

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Limbah Ciprofloxacin**

Bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*) merupakan penyebab terbanyak infeksi saluran kemih dengan persentase 70-95%. CIP adalah salah satu antibiotik lini pertama pada pengobatan ISK yang bekerja dengan cara bakterisida, yang memiliki efek interfensi pada DNA gyrase dan enzim topoisomerase IV yang merupakan substansi penting pada bakteri untuk melakukan sintesis. Penggunaan antibiotik yang tidak rasional seperti tidak sesuai dengan anjuran maupun dosis yang diberikan, indikasi yang tidak tepat, dan penggunaan dalam jangka panjang dapat menimbulkan dampak negatif seperti timbulnya efek samping atau toksisitas, mempercepat terjadinya resistensi dan risiko kegagalan terapi. Karena CIP tidak dapat dimetabolisme sepenuhnya dalam tubuh manusia, sebagian besar antibiotik ini telah terbukti diekskresikan ke dalam urin dan feses dalam bentuk aktif dan kemudian dibuang ke saluran pembuangan kota (Paul dkk., 2010, Price SA et al., 2006).

Dari berbagai industri terutama farmasi limbah yang dihasilkan telah mencemari di beberapa sektor seperti di permukaan air. Salah satu limbah yang terdeteksi adalah CIP yang merupakan antibiotik fluoroquinolone spektrum luas yang efektif dalam mengobati berbagai infeksi. Konsentrasi CIP telah terdeteksi dalam air limbah rumah sakit hingga 21 mg/l, dan dalam konsentrasi hingga beberapa mg/l dalam limbah sekunder yang diolah karena pembuangan IPAL konvensional yang tidak lengkap (Doorslaer et al., 2014, Zhou dan Jiang., 2015).

Antibiotik CIP paling banyak digunakan pada ternak yang juga merupakan metabolit utama enrofloxacin. Walaupun CIP menunjukkan nilai toksik yang rendah pada sampel biologis, tetapi perlu diperhatikan bahwa penelitian menunjukkan bahwa bakteri resisten antibiotik dan gen resistensi akan dilahirkan oleh efek CIP pada tingkat rendah. Maka dari itu, varian genetic mikroorganisme akan terancam dan berdampak buruk pada kesehatan manusia. Pencemaran lingkungan oleh zat-

zat ini, meningkatkan kekhawatiran tentang potensi efek buruknya pada kesehatan manusia (Bilal dkk., 2019, Steenbergen et al., 2017).

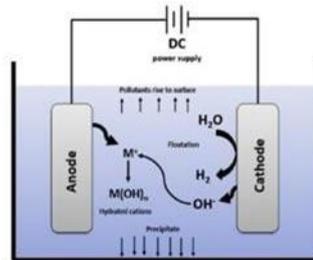
## 2.2 Elektrokoagulasi

Proses elektrokimia terdiri dari empat proses penting yaitu elektrodeposisi, elektrokoagulasi, elektroflotasi, serta elektroksidasi. Di antara ke empat proses tadi, proses elektrokoagulasi terus dikembangkan sebab mempunyai efisiensi yang tinggi untuk menghilangkan beberapa polutan seperti minyak, pelumas, logam, kekeruhan, dan zat warna. Tiga tipe elektroda yang sering digunakan dalam proses elektrokoagulasi adalah aluminium (Al-Al), besi (Fe-Fe), dan Al/Fe (Chen., 2004, Tak- Hyun Kim 2002).

Reaksi kimia yang terjadi pada proses elektrokoagulasi yaitu reaksi reduksi oksidasi, sebagai akibat adanya arus listrik (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). Elektroda dalam proses elektrokoagulasi merupakan salah satu alat untuk menghantarkan atau menyampaikan arus listrik ke dalam larutan agar larutan tersebut terjadi suatu reaksi (perubahan kimia). Elektroda tempat terjadi reaksi reduksi disebut katoda, sedangkan tempat terjadinya reaksi oksidasi disebut anoda.

Unit elektrokoagulasi biasanya terdiri dari sel elektrolitik dengan elektrode logam anoda serta elektroda logam katoda yang terhubung secara eksternal ke sumber daya DC serta dicelupkan ke pada larutan yang akan diproses seperti gambar pada 2.1. Elektroda besi dan aluminium merupakan merupakan logam yang paling luas penggunaannya untuk sel EC karena logam ini banyak tersedia, tidak beracun dan terbukti tangguh. Meskipun EC dianggap cukup mirip dengan CC/CF

dalam hal mekanisme destabilisasi koloid, tetapi terdapat perbedaan dari CC/CF seperti terjadinya reaksi samping secara bersamaan di kedua elektroda.



Gambar 2.1 Proses Elektrokoagulasi (Moussa, El-Naas et al. 2017)

Jenis logam yang digunakan sebagai elektroda memegang peranan penting di metode elektrokoagulasi. Aluminium (Al), besi (Fe), stainless steel (SS) merupakan elektroda yang sering dipergunakan di proses elektrokoagulasi karena murah, mudah didapat, memiliki efisiensi tinggi, dan tidak berbahaya (Kim et al., 2002), membandingkan performa dari Al, Fe, dan SS sebagai elektroda untuk mendegradasi limbah zat warna pada proses elektrokoagulasi dan hasilnya elektroda aluminium mempunyai efisiensi yg lebih tinggi bila dibandingkan menggunakan elektrode Fe dan SS (Tak-Hyun Kim., 2002, Liu and Wu., 2019).

Berikut faktor-faktor yang mempengaruhi yaitu:

1. pH Awal: pH awal adalah faktor penting buat proses elektrokoagulasi dan memainkan peran krusial dalam menghilangkan minyak dan air limbah, untuk penghapusan kekeruhan dan COD maksimal diamati dalam pH 5 dan akan berubah antara pH 6 dan 7.
2. Kepadatan arus: Kepadatan arus dilaporkan sebagai parameter penting lain yang melibatkan memengaruhi efisiensi pengobatan. Pengolahan air limbah dari kentang pembuatan chip oleh elektrokoagulasi dipelajari kepadatan ketika ini bervariasi berdasarkan 25 hingga 300 A/m<sup>2</sup>.
3. Waktu reaksi: waktu reaksi memiliki efek penting pada efisiensi perawatan di proses elektrokimia. Efek saat retensi pada pengolahan air limbah, peningkatan waktu berdasarkan lamanya pengolahan menyebabkan peningkatan pada konsumsi energi berdasarkan pemakaian energi dan peningkatan konsumsi elektroda.

4. Konfigurasi elektroda: perakitan elektroda adalah jantung dari proses elektrokoagulasi. Karena aluminium dan elektroda besi murah, tersedia dan terbukti efektif, mereka yang paling banyak bahan elektroda yang dipakai dalam aplikasi elektrokoagulasi. Tidak ada kinerja yang signifikan pada perbedaan antara dua bahan elektroda untuk menghilangkan minyak dan pelumas dalam kondisi yang sama.
5. Konduktivitas air limbah: konduktivitas elektrolit pendukung memiliki efek penting pada rapat arus proses elektrokoagulasi. Efek garam terhadap pemecahan emulsi minyak dalam air diselidiki. Untuk muatan listrik yang sama melewati, pemindahan COD lebih baik diperoleh dalam media klorida dibandingkan dengan media sulfat.

Parameter pengaruh lainnya: parameter operasi lainnya seperti suhu air limbah, kecepatan pengadukan, dan laju aliran juga telah diselidiki sebelumnya studi membuat mengeksplorasi efeknya pada penghapusan air limbah di proses elektrokoagulasi. Efek suhu lebih tinggi mengarah ke konduktivitas yang lebih tinggi sehingga konsumsi energy lebih rendah. Saat kecepatan pengadukan ditingkatkan, flok terdegradasi dan teradsorpsi polutan diserap. Hal ini menyebabkan penurunan efisiensi penghapusan COD. Pengadukan secara efisien dapat memindahkan zat koagulan yang sebelumnya terbentuk dari pembubaran elektroda. Namun, pengadukan kecepatan tinggi akan menghancurkan flok yang terbentuk dalam reaktor dan membentuk flok kecil yang sulit dihilangkan.

Tabel 2.1 Review Jurnal

No	Judul	Limbah	Katod anoda	Variasi	Variasi terbaik	Hasil penelitian	Referensi
1	Penghapusan selenium dari air limbah kilang minyak bumi menggunakan teknik elektrokoagulasi	limbah selenium	anoda = besi	pH 6-9, Waktu perawatan 60, 120, 240, dan 360 menit. Kerapatan arus 76,7 dan 153,4 A m <sup>-2</sup>	waktu 240 menit, pH dari 4 ke 6. Kepadatan arus 153 A m <sup>-2</sup>	Untuk air limbah yang dipelajari, peningkatan kepadatan saat ini memiliki efek yang terkenal pada efisiensi pemindahan, karena selama 240 menit perawatan, ketika kepadatan saat ini meningkat dari 76,7 A m <sup>-2</sup> hingga 153,4 A m <sup>-2</sup> , efisiensi penghilangan hampir dua kali lipat.	Henrik K. Hansena, Sebastián Franco Peñaa, Claudia Gutiérreza, Andrea Lazoa, Pamela Lazob, Lisbeth M. Ottosen. 2018

2	Proses Elektrokoag Limbah <i>Laundry</i>	limbah cair	Elektroda Tembaga Anoda : Akan mengalami terjadinya oksidasi air menjadi gas oksigen Katoda : Akan terjadi reduksi air menjadi gas hidrogen	Pengaruh tegangan 21 Volt Waktu sampling:60, 80, 100, 120, 140 menit	21 Volt dengan waktu 140 menit	Proses elektrokoagulasi dapat menurunkan kandungan <i>Total Suspended Solid</i> (TSS) pada reaktor elektrokoagulasi sebesar 85 % dan penurunan surfaktan sebesar 60.36 % pada variabel 21 Volt dengan waktu sampling 140 menit	Budiany Rachmawati, Yayok SuryaP, dan Mohammad Mirwan
3	Kombinasi elektrokoagulasi dengan proses oksidasi lanjutan untuk pengolahan limbah industri penyulingan	Limbah Pabrik	anoda = besi	pH 2-10, waktu 0-240 menit, kepadatan arus 0.1-0.5 A/dm <sup>2</sup>	pH 6, waktu reaksi 4 jam, di antara jarak elektroda 2 cm	Proses ozon–elektrokoagulasi dan fotoelektrokoagulasi peroxi pada penghapusan persentase warna, COD dan konsumsi energi. Efek dari berbagai parameter operasi seperti ozon laju aliran (5 hingga 15 LPM), pH limbah awal (2 hingga 10), kerapatan arus (0,10 hingga 0,50 A/dm <sup>2</sup> ) dan Konsentrasi H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (50 hingga 500 mg/ L) pada penghapusan polutan dipelajari dalam penelitian ini.	Abdul Raman Abdul Aziz, P. Asaithambi, Wan Mohd Ashri Bin Wan Daud. 2015

4	Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Pada Skala Laboratorium Dengan menggunakan Metode Elektrokoagulasi	Limbah asli dari proses pembat ikan	3 buah katoda alumunium dan 3 buah anoda stainless steel	Waktu 5, 10, 15, 30, 45, dan 60 menit. Tegangan listrik 25 dan 30 volt. Jarak elektroda 1,5 dan 3 cm	Jarak elektroda 1,5 cm, kuat arus 12 volt waktu kontak antara 30-45 menit.	Persentase penyisihan konsentrasi COD tertinggi mencapai 30% terjadi pada menit ke 60, tegangan 25 Volt, dengan jarak elektroda 3 cm. Parameter warna dengan persentase penurunan maksimum sebesar 64% pada menit ke 30, 12 Volt, jarak elektroda 1,5 cm. Penurunan konsentrasi TSS dan minyak lemak dengan persentase tertinggi sebesar 77% untuk TSS dan 88% untuk minyak lemak yang terjadi pada menit ke 60, pada tegangan sebsat 25 Volt dengan jarak elektroda 1,5 cm	Andik Yulianto, Luqman Hakim, Indah Purwaningsi h, Vidya Ayu Pravitasari 2009
5	Pengolahan Limbah Cair yang Mengandung Minyak dengan Proses Elektrokoagulasi dengan Elektroda Besi	Limbah <i>oil content</i>	Anoda: 3 lempeng Besi dengan ukuran 3 x 5cm Katoda : 3 lempeng alumunium 3 x 5 cm	Rapat arus 32 dan 16 A/dm <sup>2</sup> , Waktu elektrokoagulasi 60 dan 120 menit, jarak lempeng 2 dan 6 cm	Rapat arus 32 A/dm <sup>2</sup> , waktu elektrokoagulasi 120 menit Jarak lempeng 2 cm	Efisiensi penurunan maksimum konsentrasi COD adalah 29,83% dengan efisiensi penurunan rata-rata sebesar 26,12%. Nilai total penurunan konsentrasi COD sebesar 223,45mg/l dari konsentrasi awal sebesar 317,53mg/l	Agung Prabowo, Gagah Hasan Basrori, Purwanto

### 2.3 Plat Elektroda

Sebuah elektroda dalam sebuah sel elektrokimia dapat disebut sebagai anoda atau katoda. Anoda ini didefinisikan sebagai elektroda di mana elektron datang dari sel dan oksidasi terjadi, dan katoda didefinisikan sebagai elektroda di mana elektron memasuki sel dan reduksi terjadi. Setiap elektroda dapat menjadi sebuah anoda atau katoda tergantung dari voltase yang diberikan ke sel. Sebuah elektroda bipolar adalah sebuah elektroda yang berfungsi sebagai anoda dari sebuah sel dan katoda bagi sel lainnya (Fitri, A. A., Ismawati, D. 2007).

Sebuah elektroda adalah sebuah konduktor berupa logam yang digunakan untuk bersentuhan dengan larutan elektrolit dalam sebuah sirkuit. Bahan elektroda yang ideal untuk banyak proses ialah untuk banyak proses ialah stabil dalam medium elektrokoagulasi dan diperoleh hasil reaksi yang dikehendaki dengan efisiensi arus pada overpotential rendah. Bahan yang baik seringkali mahal dan yang lebih umum adalah bahan aktif yang dilapiskan pada bahan yang murah atau bahan inert. Untuk proses penelitian ini digunakan elektroda yang dibuat dari tembaga (Cu), karena Pada saat ini, logam Tembaga adalah logam yang dipilih yang mempunyai nilai konduktivitas cukup baik dibandingkan dengan penghantar lainnya.

### 2.4 Reaksi Kimia Pada Elektroda

Proses elektrokoagulasi terjadi karena pengendapan elektrokoagulasi dengan adanya medan listrik diantara dua elektroda sehingga ion logam terlepas dari anoda melalui reaksi oksidasi (Prayitno et al., 2016). Menurut Daneshvar et al. (2002) mekanisme yang terdapat dalam proses ini meliputi adsorpsi, ko-presipitasi, pembentukan kompleks permukaan dan tarik menarik elektrostatis. Namun seringkali proses ini terjadi secara tumpang tindih dan sulit dibedakan. Dua mekanisme sederhana disajikan untuk menggambarkan proses tersebut yang meliputi: presipitasi dan adsorpsi. Adsorpsi terdiri dari pembentukan kompleks permukaan dan tarik menarik elektrostatis.

Mengacu pada penelitian Daneshvar et al. (2002) dengan menggunakan elektroda besi untuk menghilangkan kandungan  $Mg^{2+}$ . Salah satu spesies utama dari larutan berupa  $[Fe(OH)_3.(H_2O)_3]_2$ , yang akan mengikat  $Mg^{2+}$  dengan membentuk reaksi kompleks, tarik menarik elektrostatis dan presipitasi. Sebagai hasil dari dehidrasi,  $Fe(OH)_3$  akan diubah menjadi  $FeOOH$  (besi hidrooksida), yang merupakan salah satu monomer dari polimer hidroksi. Pada penelitian ini salah satu spesies utama dari larutan berupa  $[Al(OH)_3.(H_2O)_3]_2$ , yang akan mengikat kontaminan ( $Th^{4+}$ ). Maka sebagai hasil dari dehidrasi,  $Al(OH)_3$  akan diubah menjadi  $AlOOH$  (Alumunium hidrooksida), yang merupakan salah satu monomer dari polimer hidroksi.

Menurut Daneshvar et al. (2002) dalam hal ini, proses penghilangan polutan terjadi dalam dua tahap:

1. Pembentukan kompleks permukaan oleh terhubungnya polimer hidroksi menjadi partikel tersuspensi.
2. Peran polimer hidroksi dalam proses menghilangkan polutan adalah menghubungkan melalui ion dan meningkatkan konsentrasi dan akan membentuk reaksi kimia. Kombinasi logam hidrooksida dalam variasi kompleks permukaan terdiri dari daerah yang bermuatan positif dan negatif serta muatan oposisi yang bersifat menarik dimana daerah tersebut cukup kuat untuk menghilangkan spesies terlarut dan ion dalam fasa larutan

Transfer elektron yang terjadi di setiap elektroda disebut reaksi elektroda. Substansi yang menerima dan melepas elektron disebut spesies elektroaktif. Proses ini terjadi pada permukaan elektroda dan melibatkan mekanika kuantum menerobos elektron antara elektroda dan spesies elektroaktif (Iqbal & Zaafrani, 2011). Elektrokoagulasi dapat dibuat ketika sebuah potensial diaplikasikan dari kekuatan eksternal elektroda. Dalam hal ini reaktor elektrokoagulasi sederhana dapat dibuat oleh satu anoda dan satu katoda, dimana terjadi beberapa reaksi elektrokimia.

### 2.5 Katoda dan Anoda

Pada persamaan (1), ion  $H^+$  dari suatu asam akan direduksi menjadi gas hidrogen yang akan bebas sebagai gelembung-gelembung gas, sedangkan larutan yang mengalami reduksi adalah pelarut (air) dan terbentuk gas hidrogen ( $H_2$ ) pada katoda yang ditunjukkan oleh persamaan (2).



Anoda terbuat dari logam akan teroksidasi yang secara umum ditunjukkan oleh persamaan (3), sedangkan ion  $OH^-$  dari basa akan mengalami oksidasi membentuk gas oksigen ( $O_2$ ) yang ditunjukkan oleh persamaan (4).



Table 2.2 Reaksi Anoda aluminium dan Tembaga

Elektroda	Kondisi asam	Kondisi basa
Aluminium $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$	$Al^{3+} + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + 3H^+$	$Al^{3+} + 3OH^- \rightarrow Al(OH)_3$
Tembaga $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$	$Cu^+ + O_2 + 2H_2O \rightarrow Cu^{2+} + 4OH^-$	$Cu^{2+} + 2OH^- \rightarrow Cu(OH)_2$

Dari reaksi tersebut, pada anoda akan dihasilkan gas  $H_2$ , buih dan flok logam hidroksida (Susetyaningsih et al., 2008). Selanjutnya flok yang terbentuk akan menjebak secara elektroionik terhadap logam atau kontaminan (Prayitno & Kismolo, 2012). Ketika medan magnet diantara plat elektroda masih cukup besar, sistem ionik dari polutan limbah cenderung akan berkompeten membentuk suatu flok-flok dengan ukuran yang jauh lebih besar sehingga proses oksidasi pada plat anoda juga semakin besar (Prayitno et al., 2016).

### 2.6 Parameter Proses Elektroda

### **2.6.1 Jenis Plat**

Jenis plat elektroda berpengaruh secara signifikan terhadap hasil proses pengolahan. Untuk pengolahan air minum, jenis plat elektroda harus non toksik, biaya rendah dan mudah didapatkan (Cerqueira & Marques, 2012).

### **2.6.2 Kuat Tegangan**

Pada kuat tegangan Semakin besar tegangan maka besar penyisihan semakin besar. Kuat tegangan berbanding lurus dengan besarnya arus listrik yang mengalir pada elektroda. Arus listrik yang menyebabkan terjadinya transfer elektron dari elektroda ke larutan elektrolit. Adanya aliran listrik ini menyebabkan terjadinya reaksi kimia dalam larutan yaitu makin banyaknya logam hidroksida maupun gelembung (gas) yang terbentuk. Saat kuat tegangan tinggi, hidroksil yang larut dan kecepatan pembentukan logam hidroksida meningkat sehingga endapan yang dihasilkan lebih banyak dan meningkatkan penurunan polutan di dalam air (Kurniasih et al., 2016).

### **2.6.3 Kuat Arus**

Arus listrik yang menyebabkan terjadinya transfer elektron dari elektroda ke larutan elektrolit. Adanya arus listrik ini menyebabkan terjadinya reaksi kimia dalam larutan yaitu semakin banyaknya logam hidroksida maupun gelembung (gas) yang terbentuk (Kurniasih et al., 2016). Semakin besar kuat arus maka kerapatan gelembung semakin meningkat dan ukuran akan menurun, sehingga mempercepat penurunan polutan dan flotasi sludge. Namun jika kuat arus semakin menurun maka waktu reaksi yang dibutuhkan akan semakin lama pula (Bazrafshan et al., 2012).

### **2.6.4 Waktu Kontak**

Dalam teori, semakin lama waktu proses elektrokoagulasi maka pembentukan gas  $H_2$  dan  $OH^-$  semakin banyak sehingga semakin banyak pula jumlah kompleks yang mengikat polutan dan jumlah gas hidrogen (Rachmawati et al., 2014).

### **2.6.5 Konduktivitas**

Konduktivitas elektrik effluent merupakan variabel yang berpengaruh terhadap efisiensi kuat arus, voltasi sel dan konsumsi energi. Konduktivitas elektrik effluent juga penting ketika optimisasi parameter sistem, mulai dari konduktivitas tinggi dengan jarak antar elektroda yang kecil meminimalkan konsumsi energi, tapi tidak efektif terhadap efisiensi penurunan kontaminan. Konduktivitas effluent, yang

disebut juga kapasitas untuk menghantarkan kuat arus listrik, sesuai untuk ion dalam cairan konduktif. Ion-ion tersebut berfungsi untuk menghantarkan kuat arus listrik. Maka, semakin tinggi konsentrasi ion dalam effluent, maka kemampuan untuk menghantarkan kuat arus listrik semakin besar dan kemungkinan terjadinya reaksi antar senyawa dalam effluent semakin besar (Cerqueira & Marques, 2012). Konsumsi energi akan menurun dengan meningkatnya konduktivitas larutan (Khandegar & Saroha, 2013).

### **2.6.7 Kondisi pH**

Berdasar Lekhlif et al. (2014) proses elektrokoagulasi sangat bergantung pada pH larutan. Dalam proses elektrokoagulasi terdapat tiga mekanisme utama yaitu presipitasi, adsorpsi dan koagulasi (Akyol et al., 2013). Pada pH rendah spesies logam umumnya pada anoda akan bergerak ke spesies anionik, dan akan terjadi penetralan muatan dan pengurangan kelarutan, proses ini disebut presipitasi (Akyol et al., 2013). Sementara pada pH lebih dari 6,5 akan terjadi adsorpsi (Elnenay et al., 2016) dan koagulasi (Akyol et al., 2013). Umumnya ion logam akan terhidrolisis pada pH 7-9 untuk menghasilkan variasi kompleks logam hidroksida dan  $M(OH)_3$  netral (Elnenay et al., 2016).

### **2.6.8 Jarak Antar Elektroda**

Jarak elektroda antar elektroda juga menjadi variabel penting untuk optimisasi operasi proses elektrokoagulasi. Berdasar Cerqueira & Marques (2012) saat konduktivitas effluent relatif tinggi, maka digunakan jarak antar elektroda yang lebih lebar. Namun sebaliknya, dalam elektrokoagulasi disarankan untuk menggunakan jarak yang kecil, untuk mengurangi konsumsi energi.

Ketika dilakukan pengujian sistem dibawah kuat arus yang sama, berdasarkan penelitian Den dalam Cerqueria & Marques (2012) bahwa terdapat perbedaan efisiensi penurunan polutan untuk setiap jarak antar elektroda yang berbeda, sehingga jarak antar elektroda termasuk salah satu faktor untuk optimisasi biaya. Dalam hal ini, semakin besar jarak antar elektroda, maka interaksi ion dalam larutan dengan koagulan semakin sedikit terjadi. Terdapat perbedaan antara dua penelitian tentang kemungkinan pemisahan dalam setiap nilai konduktivitas effluent, yang pertama (rentang antara 100 dan 140 mS cm<sup>-1</sup>), tidak terdapat perubahan dalam

efisiensi penurunannya, karena dengan semakin besarnya jarak antar elektroda, maka konduktivitas larutan akan semakin menurun. Sedang penelitian kedua menjelaskan, dengan mengesampingkan nilai konduktivitas effluent. Tetapi ia berasumsi bahwa penurunan ini akan lebih rendah daripada penelitian pertama, karena semakin meningkatnya jarak antar elektroda akan menyebabkan interaksi semakin menurun dan membutuhkan konduktivitas elektrik yang rendah. Sehingga, untuk penurunan akan berbeda dalam setiap jarak antar elektroda, dimana nilai konduktivitas harus rendah.

Semakin besar jarak antar elektroda, maka semakin besar pula tegangan yang dibutuhkan, karena larutan mempunyai resistansi terhadap kuat arus. Maka, berdasar karakteristik effluent, jarak antar elektroda dapat divariasikan untuk menghasilkan efisiensi proses yang maksimal. Misal, jarak yang besar digunakan saat konduktivitas effluent relatif tinggi, sedang jarak yang lebih kecil digunakan untuk konduktivitas yang lebih rendah.