

## PURIFIKASI METHYL BLUE DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI PROSES MENGUNAKAN ALUMINIUM (Al) SEBAGAI PLAT ELEKTRODA

**Diah Septa Erita Guna<sup>1</sup>, Eko Ariyanto\*, Heni Juniar<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang

<sup>2</sup>Program studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang

\*Program studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang

Jl. Jendral A. Yani 13 Ulu Plaju Palembang

\*Corresponding author : Ekoump1706@gmail.com

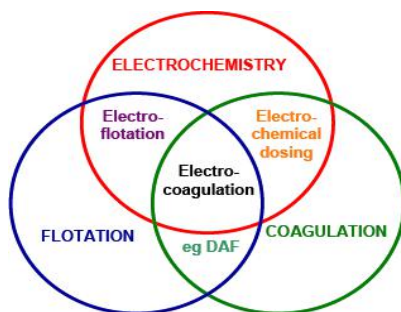
### ABSTRAK

*Dapat dilihat sekarang permasalahan Limbah industri tekstil yang banyak mengandung pewarna seperti methyl blue adalah salah satu jenis limbah yang sulit untuk dibiodegradasi. Elektrokoagulasi bukanlah teknologi baru, tetapi di Indonesia penerapannya belum banyak diketahui oleh sebagian masyarakat. Proses ini sederhana dan mudah diterapkan dengan kemampuan yang baik dalam menggumpalkan berbagai pengotor dan polutan, baik bahan organik maupun anorganik. Dalam penelitian Elektrokoagulasi dilakukan pada tegangan 12 Volt dengan variasi pH 5, 7, dan 9, serta dengan waktu 120 menit dilakukan untuk mempelajari waktu yang paling baik dalam proses elektrokoagulasi, pH yang paling baik dalam proses elektrokoagulasi dan efisiensi elektrokoagulasi yang terjadi. Penelitian ini menggunakan empat buah plat Aluminium (Al) penelitian dilakukan di laboratorium Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang. Proses elektrokoagulasi methyl blue mencapai konsentrasi kesetimbangan pada menit ke 120 untuk semua variasi pH. Persentase Efisiensi penyisihan methyl blue pada pH 5 adalah 48,7 %, pada pH 7 persentase kesetimbangan adalah 70,5 %. Sedangkan pada pH 9 yaitu 86,3 %.*

Kata kunci : Elektrokoagulasi, Methyl blue, Aluminium.

### PENDAHULUAN

Elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan air secara elektrokimia dimana pada anoda terjadi pelepasan koagulan aktif berupa ion logam (biasanya aluminium 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 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. 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 kaolinit. Untuk pertimbangan penentuan penggunaan elektrokoagulasi maka Mollah (2001) telah memberikan gambaran tentang keuntungan dan kerugiannya. Keuntungan dari penggunaan elektrokoagulasi adalah sebagai berikut :

1. Elektrokoagulasi membutuhkan peralatan yang sederhana dan mudah dioperasikan.
2. Air limbah yang diolah dengan elektrokoagulasi menghasilkan effluen yang jernih, tidak berwarna, dan tidak berbau.
3. Lumpur yang dihasilkan elektrokoagulasi relatif stabil dan mudah dipisahkan karena terutama berasal dari oksida logam. Selain itu jumlah lumpur yang dihasilkan sedikit.
4. Flok yang terbentuk pada elektrokoagulasi memiliki kesamaan dengan flok yang berasal dari koagulasi kimia. Perbedaannya adalah flok dari elektrokoagulasi berukuran lebih besar dengan kandungan air yang sedikit, lebih stabil dan mudah dipisahkan secara cepat dengan filtrasi.
5. Elektrokoagulasi menghasilkan effluen yang mengandung TDS dalam jumlah yang lebih sedikit dibandingkan pengolahan kimiawi. Jika air hasil pengolahan ini digunakan kembali, kandungan TDS yang rendah akan mengurangi biaya recovery.
6. Proses elektrokoagulasi mempunyai keuntungan dalam mengolah partikel koloid yang berukuran sangat kecil karena dengan pemakaian arus listrik menyebabkan proses koagulasi lebih mudah terjadi dan lebih cepat.
7. Proses elektrokoagulasi tidak memerlukan pemakaian bahan kimia sehingga tidak bermasalah dengan netralisasi kelebihan bahan kimia dan tidak membutuhkan kemungkinan pengolahan berikutnya jika terjadi penambahan senyawa kimia yang terlalu tinggi seperti pada penggunaan bahan kimia.
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.

#### **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
6. *solubilize* pada beberapa kasus.

#### **Faktor yang mempengaruhi elektrokoagulasi**

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi ini antara lain :

- a. **Kuat arus**
- b. **Jenis Elektrode**

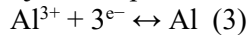
**Kelemahan dalam proses elektrokoagulasi ialah :**

1. Tidak dapat digunakan untuk mengolah limbah cair yang mempunyai sifat elektrolit cukup tinggi dikarenakan akan terjadi hubungan singkat antar elektroda.
2. Terbentuknya lapisan di elektroda dapat mengurangi efisiensi pengolahan

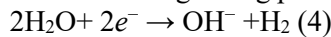
**Skema Alat dan bahan**

Beberapa material elektroda dapat dibuat dari Aluminium, besi, stainless steel dan platina. Pada penelitian ini anoda yang digunakan adalah Aluminium. Persamaan

(1) 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):

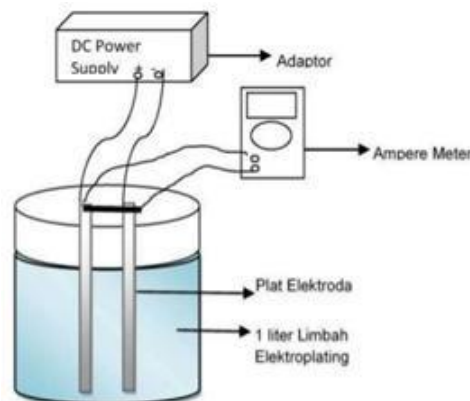
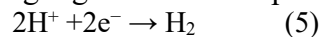


ketika dalam kondisi asam, persamaan (5) dapat menjelaskan dengan baik perubahan hidrogen pada katoda.

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.



**Gambar 2. Skema reaktor elektrokoagulasi**

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

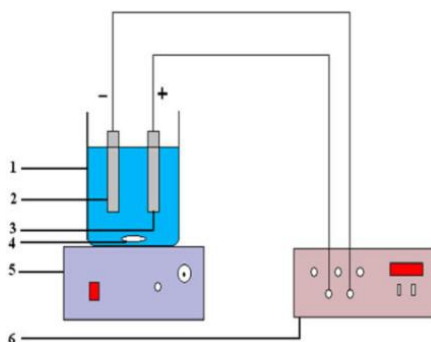
1. Migrasi ke elektroda yang bermuatan berlawanan (*electrophoresis*) dan penggabungan (*aggregation*) untuk membentuk senyawa netral.
2. Kation atau ion hidroksi ( $\text{OH}^{-}$ ) membentuk endapan dengan polutan.
3. Logam kation berinteraksi dengan  $\text{OH}^{-}$  membentuk hidroksi, yang mempunyai 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 elektroflotasi dan adhesi gelembung udara.

**BAHAN DAN METODE**

**Bahan Penelitian:** Metil Blue, Aquadest

**Alat Penelitian:** Beker glass, Regulator Voltage, Kertas Saring, Kabel, Penjepit, Plat Aluminium, UV Spektro fotometer, Suntikan

## Prosedure Percobaan



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

### Prosedure Penelitian

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).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

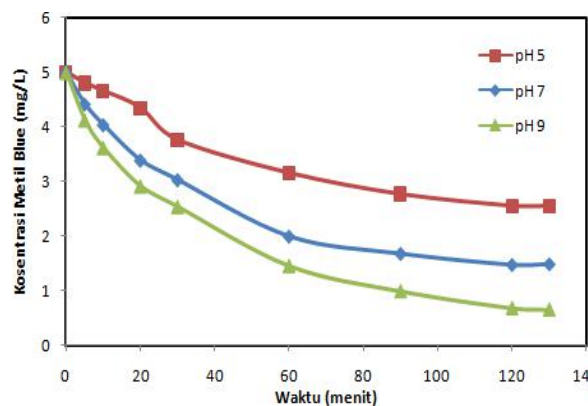
Berdasarkan hasil penelitian elektrokoagulasi Pada metilen blue dengan konsentrasi awal 5 ppm yang dilarutkan dalam 1000 ml aquadest dengan tegangan 12 volt dan varian waktu 5, 10, 20, 30, 60, 90, dan 120 menit. Penelitian ini mempelajari mengenai pengaruh waktu, pH, kinetika elektrokoagulasi serta efisiensi elektrokoagulasi terhadap konsentrasi metil blue yang dihasilkan dari proses elektrokoagulasi diperoleh hasil seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. pengaruh waktu, pH, kinetika elektrokoagulasi serta efisiensi elektrokoagulasi terhadap konsentrasi metil blue yang dihasilkan dari proses elektrokoagulasi

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

### 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 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 1 dapat disederhanakan dalam bentuk *plotting data* yang lebih detail dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Pengaruh pH Larutan Terhadap Waktu Proses Elektrokoagulasi Pada Metyl Blue

Dapat dilihat pada grafik menunjukkan bahwa pada pH 9 menghasilkan proses elektrokoagulasi yang lebih baik dibandingkan dengan pH 5 dan 7. Dari Gambar 4 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 metil blue diperoleh 2,5 mg/L, sedangkan pada pH 7 konsentrasi metil blue 1,6 mg/L dan pada pH 9 konsentrasi metil 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

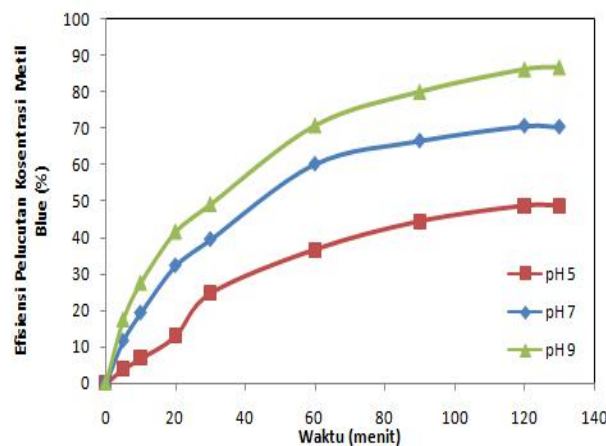
kondisi pH basa menghasilkan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Menurut Molakootin, M dan Yousefi, N., (2009)  $\text{Al}(\text{OH})_3$  dapat mempengaruhi kecepatan proses pengendapan, hal ini dikarenakan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  memiliki fraksi berat dan densitas yang lebih besar dibandingkan dengan  $\text{Al}(\text{OH})_2$ .

### 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:

$$\% = \frac{C_{A0} - C_{At}}{C_{A0}} \times 100\% \quad (1)$$

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 1 dan perhitungan dengan menggunakan Persamaan 1 dapat secara detail dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh efisiensi elektrokoagulasi terhadap proses elektrokoagulasi pada metyl blue

Pada gambar 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 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)).

### 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:

$$\frac{dC_A}{dt} = k.C_A^n \quad (2)$$

Kinetika elektrokoagulasi orde satu dapat dihitung dengan mengintegrasikan persamaan (4.4) dengan orde  $n = 1$ , sehingga persamaan (2) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\ln \frac{C_A}{C_{A0}} = \ln C_{A0} - k_1.t \tag{3}$$

Dimana  $C_{A0}$  adalah kosentrasi mula-mula (mg/L),  $C_A$  adalah kosentrasi 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 (2) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{1}{C_A} = \frac{1}{C_{A0}} - k_2.t \tag{4}$$

Dimana  $k_2$  adalah konstanta kinetika orde dua.

Dari hasil plotting Gambar 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 (a). Nilai konstanta dapat dihitung dengan regeresi linier pada Gambar 4 (a) yang terlihat pada Tabel 4. Dari data konstanta  $k_1$  pada Tabel 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 (b). Nilai konstanta  $k_2$  dapat dihitung dengan regeresi linier pada Gambar 4(a). Hasil ploting data tersebut dapat terlihat pada Tabel 2. Dari data konstanta  $k_2$  pada Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai  $k_2$  pada meningkat dengan meningkatnya nilai pH awal larutan. Pada pH awal 9 nilai  $k_2$  yang dihasilkan adalah  $0,09 \text{ L/mg.min}^{-1}$  lebih besar dibandingkan pada pH 7 dan 5.

Dimana  $k_2$  adalah konstanta kinetika orde ua.

**Tabel 3 Perbandingan Nilai konstanta  $k$  orde 1 dan 2 pada hubungan antara kinetika elektrokoagulasi terhadap waktu metil blue**

pH	ORDE 1		ORDE 2	
	$k_1 (\text{min}^{-1})$	$R^2$	$k_2 (\text{L/mg.min}^{-1})$	$R^2$
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

Dari hasil plotting Gambar 4 (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 (a). Nilai konstanta dapat dihitung dengan regeresi linier pada Gambar 4 (a) yang terlihat pada Tabel 2. Dari data konstanta  $k_1$  pada Tabel 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 (b). Nilai konstanta  $k_2$  dapat dihitung dengan regeresi Berdasarkan hasil penelitian proses elektrokoagulasi metil blue diatas jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 4

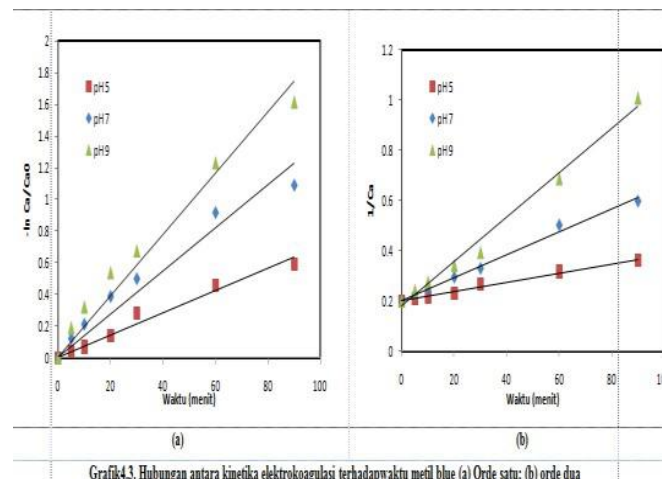
**Tabel 4 Perbandingan orde 1 pada penelitian sebelumnya dan penelitian sekarang pada proses elektrokoagulasi terhadap waktu metil blue**

Penelitian	$k_1 (\text{min}^{-1})$		
	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 proses elektrokoagulasi.



## 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. Effisiensi 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  $k_2$



## DAFTAR PUSTAKA

- ALEXANDRO M.M. VARGAS, ANDRÉ 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, 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.
- HENDRIARANTI, 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, LS., 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 Elektroplating Dengan Metode Elektrokoagulasi. *Program Studi Teknik Lingkungan*. Semarang, Universitas Diponegoro.