagulasi.



**Gambar 3.2 Rancangan Reaktor Elektrokoagulasi. (Keterangan: (1) Beakerglass, (2) Katoda, (3) Anoda, (4) Alat Pengaduk, (5) Pengaduk Magnetik, (6) Sumber listrik.**

### 3.3.3 Proses Koagulasi

1. Larutan Metilen Blue dibuat dengan konsentrasi 5 mg/L sebanyak 1 liter. Larutan tersebut dibuat dengan variasi pH yaitu 5, 7, dan 9.
2. Penelitian dilakukan dengan menggunakan proses elektrokoagulasi dengan menggunakan 4 (empat) plat elektroda yaitu Aluminium (Al). Tegangan listrik yang digunakan pada penelitian ini adalah 12 V dengan waktu proses elektrokoagulasi adalah 120 menit.
3. Waktu proses elektrocoagulasi pada variasi waktu 1, 5, 10, 20, 30, 60, 90, dan 120 menit.
4. Katoda dan anoda dihubungkan dengan regulator voltage.
5. Plat Al yang dihubungkan dengan arus listrik positif disebut anoda sedangkan plat yang dihubungkan dengan arus negatif adalah katoda. Jarak plat diatur dengan merubah posisi elektroda yaitu 2 cm.
6. Sampel diambil setiap 1, 5, 10, 20, 30, 60, 90, 120 menit dan diukur konsentrasi metilene blue dengan menggunakan UV-visible spectropotomer (Lambda 25 Perkin Elmer, USA).

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

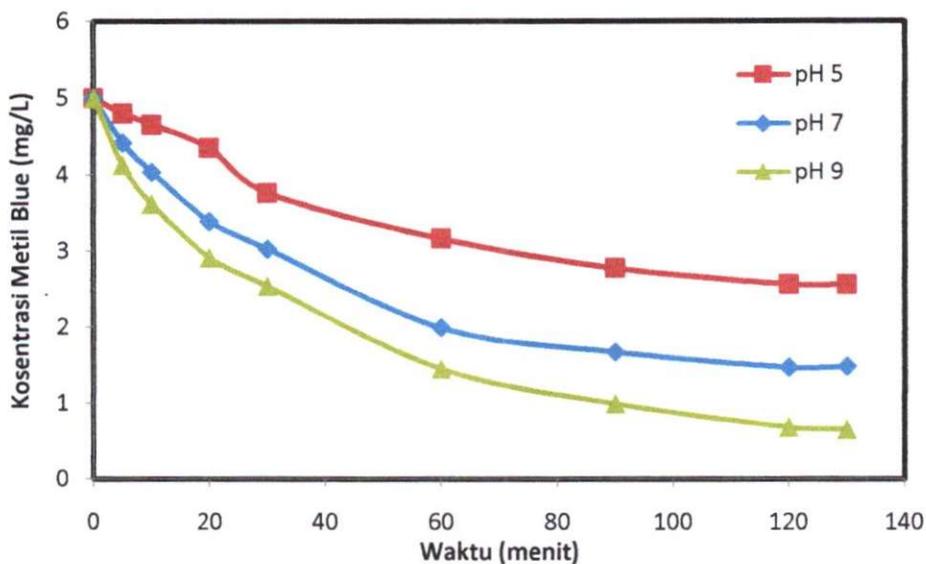
Berdasarkan hasil penelitian elektrokoagulasi Pada metilen blue dengan konsentrasi awal 5 ppm yang dilarutkan dalam 1000 ml aquadest dengan tegangan 12 volt dan varian waktu 5, 10, 20, 30, 60, 90, dan 120 menit. Penelitian ini mempelajari mengenai pengaruh waktu, pH, kinetika elektrokoagulasi serta efisiensi elektrokoagulasi terhadap konsentrasi metil blue yang dihasilkan dari proses elektrokoagulasi diperoleh hasil seperti pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1 Hasil Elektrokoagulasi Metil Blue Dengan Tegangan 12volt; Jarak Plat 2 cm; Konsentrasi Metil Blue 5 mg/L**

pH	Tegangan (Volt)	Waktu (Menit)	Konsentrasi (mg/L)
5	12	5	4,8
		10	4,6
		20	4,3
		30	3,7
		60	3,1
		90	2,7
		120	2,5
7	12	5	4,4
		10	4,0
		20	3,3
		30	3,0
		60	1,9
		90	1,6
		120	1,4
9	12	5	4,1
		10	3,6
		20	2,9
		30	2,5
		60	1,4
		90	0,9
		120	0,6

#### 4.2 Pengaruh pH Larutan Terhadap Waktu Proses Elektrokoagulasi Pada Metyl Blue

Waktu merupakan variabel penting yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi (G.-M. Roa et al., 2007). Secara umum, pH larutan dapat berubah selama proses elektrokoagulasi, perubahan pH tersebut sangat tergantung material elektroda yang digunakan dan pH awal larutan tersebut. Perubahan pH larutan selama proses elektrokoagulasi mengindikasikan bahwa terjadi transfer ion Al dari elektroda ke larutan dan dilanjutkan proses pembentukan flokulasi. Berdasarkan data hasil penelitian pada Tabel 4.1 dengan konsentrasi awal metil blue 5 mg/L dan variasi pH 5, 7, dan 9 dengan waktu maksimum penelitian 120 menit. Data pada Tabel 4.1 dapat disederhanakan dalam bentuk *plotting data* yang lebih detail dapat dilihat pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1. Hubungan antara waktu elektrokoagulasi terhadap konsentrasi metilen blue.**

Dapat dilihat pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa pada pH 9 menghasilkan proses elektrokoagulasi yang lebih baik dibandingkan dengan pH 5 dan 7. Dari Gambar 4.1 dimana waktu proses elektrokoagulasi menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap laju penurunan konsentrasi metil blue di dalam larutan. Laju penurunan konsentrasi metil blue pada variasi pH 5, 7, dan 9 secara umum terjadi kesetimbangan konsentrasi pada waktu 120 menit. Pada menit ke 120

untuk pH 5 konsentrasi metyl blue diperoleh 2,5 mg/L, sedangkan pada pH 7 konsentrasi metyl blue 1,6 mg/L dan pada pH 9 konsentrasi metyl blue menurun menjadi 0,6 mg/L. Menurut Malakootian, M dan Yousefi, N., (2009) pH larutan dapat mempengaruhi reaksi yang terjadi selama proses elektrokoagulasi. Pada kondisi pH 7 reaksi antara ion Al dan H<sub>2</sub>O akan menghasilkan Al(OH)<sub>2</sub>, Al(OH)<sub>3</sub>, dan H<sub>2</sub>. Pada kondisi pH asam akan menghasilkan Al(OH)<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, dan O<sub>2</sub>, sedangkan kondisi pH basa menghasilkan Al(OH)<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>O. Menurut Molakootin, M dan Yousefi, N., (2009) Al(OH)<sub>3</sub> dapat mempengaruhi kecepatan proses pengendapan, hal ini dikarenakan Al(OH)<sub>3</sub> memiliki fraksi berat dan densitas yang lebih besar dibandingkan dengan Al(OH)<sub>2</sub>.

#### **4.3 Pengaruh Efisiensi Elektrokoagulasi Terhadap Proses Elektrokoagulasi Pada Metyl Blue**

Proses elektrokoagulasi sangat dipengaruhi kondisi pH awal larutan. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pH awal suatu larutan pada proses elektrokoagulasi terhadap laju efisiensi pelucutan konsentrasi metil blue perlu dipelajari lebih detail di dalam sub bab ini. Untuk menjelaskan hal tersebut diperlukan serangkaian penelitian pada konsentrasi awal metil blue 5 mg/L dengan variasi pH 5, 7, dan 9. Perhitungan efisiensi pelucutan metil blue di dalam larutan menggunakan persamaan berikut:

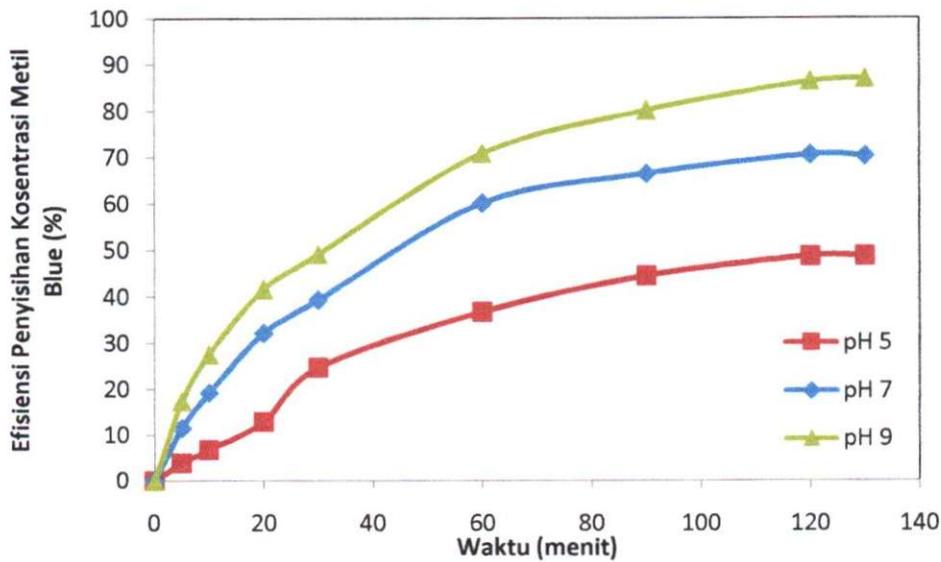
$$\% = \frac{(C_{A0} - C_{At})}{C_{A0}} \times 100\% \quad (4.1)$$

Dimana  $C_{A0}$  adalah konsentrasi awal metil blue (mg/L), dan  $C_{At}$  adalah konsentrasil metil blue pada waktu  $t$  menit. Hasil plotting data pada Tabel 4.1 dan perhitungan dengan menggunakan Persamaan 4.1 dapat secara detail dilihat pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2 Hasil Persentase Efisiensi Elektrokoagulasi Terhadap Proses Elektrokoagulasi Pada Metyl Blue**

pH	Waktu (Menit)	Efisiensi penurunan konsentrasi metyl blue (%)
5	5	3,8
	10	6,8
	20	12,9
	30	24,7
	60	36,7
	90	44,5
	120	48,7
7	5	17,4
	10	19,2
	20	32,2
	30	39,4
	60	60,1
	90	66,5
	120	70,5
9	5	17,4
	10	27,6
	20	41,6
	30	49,2
	60	70,8
	90	80,1
	120	86,3

Berdasarkan Tabel 4.2 menunjukkan bahwa pH awal larutan sangat berpengaruh signifikan terhadap persentase efisiensi pelucutan konsentrasi metil blue di dalam larutan pada proses elektrokoagulasi. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan pH awal larutan metil blue dapat meningkatkan persentase efisiensi pelucutan konsentrasi metil blue setelah menit ke 120. Peningkatan persentase efisiensi konsentrasi metil blue adalah 48,7 % sampai 86,3 % ketika pH awal larutan metil blue ditingkatkan dari 5 sampai 9. Kemudian dari data Tabel 4.2 dapat dilihat pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.2. Hubungan Antara Pengaruh Efisiensi Elektrokoagulasi Terhadap Waktu Proses Elektrokoagulasi Pada Metil Blue**

Pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa pH 5 persentase efisiensi pelucutan metil blue meningkat secara signifikan dari 0 % sampai 44,5 % pada waktu kontak sampai 90 menit dan kemudian mencapai titik kesetimbangan setelah waktu kontak 120 menit dengan kesetimbangan konsentrasi 48,7 %. Pada pH larutan netral (pH 7) persentase kesetimbangan dari pelucutan metil blue di dalam larutan pada proses elektrokoagulasi adalah 70,5 %. Ketika pH awal larutan ditingkatkan sampai 9 persentase efisiensi pelucutan metil blue mencapai titik kesetimbangan 86,3 %.

Perbedaan kondisi pH awal larutan dapat mempengaruhi reaksi yang dihasilkan selama proses elektrokoagulasi. Tingginya persentase efisiensi penyisihan metil blue dipengaruhi oleh  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang dihasilkan selama proses elektrokoagulasi. Menurut Bayramoglu, M, dkk (2004) reaksi ion Al yang dilepaskan selama proses elektrokoagulasi akan menghasilkan padatan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang akan membantu proses percepatan adsorpsi senyawa organik yang terlarut dan terperangkap didalam partikel koloid. Padatan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  akan terbentuk pada kondisi pH larutan 5 – 9 (Aoudj, S., dkk (2010)).

#### 4.4 Kinetika Elektrokoagulasi Terhadap waktu Proses Elektrokoagulasi Pada Metyl Blue

Data kinetika dari hasil penelitian dianalisa dengan menggunakan model kinetika pada orde satu dan orde dua. Persamaan umum kinetika elektokoagulasi larutan metil blue adalah sebagai berikut:

$$\frac{dC_A}{dt} = k \cdot C_A^n \quad (4.2)$$

Kinetika elektrokoagulasi orde satu dapat dihitung dengan mengintegrasikan persamaan (4.2) dengan orde  $n = 1$ , sehingga persamaan (4.2) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\ln \frac{C_A}{C_{A0}} = \ln C_{A0} - k_1 \cdot t \quad (4.3)$$

Dimana  $C_{A0}$  adalah konsentrasi mula-mula (mg/L),  $C_A$  adalah konsentrasi yang tersisa setelah proses selama waktu  $t$  menit,  $k_1$  adalah konstanta kinetika orde 1 ( $\text{min}^{-1}$ ), dan  $t$  adalah waktu (menit).

Kinetika orde dua dihitung dengan  $n = 2$ , sehingga hasil integral persamaan (4.2) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{1}{C_A} = \frac{1}{C_{A0}} - k_2 \cdot t \quad (4.4)$$

Dimana  $k_2$  adalah konstanta kinetika orde dua.

Dari hasil plotting Gambar 4.3 (a) dan (b) nilai kesalahan  $R^2 > 0,9$  sehingga dapat disimpulkan bahwa proses elektrokoagulasi metil blue pada variasi katoda terjadi pada kinetika orde satu dan dua.

Konstanta kinetika orde satu ( $k_1$ ) dapat diperkirakan dari hasil plotting data antara  $\ln C_A/C_{A0}$  dan waktu  $t$  dapat dilihat pada Gambar 4.3 (a). Nilai konstanta dapat dihitung dengan regresi linier pada Gambar 4.3 (a) yang terlihat pada Tabel 4.2. Dari data konstanta  $k_1$  pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa peningkatan pH awal dapat meningkatkan konstanta kinetika elektrokoagulasi. Nilai konstanta kinetika  $k_1$  pada pH awal 9 yaitu  $0,19 \text{ min}^{-1}$  lebih besar dibandingkan dengan pH awal 5 dan 7.

Konstanta kinetika orde dua ( $k_2$ ) dapat dihitung berdasarkan hasil plotting antara  $1/C_A$  dan waktu  $t$  yang secara detail dapat dilihat pada Gambar 4.3 (b).

Nilai konstanta  $k_2$  dapat dihitung dengan regresi linier pada Gambar 4.3(a). Hasil plotting data tersebut dapat terlihat pada Tabel 4.2. Dari data konstanta  $k_2$  pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai  $k_2$  pada meningkat dengan meningkatnya nilai pH awal larutan. Pada pH awal 9 nilai  $k_2$  yang dihasilkan adalah 0,09 L/mg.min<sup>-1</sup> lebih besar dibandingkan pada pH 7 dan 5.

**Tabel 4.3 Perbandingan Nilai konstanta  $k$  orde 1 dan 2 pada hubungan antara kinetika elektrokoagulasi terhadap waktu metil blue**

pH	ORDE 1		ORDE 2	
	$k_1$ (min <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	$k_2$ (L/mg.min <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
5	0,007	0,97	0,002	0,98
7	0,014	0,97	0,004	0,99
9	0,019	0,98	0,009	0,99

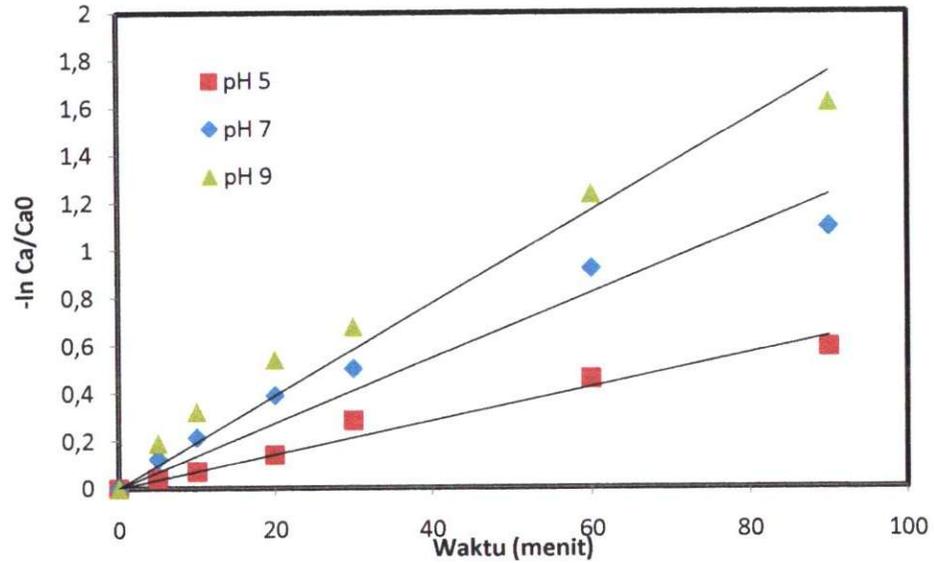
Berdasarkan hasil penelitian proses elektrokoagulasi metil blue diatas jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.4 Perbandingan orde 1 pada penelitian sebelumnya dan penelitian sekarang pada proses elektrokoagulasi terhadap waktu metil blue**

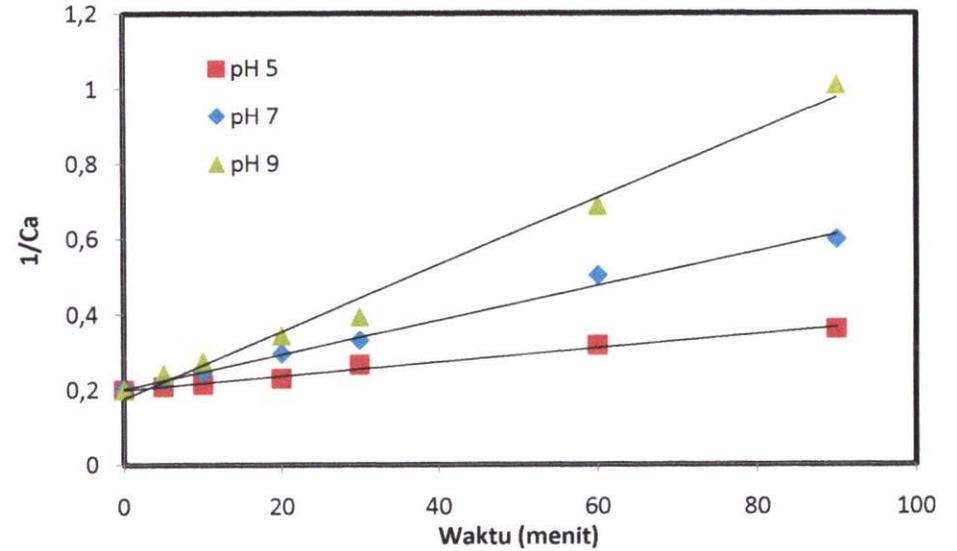
Penelitian	$k_1$ (min <sup>-1</sup> )		
	pH 5	pH 7	pH 9
Penelitian Thankappan Sarasvathy Anantha Singh dan Srikrishnaperumal Thanga Ramesh (2014)	0,028	0,053	0,058
Penelitian Sekarang	0,007	0,014	0,019

Pada penelitian yang dilakukan oleh Thankappan Sarasvathy Anantha Singh dan Srikrishnaperumal Thanga Ramesh (2014) menunjukkan peningkatan nilai konstanta kinetika orde 1 ( $k_1$ ) dengan meningkatnya pH awal larutan. Hal ini juga menunjukkan bahwa pH sangatlah penting dalam proses elektrokoagulasi. Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan (sekarang) menunjukkan hal yang sama dimana terjadi peningkatan nilai  $k_1$  dengan meningkatnya pH larutan. Nilai  $k_1$  pada penelitian sekarang mendapatkan hasil yang lebih rendah dibandingkan dengan nilai  $k_1$  dari penelitian sebelumnya. Hal ini diakibatkan karena perbedaan

sampel penelitian. Penelitian yang dilakukan oleh Singh dkk (2014) menggunakan sampel RB (Reactive Blue25). Reactive Blue25 memiliki ikatan atom kimia yang lebih kompleks dan elektron yang lebih aktif dibandingkan metil blue. Sehingga elektron kimia dari unsur kimia dari RB dapat membantu proses percepatan percepatan proses elektrokoagulasi.



(a)



(b)

Gambar 4.3. Hubungan antara kinetika elektrokoagulasi terhadap waktu metil blue (a) Orde satu; (b) orde dua

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa pH larutan merupakan faktor penting yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi. Dari hasil penelitian menunjukkan:

1. Peningkatan pH larutan dapat meningkatkan waktu dan persen efisiensi pelucutan metil blue didalam larutan.
2. Waktu proses elektrokoagulasi metil blue untuk mencapai konsentrasi kesetimbangan terjadi pada menit ke 120 untuk semua variasi pH awal larutan.
3. Effiseiensi pelucutan metil blue di dalam larutan pada pH 5 adalah 48,7 %, pada pH larutan netral (pH 7) persentase kesetimbangan dari pelucutan metil blue di dalam larutan pada proses elektrokoagulasi adalah 70,5 %. Sedangkan pH awal 9 persentase efisiensi pelucutan metil blue mencapai titik kesetimbangan 86,3 %.
4. Proses kinetika elektrokoagulasi metil blue pada elektroda Al terjadi pada orde 1 dan 2 dengan nilai  $R^2$  lebih besar dari 0,95
5. Pengaruh kinetika elektrokoagulasi menunjukkan terjadi peningkatan nilai konstanta laju  $k_1$  dan  $k_2$  dengan meningkatnya pH larutan, dimana nilai tertinggi pada pH 9 yaitu 0,019 dan 0,009 secara berturut turut untuk nilai  $k_1$  dan  $k_2$

#### 5.2 Saran

Dari hasil penetian diatas maka dapat disarankan untuk penelitian berikut adalah:

1. Pada penelitian yang akan datang disarankan menggunakan eletrolite lain selain NaCl seperti  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .
2. Larutan dalam penelitian dapat menggunakan limbah lain seperti limbah tekstil. Sehingga akan menjadi perbandingan hasil pada proses pengolahan limbah antara limbah sintetis dengan limbah yang real dilapangan.
3. Diharapkan dalam penelitian berikutnya dapat menggunkan jenis reaktor elektrokoagulasi lain seperti reaktor alir secara kontinyu.

## DAFTAR PUSTAKA

- ALEXANDRO M.M. VARGAS, ANDRÉ L. CAZETTA, MARCOS H. KUNITA, TAÍS L. SILVA & ALMEIDA, V. C. (2011) Adsorption of metilene blue on activated carbon produced from flamboyant pods (*Delonix regia*): Study of adsorption isotherms and kinetic models. *Chemical Engineering Journal*, 168, 722 - 730.
- AOUDJ, S., DKK. (2010) padatan  $Al(OH)_3$  akan terbentuk pada kondisi pH larutan 5 - 9.
- BARKLEY, N. P., FARRELL, C. W. & GARDNER-CLAYSON, T. W. (1993) Alternating Current Electrocoagulation for Superfund Site Remediation. *Air & Waste*, 43, 784 - 789.
- BAYRAMOGLU, M, DKK. (2004) Reaksi ion Al yang dilepaskan selama proses elektrokoagulasi akan menghasilkan padatan  $Al(OH)_3$  yang akan membantu proses percepatan adsorpsi senyawa organik yang terlarut dan terperangkap didalam partikel koloid.
- DANESHVARA, N., ASHASSI-SORKHABI, H. & TIZPARA, A. (2003) Decolorization of orange II by electrocoagulation method. *Separation and Purification Technology*, 31, 153 - 162.
- DESHUAI SUN, XIAODONG ZHANG, YUDE WU & LIU, X. (2010) Adsorption of anionic dyes from aqueous solution on fly ash. *Journal of Hazardous Materials*, 181, 335-342.
- DONINI, J. C., KAN, J., SZYNKARCZUK, J., HASSAN, T. A. & KAR, K. L. (1994) Operating cost of electrocoagulation. *Canadian Journal of Chemical Engineering*, 72, 1007 - 1012.
- EROL ALVER & METIN, A. Ü. (2012) Anionic dye removal from aqueous solutions using modified zeolite: Adsorption kinetics and isotherm studies. *Chemical Engineering Journal*, 200 - 202, 59 - 67.
- GLENN M. SHAUL, THOMAS J. HOLDSWORTH, CLYDE R. DEMPSEY & DOSTAL, K. A. (1991) Fate of Water Soluble Azo Dyes in the Activated Sludge Process. *Chemosphere*, 22, 107-119.
- HATEM A. AL-AOH, ROSIYAH YAHYA, MAAH, M. J. & ABAS, M. R. B. (2013) Adsorption of metilene blue on activated carbon fiber prepared from coconut husk: isotherm, kinetics and thermodynamics studies. *Desalination and Water Treatment*, 52, 1 - 13.

- HENDRIARIANTI, E. (2011) Pengaruh Jenis Elektroda dan Jarak Antara Elektroda dalam Penurunan COF dan TSS Limbah Cair Laundry Menggunakan Elektrokoagulasi Konfigurasi Monopolar Aliran Kontinyu. Malang, Institut Teknologi Nasional.
- HOLT, P. K., BARTON, G. W. & MITCHELL, C. A. (2005a) The future for electrocoagulation as a localised water treatment technology. *Chemosphere*, 59, 355-67.
- HOLT, P. K., BARTON, G. W. & MITCHELL, C. A. (2005b) The future for electrocoagulation as a localised water treatment technology. *Chemosphere*, 59, 355-367.
- JAGADEESH THAMPI & PAUL, R. (1997) Azo dye effluent treatment: An environmental challenge - (Part - I). *Colourage*, 44, 47 - 49.
- JIA-SHUN CAO, JUN-XIONG LIN, FANG FANG, MING-TING ZHANG & HU, Z. R. (2014) A new absorbent by modifying walnut shell for the removal of anionic dye: kinetic and thermodynamic studies. *Bioresource Technology*, 163, 199 - 205.
- KOPARAL, A. S. & ÖĞÜTVEREN, Ü. B. (2002) Removal of nitrate from water by electroreduction and electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*, 89, 83 - 94.
- LEE, S. Y. & GAGNON, G. A. (2016) Growth and structure of flocs following electrocoagulation. *Separation and Purification Technology* 163, 162 - 168.
- LETTERMAN, R. D. (1999) *Water Quality and Treatment: A Handbook of Community Water Supplies*. 5 th ed. New York, Copyright McGraw-Hill, Inc.
- LIN, S. H. & PENG, C. F. (1994) Treatment of textile wastewater by electrochemical method. *Water Research*, 28, 277-282.
- MAMERI, N., YEDDOU, A. R., LOUNICI, H., BELHOCINE, D., GRIB, H. & BARIOU, B. (1998) Defluoridation of septentrional Sahara water of north Africa by electrocoagulation process using bipolar aluminium electrodes. *Water Research*, 32.
- MATTESON, M. J., DOBSON, R. L., GLENN-JR, R. W., KUKUNOOR, N. S., WAITS-III, W. H. & CLAYFIELD, E. J. (1995) Electrocoagulation and separation of aqueous suspensions of ultrafine particles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 104, 101 - 109.
- MOLLAH, M. Y. A., MORKOVSKY, P., GOMES, J. A. G., KESMEZ, M., PARGA, J. & COCKE, D. L. (2004) Fundamentals, present and future

perspectives of electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*, 114, 199-210.

MOLLAH, M. Y. A., SCHENNACH, R., PARGA, J. R. & COCKE, D. L. (2001) Electrocoagulation (EC) – science and applications. *Journal of Hazardous Materials*, 84, 29 - 41.

ÖGÜTVEREN, Ü. B., GÖNEN, N. & KOPARAL, S. (1992) Removal of dye stuffs from waste water: Electrocoagulation of Acilan Blau using soluble anode. *Journal of Environmental Science and Health . Part A: Environmental Science and Engineering and Toxicology*, 27, 1237 - 1247.

PRZHEGORLINSKII, V. I., IVANISHVILI, A. I. & GREBENYUK, V. D. (1987) Dissolution of aluminum electrodes in the electrocoagulation treatment of water. *Soviet Journal of Water Chemistry and Technology*, 9, 181 - 182.

RACHMANITA (2012) Studi Penurunan Konsentrasi Nikel dan Tembaga Pada Limbah Cair Elektrolating Dengan Metode Elektrokoagulasi. *Program Studi Teknik Lingkungan*. Semarang, Universitas Diponegoro.

RASOUL KHOSRAVI, SADEGH HAZRATI & FAZLZADEH, M. (2015) Decolorization of AR18 dye solution by electrocoagulation: sludge production and electrode loss in different current densities. *Desalination and Water Treatment*, 1 - 9.

SINGH, T. S. A. & RAMESH, S. T. (2014) n experimental study of CI Reactive Blue 25 removal from aqueous solution by electrocoagulation using Aluminum sacrificial electrode: kinetics and influence of parameters on electrocoagulation performance. *Desalination and Water Treatment*, 52, 2634 - 2642.

SUSETYANINGSIH, R., KISMOLO, E. & PRAYITNO (2008) KAJIAN PROSES ELEKTROKOAGULASI UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR *SEMINAR NASIONAL IV SDM TEKNOLOGI NUKLIR*.

TAK-HYUN KIM, CHULHWAN PARK, EUNG-BAI SHIN & KIM, S. (2002) Decolorization of disperse and reactive dyes by continuous electrocoagulation process. *Desalination*, 150, 165-175

VIK, E. A., CARLSON, D. A., EIKUM, A. S. & GJESSING, E. T. (1984) Electrocoagulation of potable water. *Water Research*, 18, 1355 - 1360.

ZOLLINGER, H. (1991) *Color Chemistry: Syntheses, Properties and Applications of Organic Dyes and Pigments*, New York, VCH.

## LAMPIRAN I PERHITUNGAN BAHAN

### 1.1 Perhitungan Methyl Blue yang digunakan

#### 1.1.1 Perhitungan Bahan yang digunakan

Konsentrasi awal pada Methyl Blue = 5 ppm

Di encerkan ke dalam 250 ml aquadest

$$V_1 \cdot N_1 = V_2 \cdot N_2$$

Methyl Blue yang di inginkan sebanyak 1000 ml :

$$V_1 \cdot N_1 = V_2 \cdot N_2$$

$$250 \times 5 = 1000 \times X$$

$$1250 = 1000X$$

$$X = 1,25 \text{ ml}$$

#### 1.1.2 Perhitungan Data Kalibrasi pada Spektro

Methyl blue 5ppm

$$V_1 N_1 = V_2 N_2$$

$$1,25 \cdot 2\text{ppm} = V_2 \cdot 5\text{ppm}$$

$$2,5 = V_2 \cdot 5\text{ppm}$$

$$V_2 = 0,5 \text{ ml}$$

$$V_1 N_1 = V_2 N_2$$

$$1,25 \cdot 4 = V_2 \cdot 5\text{ppm}$$

$$5 = V_2 \cdot 5\text{ppm}$$

$$V_2 = 1 \text{ ml}$$

$$V_1 N_1 = V_2 N_2$$

$$1,25 \cdot 6 = V_2 \cdot 5\text{ppm}$$

$$7,5 = V_2 \cdot 5\text{ppm}$$

$$V_2 = 1,5 \text{ ml}$$

$$V_1 N_1 = V_2 N_2$$

$$1,25 \cdot 8 = V_2 \cdot 5\text{ppm}$$

$$10 = V_2 \cdot 5\text{ppm}$$

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

$$V_1 N_1 = V_2 N_2$$

$$1,25 \cdot 10 = V_2 \cdot 5\text{ppm}$$

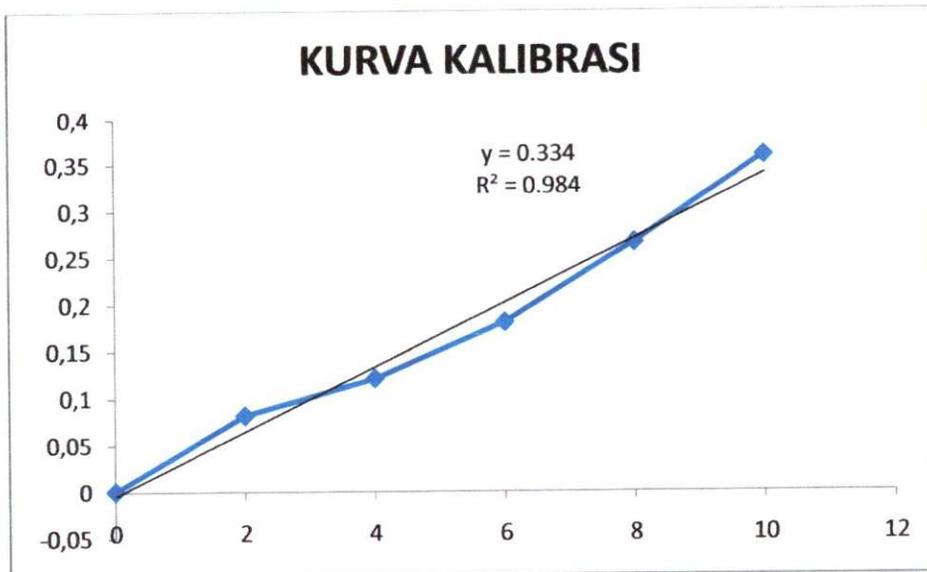
$$12,5 = V_2 \cdot 5\text{ppm}$$

$$V = 2,5 \text{ ml}$$

### 1.1.3 Perhitungan konsentrasi Methylen Blue

Pembuatan kurva kalibrasi bertujuan untuk mendapatkan larutan seri dengan konsentrasi, setiap konsentrasi diukur absorbansinya pada panjang gelombang 660 nm.

Sample	Konsentrasi Methyl Blue (mg/L)	Panjang Gelombang
Std 1	0	0.001
Std 2	2	0.082
Std 3	4	0.121
Std 4	6	0.181
Std 5	8	0.266
Std 6	10	0.359



Dari grafik kurva kalibrasi diatas dapat dibuat persamaan regresi linier yaitu persamaannya adalah :

Nilai  $y = 0,334$

$$\text{Con} = \frac{\text{Abs}}{\text{Nilai } y}$$

$$\text{Orde 0 : } \frac{Ca}{Ca0}$$

$$\text{Orde 1 : } -\ln \frac{Ca}{Ca0}$$

$$\text{Orde 2 : } \frac{1}{Ca}$$

### 1.1.4 Data Hasil Spektrofotometer UV/VIS

pH 5

waktu	absorbansi	ppm	Ca/Ca0	-ln Ca/Ca0	1/Ca
0		5	1	0	0.2
5	1.605	4.805389222	0.961077844	0.03969987	0.208099688
10	1.556	4.658682635	0.931736527	0.070705201	0.214652956
20	1.453	4.350299401	0.87005988	0.139193242	0.229869236
30	1.257	3.763473054	0.752694611	0.284095697	0.265712013
60	1.056	3.161676647	0.632335329	0.458335441	0.316287879
90	0.927	2.775449102	0.55508982	0.58862534	0.36030205
120	0.856	2.562874251	0.51257485	0.668308529	0.390186916

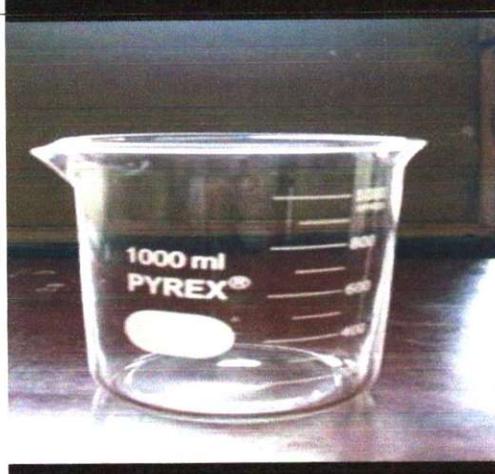
pH 7

waktu	absorbansi	Konsentrasi (PPM)	Ca/Ca0	-ln Ca/Ca0	1/Ca
0		5	1	0	0.2
5	1.476	4.419161677	0.883832335	0.1234879	0.226287263
10	1.348	4.035928144	0.807185629	0.214201614	0.247774481
20	1.131	3.386227545	0.677245509	0.389721429	0.295313882
30	1.011	3.026946108	0.605389222	0.501883686	0.330365974
60	0.665	1.991017964	0.398203593	0.920791865	0.502255639
90	0.559	1.673652695	0.334730539	1.094429432	0.597495528
120	0.491	1.47005988	0.294011976	1.224134778	0.680244399

pH 9

waktu	absorbansi	ppm	Ca/Ca0	-ln Ca/Ca0	1/Ca
0		5	1	0	0.2
5	1.379	4.128742515	0.825749	0.191465	0.242204
10	1.209	3.619760479	0.723952	0.32303	0.276261
20	0.974	2.916167665	0.583234	0.539168	0.342916
30	0.848	2.538922156	0.507784	0.677698	0.393868
60	0.486	1.45508982	0.291018	1.23437	0.687243
90	0.331	0.991017964	0.198204	1.618461	1.009063
120	0.228	0.682634731	0.136527	1.991233	1.464912

**LAMPIRAN II**  
**GAMBAR KEGIATAN**

	<p>Regulator Voltage</p>
	<p>Plat Aluminium</p>
	<p>Beaker glass</p>



Pipet



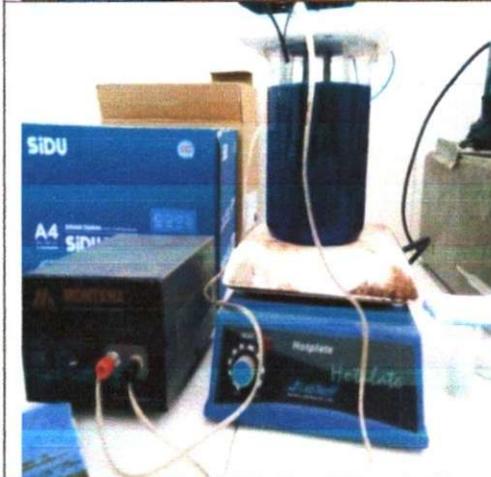
Kabel dan penjepit buaya



UV Spektro fotometer



Proses Pelarutan methyl blue dengan aquades dengan konsentrasi 5ppm dan volume 1000ml



Proses elektrokuagulasi methyl blue dengan menggunakan plat aluminium pada menit ke 1



Proses elektrokuagulasi methyl blue dengan menggunakan plat aluminium pada menit ke 5

	<p>Proses elektrokuagulasi methyl blue dengan menggunakan plat aluminium pada menit ke 10</p>
	<p>Proses elektrokuagulasi methyl blue dengan menggunakan plat aluminium pada menit ke 20</p>
	<p>Proses elektrokuagulasi methyl blue dengan menggunakan plat aluminium pada menit ke 30</p>

	<p>Proses elektrokuagulasi methyl blue dengan menggunakan plat aluminium pada menit ke 60</p>
	<p>Proses elektrokuagulasi methyl blue dengan menggunakan plat aluminium pada menit ke 90</p>
	<p>Proses elektrokuagulasi methyl blue dengan menggunakan plat aluminium pada menit ke 120</p>



Hasil sampel yang belum di saring dan masih terdapat endapan pengotor



Tahap penyaringan sampel.



Hasil sampel yang sudah di saring

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG  
 FAKULTAS TEKNIK  
 JURUSAN TEKNIK KIMIA



Nama : Diah Septa Erita Guna

NIM : 122012021

Judul : Purifikasi Methyl Blue Dengan Metode Batch  
Elektrokoagulasi, Proses Menggunakan Aluminium  
(Al) Plat Elektroda.

Pembimbing : 1. Dr. Eko Ariyanto, M.Chem. Eng  
 2. Heni Juniar, ST. MT

No	Pokok Bahasan	Catatan/komentar	Tanggal Bimbingan	Paraf	
				Pembimbing I	Pembimbing II
1.	Judul	Ace	4 / 08 2016		
2.	Bab I	Perbaikan	8 / 08 2016		
3.	Bab I	Ace	10 / 08 2016		
4.	Bab II	Perbaikan	15 / 08 2016		
5.	Bab II	Ace	18 / 08 2016		
6.	Bab III	Ace	20 / 08 2016		
7.	Cjinn proposal		26 / 08 2016		
8.	Rancangan Reaktor elektrokoagulasi	Ace	8 / 09 2016		
9.	Analisa pH5 & Data penelitian	Ace	26 / 09 2016		
10.	Data Penelitian pH7	Ace	11 / 10 2016		