

## **Pengaruh Elektrokoagulasi pada Penurunan Kadar BOD, COD, dan Amonia untuk Mengolah Limbah Cair Industri Pembekuan Udang (Cold Storage)**

**Sugito<sup>1</sup>, Muhammad Al Kholif<sup>1\*</sup>, Yolanda Ayu Ning Tyas<sup>1</sup>, Joko Sutrisno<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya  
E-mail: [alkholif87@unipasby.ac.id](mailto:alkholif87@unipasby.ac.id)*

### **Abstrak**

*Elektrokoagulasi dapat digunakan sebagai salah satu alternatif penanganan air limbah pada industri pembekuan udang. Limbah cair pada industri udang berasal dari proses berbau dasar udang dimana dalam limbah cair tersebut mengandung zat organik yang berbahaya diantaranya mengandung unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), dan sulfur (S). Proses elektrokoagulasi merupakan adaptasi dari proses elektrokimia dan proses koagulasi - flokulasi yang digabungkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jarak plat elektroda, besarnya tegangan dan waktu kontak dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan amonia sebelum dan sesudah diolah dengan proses elektrokoagulasi. Variabel penelitian ini menggunakan yaitu variasi tegangan 15, 18, dan 24 volt, variasi waktu proses adalah 90, 120 dan 180 menit dan perbedaan jarak plat elektroda yaitu 2 cm dan 4 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa elektrokoagulasi mampu menurunkan kadar BOD, COD dan amonia pada limbah cold storage dengan hasil terbaik diperoleh pada variabel tegangan 24 volt dan waktu proses 180 menit menggunakan jarak elektroda 2 cm. Variasi besarnya tegangan dan perbedaan waktu proses berpengaruh terhadap penurunan kadar BOD, COD dan amonia sedangkan jarak elektroda berpengaruh pada kecepatan transfer elektron selama proses elektrokoagulasi.*

**Kata kunci:** *Amonia, BOD, COD, elektrokoagulasi, limbah industri*

### **PENDAHULUAN**

Seiring dengan berkembangnya industri pembekuan udang (*cold storage*) yang mengolah udang beku, tidak terlepas dari permasalahan lingkungan akibat limbah yang dihasilkan baik padat maupun cair. Proses pengolahan udang untuk dibekukan banyak menggunakan air sebagai bahan pencuci. Proses pencucian ini akan terlarut atau terikat specimen dari udang ke dalam air buangan yang banyak mengandung protein ataupun lemak daging. Akibatnya limbah cair yang dihasilkan dapat mengandung bahan organik yang tinggi. Proses produksi pada industri *cold storage* meliputi penerimaan bahan baku, penyimpanan, pencucian, penimbangan, pemotongan kepala, penyortiran, penataan produk, pembekuan produk, pengemasan, dan penyimpanan produk beku (Murniyati &

Sunarman, 2000). Karakteristik air limbah pengolahan udang beku memiliki kandungan organik baik terlarut maupun dalam bentuk tersuspensi yang mudah terurai oleh mikroorganisme. Jika bahan organik yang terkandung dalam air limbah *cold storage* tidak diolah sebelum dibuang ke badan air, maka akan sangat merugikan badan air penerima, karena air limbah tersebut mengandung karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), belerang (S) dan unsur lainnya. Unsur-unsur tersebut dapat berubah menjadi CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S yang berbahaya dan menimbulkan bau pada air limbah. Parameter air limbah budidaya udang antara lain BOD, COD, Amonia yang memenuhi baku mutu air limbah industri *cold storage* mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri dan atau Kegiatan Usaha Lainnya.

Terdapat beragam metode alternatif untuk mengurangi pencemaran limbah cair industri pembekuan udang (*cold storage*). Salah satu metode yang tepat berdasarkan karakterisasi limbah adalah metode elektrokoagulasi. Mengolah limbah cair menggunakan metode elektrokoagulasi ini bisa menjadi salah satu alternatif atau solusi bagi industri *cold storage* dalam pengolahan limbah cairnya agar lebih efisien dan ekonomis. Penelitian yang dilakukan Mukimin (2006) dalam mengolah limbah industri berbasis logam menggunakan teknologi elektrokoagulasi flota, mendapatkan hasil analisis lapangan adanya penghematan pada biaya operasi pengolahan sebesar 18.46%. Penggunaan metode elektrokoagulasi pada pengolahan limbah cair industri batik CV. Batik Indah Raradjonggrang Yogyakarta ditinjau dari parameter BOD, COD dan warna mendapatkan hasil kadar pencemaran menurun berturut-turut sebesar 71.69%; 55.31%; 40.75% (Yulianto *et al.*, 2009). Penelitian tentang pengolahan air limbah (*cold storage*) yang mengandung BOD dan COD dengan menggunakan proses elektroagulasi diperoleh hasil penurunan sebesar 66.7% dan 97.50% (Prasmono, 2010). Rachmawati, dkk., (2014) melakukan penelitian pada limbah laundry menggunakan proses Elektrokoagulasi dengan hasil efisiensi penyisihan TSS sebesar 85%. Penurunan COD, TTS dan warna limbah industri batik menggunakan metode Elektrokoagulasi mampu menyisihkan kadar COD tertinggi mencapai 83.33%, TSS mencapai 90% dan zat warna mencapai 88.51% (Lestari & Agung, 2014). Pengaruh pola dan jarak elektroda menggunakan limbah cair tahu dengan proses elektrokoagulasi mendapatkan hasil pola dan jarak elektroda terbaik adalah 2 katoda-2 anoda dengan jarak 1.5 cm menghasilkan efisiensi penyisihan TSS sebesar 75% dan peningkatan pH hingga 6.8 (Nugraha dkk., 2018).

Elektrokoagulasi merupakan aktivitas destabilisasi suspensi, emulsi dan larutan yang mengandung kotaminan dengan melewati arus listrik melalui air, menyebabkan terbentuknya gumpalan dan mudah dipisahkan. Koagulasi listrik membutuhkan arus searah (DC) dimana konduktornya adalah larutan elektrolit, dalam hal ini air olahan. Sedangkan elektroda yang digunakan umumnya terbuat dari aluminium dengan sifat koagulasi. Elektroda dalam koagulasi merupakan salah satu alat yang memberikan arus listrik ke dalam larutan sehingga larutan tersebut terjadi reaksi (perubahan kimia). Pada elektroda tempat berlangsungnya reaksi reduksi disebut katoda, dan tempat berlangsungnya reaksi oksidasi disebut anoda atau reaksi redoks. Dalam sel elektrolisis dua elektroda ditempatkan dan arus searah diterapkan, fenomena elektrokimia akan terjadi. Elektrokimia adalah fenomena elektrolisis, dimana ion positif (kation) bergerak menuju katoda dan menerima elektron tereduksi dan ion negatif (anion) bergerak menuju anoda dan bergabung dengan elektron teroksidasi. Keuntungan menggunakan koagulasi air limbah adalah peralatannya sederhana dan mudah untuk digunakan karena elektrokoagulasi tidak memerlukan koagulan, sehingga tidak ada masalah netralisasi.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa efektif elektrokoagulasi dalam menurunkan kadar BOD, COD dan amonia pada sample limbah cair industri *cold storage* dan efektivitas variasi jarak plat elektroda, besarnya tegangan dan waktu proses dalam menurunkan kadar

BOD, COD, dan amonia sebelum dan sesudah diolah dengan elektrokoagulasi. Diketahui waktu proses elektrokoagulasi 90 menit sampai 180 menit dapat menurunkan BOD, dan COD lebih dari 50% sedangkan amonia kurang dari 50%.

### **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan penelitian eksperimen untuk mengkaji efisiensi penurunan kadar BOD, COD dan amonia yang mengacu pada variabel pengolahan limbah cair industri pengolahan udang (*cold storage*) yang telah ditentukan sebelumnya. Pada penelitian ini, menggunakan dua variable, pertama adalah variabel bebas dengan menggunakan perbedaan jarak plat elektroda yaitu 2 cm dan 4 cm dengan variasi tegangan 15, 18, dan 24 volt serta lama waktu proses yang terdiri dari 90, 120, dan 180 menit pada proses elektrokoagulasi. Sedangkan yang kedua adalah variabel terikat dengan parameter BOD, COD dan amonia.

### **Alat dan Bahan**

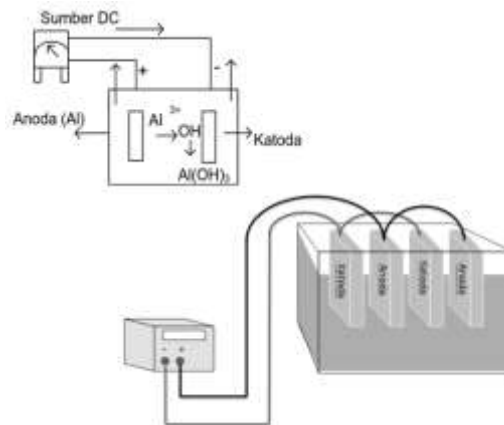
Sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu limbah cair yang dihasilkan dari salah satu industri pembekuan udang (*cold storage*) X di daerah Kabupaten Sidoarjo. Metode eksperimen membandingkan hasil pengolahan dengan elektrokoagulasi berdasarkan variasi waktu, tegangan dan jarak plat sebagai indikator yang digunakan untuk mengetahui kinerja sistem pengolahan tersebut efektif dalam menurunkan kadar BOD, COD dan amonia. Alat yang diperlukan dalam penelitian ini diantaranya power supply DC 12 A, Inverter/Step Up 8 A dan 30 VA serta avometer DT-830B sebagai pelengkap alat electrocoagulasi yang akan menunjang dalam proses penelitian. Gambar 1 merupakan rangkaian lengkap penelitian yang dirancang dalam skala laboratorium.



**Gambar 1.** Rangkaian Alat Elektrokoagulasi

### **Rancangan Reaktor**

Rancangan reaktor penelitian meliputi persiapan wadah dan persiapan elektroda untuk alat elektrokoagulasi serta uji reaktor yang akan digunakan. Reaktor elektrokoagulasi dibuat dari bak kaca dengan tebal 2 mm, ukuran panjang bak 20 cm, lebar 10 cm dan tinggi bak 15 cm dengan volume bak 3 liter seperti pada gambar 2. Elektroda aluminium dengan ukuran yang sama (10 cm x 5 cm) dimasukkan ke dalam bak reaktor berisi sampel air limbah dengan dua jarak yang berbeda antara reaktor 1 yaitu 2 cm dan reaktor 2 yaitu 4 cm. Adapun bagian dari elektroda dalam penelitian ini dibuat elektroda berganda berbahan aluminium (Al) yang dicelupkan ke dalam larutan limbah yang akan dijadikan sebagai elektrolit seperti yang digambarkan pada gambar 2.



**Gambar 2.** Desain Rancangan Reaktor Proses Elektrokoagulasi dengan Elektroda Berganda

**Prosedur Penelitian**

Sebelum proses pengolahan, maka uji reaktor elektrokoagulasi perlu dilakukan agar tidak terjadi kesalahan pada pemasangan elektroda kemudian dilanjutkan dengan pengambilan sampel dan melakukan uji analisa awal. Hasil uji awal sampel disajikan pada tabel 1 sebagai pertimbangan untuk menentukan keberhasilan suatu penelitian atau pengamatan dilapangan. Setelah alat elektrokoagulasi sudah melewati tahap uji coba, maka langkah selanjutnya dilakukan uji proses reaktor 1 dengan jarak plat 2 dan 4 cm dalam kapasitas tegangan 15, 18 dan 24 volt dengan waktu proses 90, 120, dan 180 menit. Sampel olahan dari hasil proses dianalisis di laboratorium untuk mengetahui berapa persen kandungan yang terbuang. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, akan di dapatkan pemeriksaan parameter kandungan yang teremoval pada air limbah yang telah diolah. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik untuk mengetahui pengaruh variasi jarak plat elektroda, besarnya tegangan dan waktu proses dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan amonia pada limbah *cold storage* setelah dilakukan pengolahan dengan elektrokoagulasi.

Kerapatan arus adalah arus listrik yang diterapkan per luas efektif elektroda untuk elektrokoagulasi. Ini adalah parameter penting dalam elektrokoagulasi karena mengatur ukuran dan pertumbuhan flok, yang mempengaruhi laju penyisihan dan jumlah ion logam terlarut dari elektroda, juga menghasilkan sejumlah endapan untuk menghilangkan pencemar dari air limbah (Mohamud et al., 2018).

**Tabel 1.** Hasil Uji Awal Sampel Sebelum Perlakuan

Parameter Uji	Konsentrasi (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)*
COD	3,027	200
BOD	1,816	100
TSS	14	100
AMMONIA	14.579	10

Sumber: Hasil analisis laboratorium PDAM surya sembada kota Surabaya, 2021

\*baku mutu lingkungan berdasarkan Peraturan Gubernur Jatim No 52 tahun 2014.

Berdasarkan data yang diperoleh seperti yang tersaji pada tabel 1 di atas dapat dijelaskan bahwa secara garis besar untuk semua parameter uji masih melebihi batas baku mutu yang telah ditetapkan berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 52 Tahun 2014. Hanya pada kandungan

TSS yang memenuhi baku mutu tersebut namun dalam penelitian ini TSS tidak dijadikan sebagai parameter uji.

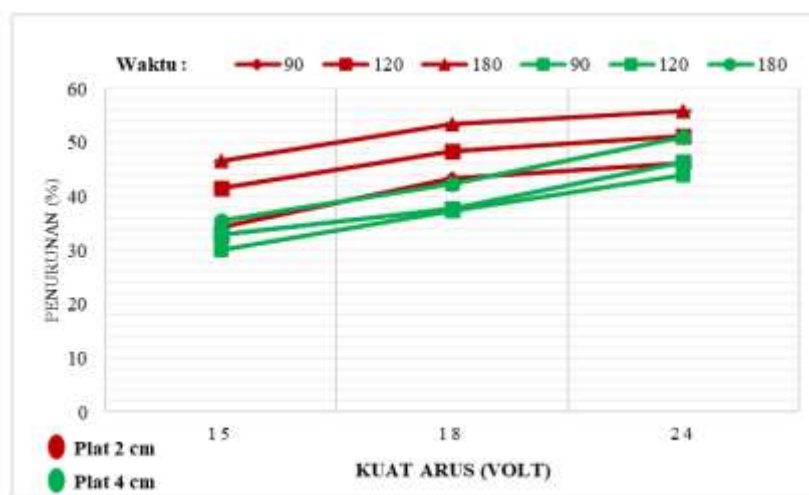
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan limbah cair dari industri pembekuan udang (*cold storage*) menggunakan proses elektrokoagulasi telah dipelajari dalam skala laboratorium. Elektrokoagulasi merupakan adaptasi dari gabungan proses elektrokimia dan proses flokulasi. Hal ini dinilai sebagai alternatif pengolahan limbah *cold storage* dimasa mendatang (Rachmawati dkk., 2014). Lestari & Agung (2014) menemukan bahwa dalam proses koagulasi membutuhkan listrik arus searah (DC) dengan larutan elektrolit sebagai konduktor utama. Elektroda yang digunakan umumnya terbuat dari aluminium karena sifat koagulasi. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, akan didapatkan pemeriksaan parameter kandungan yang teremoval pada air limbah yang telah diolah.

Kelayakan teknis dan ekonomi menggunakan BDD berdasarkan pengurangan konsentrasi COD dan amonia serta konsumsi energi pada sampel lindi dapat juga dilakukan dengan menggunakan elektrokoagulasi. Pada kondisi operasi optimum, konsentrasi COD dan amonia dapat direduksi masing-masing hingga 160 mg/L dan 30 mg/L dengan konsumsi energi maksimal sebesar 54 kWh/m<sup>3</sup> (Anglada *et al.*, 2010). Dalam beberapa alasan elektrokoagulasi flokulasi adalah metode alternatif untuk koagulasi kimia klasik (Butler *et al.*, 2011).

#### Penyisihan Kadar BOD pada Limbah *Cold Storage* Menggunakan Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi (EC) adalah proses pengolahan air dan air limbah yang menggunakan mekanisme elektrokimia, kimia, dan fisik untuk melarutkan logam kationik secara elektrokimia. ion dimasukan dengan mengoksidasi anoda korban hanya menggunakan arus listrik dan elektroda terlarut sehingga menghasilkan spesies koagulan yang merusak dan menjebak polutan dalam bentuk partikel tersuspensi dalam air dan air limbah, selain itu memaksa pencemar untuk membentuk flok dan mengendap sehingga menghasilkan penghilangan polutan (Bote, 2021). Data hasil penelitian penurunan BOD untuk limbah *cold storage* setelah melalui proses elektrokoagulasi dengan variasi tegangan 15, 18 dan 24 volt, jarak elektroda 2 cm dan 4 cm serta waktu proses selama 90, 120 dan 180 menit seperti pada gambar berikut:

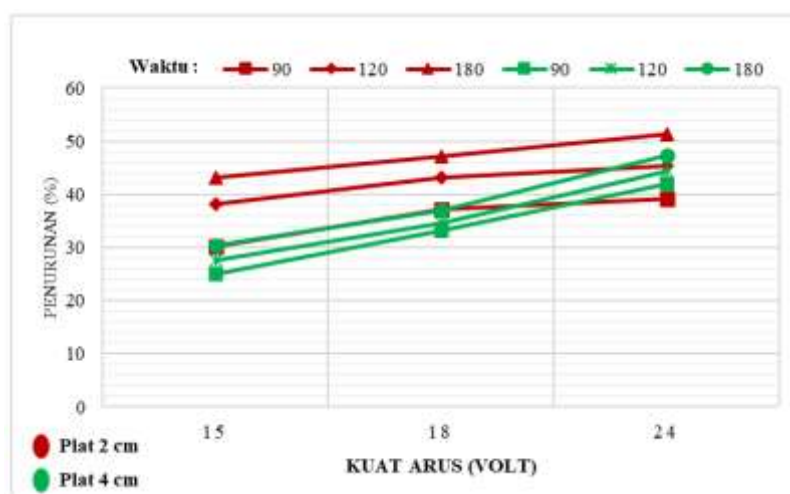


**Gambar 3.** Efisiensi Penurunan BOD<sub>5</sub> pada Proses Elektrokoagulasi

Grafik pada gambar 3 menunjukkan penurunan tertinggi BOD<sub>5</sub> pada plat 2 cm yaitu 192 mg/L (*removal* 55.90%) pada tegangan 24 volt dan waktu proses 180 menit sedangkan penurunan BOD<sub>5</sub> terendah percobaan jarak plat 2 cm dengan penurunan BOD<sub>5</sub> sebesar 186 mg/L (*removal* 34.24%) pada tegangan 15 volt dan waktu proses 90 menit. Pada jarak plat 4 cm penurunan terbaik pada tegangan 24 volt dan waktu proses 180 menit yaitu sebesar 222 mg/L (*removal* 51.11%) sedangkan penurunan BOD<sub>5</sub> terendah yaitu 318 mg/L (*removal* 30.02%) pada tegangan 15 volt dan waktu proses 90 menit. Grafik persentase pengaruh variasi jarak plat, tegangan dan waktu proses pada BOD<sub>5</sub> menunjukkan bahwa semakin besar tegangan dan waktu proses, maka akan berpengaruh pada penurunan kadar BOD<sub>5</sub>. Maghanga *et al.*, (2009), menyimpulkan bahwa BOD, COD, dan konduktivitas mampu dihilangkan dengan elektrokoagulasi dalam *effluent* teh. Limbah yang digunakan berasal dari pabrik teh Chemomi di Rift Valley, Kenya mampu mengurangi COD sebesar 96.6%, BOD sebesar 84.0%, dan konduktivitas sebesar 31.5% serta meningkatkan pH sebesar 10.32%.

### Penyisihan Kadar COD pada Limbah *Cold Storage* Menggunakan Elektrokoagulasi

Penyisihan pencemar seperti kadar COD dan zat warna juga mampu dihilangkan dengan menggunakan pengolahan bioreaktor dalam elektrokoagulator, dimana teknologi tersebut dapat menyisihkan kadar COD sebesar 61.6% dan zat warna sebesar 98.4% (Thakur *et al.*, 2009). Data hasil penelitian penurunan COD pada limbah *cold storage* setelah melalui proses elektrokoagulasi dengan variasi tegangan 15, 18 dan 24 volt, jarak elektroda 2 cm dan 4 cm serta waktu proses selama 90, 120 dan 180 menit adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Efisiensi Penurunan COD dengan Proses Elektrokoagulasi

Hasil penurunan tertinggi kadar COD seperti pada gambar 4 terjadi pada jarak plat 2 cm dengan tegangan 24 volt dan waktu proses selama 180 menit yaitu sebesar 349 mg/l (*removal* 47.33%). Pada plat elektroda 4 cm penurunan terbaik terjadi pada tegangan 24 volt dan waktu proses selama 180 menit dimana COD awal 634 mg/L menjadi 309 mg/L (*removal* 51.29%). Kenaikan tegangan serta waktu proses yang lebih lama mempengaruhi unsur O dan H yang dihasilkan dari reaksi oksidasi pada elektroda, sehingga kemampuan reduksi bahan organik pada limbah *cold storage* akan besar dan COD pada limbah akan berkurang. Gambar diatas juga menunjukkan bahwa banyaknya penurunan dipengaruhi oleh lamanya waktu proses dan besar atau kecilnya tegangan. Selain itu jarak plat juga mempengaruhi proses selama sampling dimana akan membuat proses oksidasi meningkat. Menurut Prayitno & Endra Kismolo (2012), ketika medan magnet antara plat elektroda masih cukup

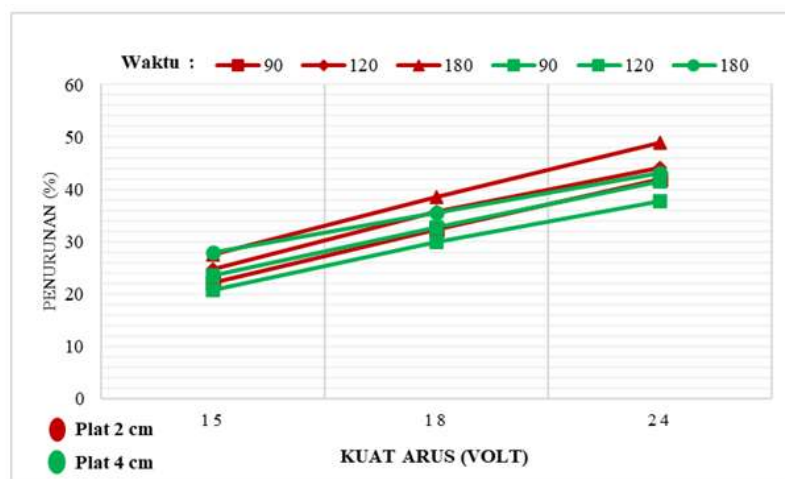
besar, sistem ionik dalam sistem berair logam terutama bersaing satu sama lain untuk melekat pada plat elektroda dan proses oksidasi pada plat anoda masih penting. Dengan demikian nilai efisiensi koagulasi yang diperoleh masih cukup besar namun pada saat plat elektroda jenuh dan medan magnet sangat lemah maka proses elektrokimia dalam sistem air diminimalkan dan proses koagulasi tidak terjadi, sehingga terjadi perubahan dalam limbah.

Elektrokoagulasi juga dapat diterapkan untuk mengolah air limbah industri susu. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengurangan kadar COD sebesar 61%, fosfor sebesar 89%, nitrogen 81% dan kekeruhan 100%. Selain itu pada konduktivitas yang rendah, dan pH netral, memungkinkan air limbah yang diolah bisa digunakan kembali karena reagen yang dibutuhkan dapat diturunkan untuk anoda aluminium pada pengolahan limbah (Tchamango *et al.*, 2010). Jika pada kondisi yang optimum, reaktor elektrokimia dapat menurunkan kadar COD sebesar 61.6%, penghilangan warna 99.6% dan kekeruhan mencapai 66.4% yang dilakukan pada suhu 30°C dengan konsentrasi elektrolit 25 g/L, potensial listrik 8 V dengan rapat arus 35.5 mA/cm<sup>2</sup> (Körbahti & Tanyolac, 2008). Seiring berjalannya waktu, reaksi air limbah dalam elektrokoagulasi dengan menggunakan waktu kontak 15, 30, 45, dan 60 menit mampu menyisihkan kadar COD lebih baik bahkan ketika waktu reaksi ditingkatkan menjadi 45 dan 60 menit, maka tingkat penyisihan COD semakin tinggi dan menunjukkan adanya peningkatan pH, dan penyisihan COD (Niazmand *et al.*, 2019).

**Penyisihan Amonia pada Limbah Cold Storage Menggunakan Elektrokoagulasi**

Teknologi elektrokimia telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir karena efisiensinya yang tinggi, kemampuan beradaptasi yang kuat, dan otomatisasi yang mudah. Proses elektrokimia memiliki kemampuan oksidasi yang kuat, modularisasi, dan tidak perlu menambahkan agen oksidatif tambahan. Adanya faktor-faktor tersebut membuat penerapan teknologi elektro kimia dalam rekayasa praktis dari teori ke kenyataan. Banyak teknologi elektrokimia telah diterapkan pada pengolahan air limbah seperti oksidasi elektrokimia, elektrokoagulasi, elektro-feton, sulfat yang diaktifkan secara elektrokimia (Bu *et al.*, 2018; Chen *et al.*, 2018; Bener *et al.*, 2019; Johnson & Kumar, 2020; Nidheesh *et al.*, 2020; Basturk *et al.*, 2021; Chai *et al.*, 2021; Chanikya *et al.*, 2021).

Data hasil penelitian penurunan amonia pada limbah cold storage setelah melalui proses elektrokoagulasi dengan variasi tegangan 15, 18 dan 24 volt, jarak elektroda 2 cm dan 4 cm serta waktu proses selama 90, 120 dan 180 menit adalah sebagai berikut:



**Gambar 5.** Efisiensi Penurunan Amonia pada Proses Elektrokoagulasi

Kemampuan elektrokoagulasi dalam menurunkan amonia pada jarak elektroda 2 cm seperti terlihat pada gambar 5. Dengan variasi waktu dan tegangan bervariasi didapat hasil penurunan amonia tertinggi ada tegangan 24 volt dan waktu proses 180 menit yaitu sebesar 5.63 mg/l (removal 48.86%). Amonia pada jarak elektroda 4 cm, mengalami penurunan pada besar tegangan 24 volt dan waktu proses 180 menit yaitu sebesar 7.91 mg/l (removal 43.10%). Dari hasil treatment ini persentase penurunan Amonia sudah memenuhi baku mutu pada variasi jarak plat 4 cm sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 dimana kadar maksimum amonia adalah 10 mg/L. Penurunan amonia pada jarak plat 2 cm dalam proses elektrokoagulasi ini cukup efektif karena dapat meremoval dari amonia awal 11.02 mg/L menjadi 5.63 mg/L. Dari penelitian yang telah dilakukan dalam proses pengolahan limbah cair industri pembekuan udang (*cold storage*) dengan menggunakan variabel perbedaan jarak plat elektroda, tegangan yang diberikan dan berdasarkan hasil percobaan reaktor 1 dengan variasi jarak plat elektroda 2 cm dan reaktor 2 dengan variasi jarak 4 cm didapatkan hasil terbaik penurunan (*removal*) penurunanan BOD, COD dan amonia pada proses elektrokoagulasi yaitu pada reaktor 1 dengan jarak plat elektroda 2 cm, waktu prosesnya selama 180 menit dan diberikan tegangan sebesar 24 volt.

## **KESIMPULAN**

Penelitian pengolahan limbah cair industri pembekuan udang (*cold storage*) dengan elektrokoagulasi dapat disimpulkan bahwa elektrokoagulasi dengan jarak elektroda 2 cm dan tegangan 24 volt, dengan waktu proses selama 180 menit dapat menurunkan kadar BOD tertinggi dari kadar awal 434 mg/L menjadi 192 mg/L, COD awal 634 mg/L menjadi 309 mg/L, dan menurunkan Amonia dari kadar awal 11.02 mg/L menjadi 7.91 mg/L. Efisiensi terbaik proses elektrokoagulasi pada jarak elektroda 2 cm, tegangan 24 volt dan waktu proses selama 180 menit dapat menurunkan BOD hingga 55.90%, COD hingga 51.29% dan menurunkan amonia hingga 48.86%.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Anglada, A., Ortiz, D., Urtiaga, A. M., and Ortiz, I., 2010. *Electrochemical Oxidation of Landfill Leachates at Pilot Scale: Evaluation of Energy Needs*. Water Science and Technology : A Journal of the International Association on Water Pollution Research. 61(9): 2211–2217.
- Basturk, I., Varank, G., Murat-Hocaoglu, S., Yazici-Guvenc, S., Can-Güven, E., Oktem-Olgun, E. E., and Canli, O., 2021. *Simultaneous Degradation of Cephalexin, Ciprofloxacin, and Clarithromycin from Medical Laboratory Wastewater by Electro-Fenton Process*. Journal of Environmental Chemical Engineering. 9(1).
- Bener, S., Bulca, Ö., Palas, B., Tekin, G., Atalay, S., and Ersöz, G., 2019. *Electrocoagulation Process for the Treatment of Real Textile Wastewater: Effect of Operative Conditions on the Organic Carbon Removal and Kinetic Study*. Process Safety and Environmental Protection. 129: 47–54.
- Bote, M. E., 2021. *Studies on Electrode Combination for Cod Removal from Domestic Wastewater Using Electrocoagulation*. Heliyon. 7(12): 1–6.
- Bu, L., Zhu, S., and Zhou, S., 2018. *Degradation of Atrazine by Electrochemically Activated Persulfate Using Bdd Anode: Role of Radicals and Influencing Factors*. Chemosphere. 195: 236–244.
- Butler, E., Hung, Y. T., Yeh, R. Y. L., and Al Ahmad, M. S., 2011. *Electrocoagulation in Wastewater Treatment*. Water (Switzerland). 3(2): 495–525.
- Chai, Y., Qin, P., Wu, Z., Bai, M., Li, W., Pan, J., Cao, R., Chen, A., Jin, D., and Peng, C., 2021. *A Coupled System of Flow-Through Electro-Fenton and Electrosorption Processes for The Efficient Treatment of High-Salinity Organic Wastewater*. Separation and Purification Technology. 267.
- Chanikya, P., Nidheesh, P. V., Syam Babu, D., Gopinath, A., and Suresh Kumar, M., 2021. *Treatment*



- of Dyeing Wastewater by Combined Sulfate Radical Based Electrochemical Advanced Oxidation and Electrocoagulation Processes*. Separation and Purification Technology. 254.
- Chen, L., Lei, C., Li, Z., Yang, B., Zhang, X., and Lei, L., 2018. *Electrochemical Activation of Sulfate By Bdd Anode in Basic Medium for Efficient Removal of Organic Pollutants*. Chemosphere. 210: 516–523.
- Gubernur Jawa Timur. 2013. *Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha lainnya*.
- Gubernur Jawa Timur. 2014. *Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014 Tentang Perubahan Atas Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya*.
- Johnson, I., and Kumar, M., 2020. *Electrochemical Oxidation of Distillery Wastewater by Dimensionally Stable Ti-Ruo<sub>2</sub> Anodes*. Environmental Technology & Innovation. 20.
- Körbahti, B. K., and Tanyolac, A., 2008. *Electrochemical Treatment of Simulated Textile Wastewater with Industrial Components and Levafix Blue Ca Reactive Dye: Optimization Through Response Surface Methodology*. Journal of Hazardous Materials. 151(2–3): 422–431..
- Lestari, N. D., dan Agung, T., 2014. *Penurunan TSS dan Warna Limbah Batik secara Elektro Koagulasi*. Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan. 6(1): 37–44.
- Maghanga, J. K., Segor, F. K., Etiégni, L., and Lusweti, J., 2009. *Electrocoagulation Method for Colour Removal in Tea Effluent: A Case Study of Chemomi Tea Factory in Rift Valley, Kenya*. Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia. 23(3): 371–381.
- Mohamud, A. A., Çalışkan, Y., Bektaş, N., and Yatmaz, H. C., 2018. *Investigation of Shipyard Wastewater Treatment Using Electrocoagulation Process With Al Electrodes*. Separation Science and Technology. 53(15): 2468–2475.
- Mukimin, A. 2006. *Pengolahan Limbah Industri Berbasis Logam dengan Teknologi Elektrokoagulasi Flotasi*. Thesis. 1-58.
- Murniyati dan Sunarman. 2000. *Pendinginan Pembekuan dan Pengawetan Ikan*. Kanisius.
- Niazmand, R., Jahani, M., and Kalantarian, S., 2019. *Treatment of Olive Processing Wastewater by Electrocoagulation: An Effectiveness and Economic Assessment*. Journal of Environmental Management. 248.
- Nidheesh, P. V., Kumar, A., Syam Babu, D., Scaria, J., and Suresh Kumar, M., 2020. *Treatment of Mixed Industrial Wastewater by Electrocoagulation and Indirect Electrochemical Oxidation*. Chemosphere. 251.
- Nugraha, A., Amri, I., dan HS, I., 2018. *Pengaruh Pola dan Jarak Elektroda pada Proses Elektrokoagulasi Limbah Cair Industri Tahu*. Jom FTEKNIK. 5(2): 1–5.
- Prasmono, B., 2010. *Pengolahan Air Limbah Cold Storage Menggunakan Proses Elektrokoagulasi*. Skripsi. 1–50.
- Prayitno dan Kismolo, E., 2012. *Percobaan Awal Proses Elektrokoagulasi Sebagai Metode Alternatif Pada Pengolahan Limbah Cair*. Prosiding Pertemuan Dan Presentasi Ilmiah-Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Nuklir. 94–99.
- Rachmawati, B., P, Y. S., dan Mirwan, M., (2014). *Proses Elektrokoagulasi Pengolahan Limbah Laundry*. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan, 6(1): 15–22.
- Tchamango, S., Nanseu-Njiki, C. P., Ngameni, E., Hadjiev, D., and Darchen, A., 2010. *Treatment of Dairy Effluents by Electrocoagulation Using Aluminium Electrodes*. Science of The Total Environment. 408(4): 947–952.
- Thakur, C., Srivastava, V. C., and Mall, I. D., 2009. *Electrochemical Treatment of A Distillery Wastewater: Parametric and Residue Disposal Study*. Chemical Engineering Journal. 148(2): 496–505.
- Yulianto, A., Hakim, L., Purwaningsih, I., dan Pravitasari, V. A., 2009. *Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Pada Skala Laboratorium Dengan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi*. Jurnal Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti. 5(1): 6–11.