PENINGKATAN KINERJA PROSES ELEKTROKOAGULASI MELALUI AERASI UNTUK MENGURANGI PARAMETER MINYAK DAN LEMAK DARI INDUSTRI MINYAK KELAPA

ENHANCE THE PERFORMANCE OF THE ELECTROCOAGULATION PROCESS THROUGH AERATION TO REDUCE OIL AND GREASE PARAMETERS FROM THE COCONUT OIL INDUSTRY

Tarikh Azis Ramadani[1*], Annisa Azzahro[2], Adhi Setiawan[2], Novi Eka Mayangsari[2], Denny Dermawan[2]

[1]Program Studi Teknik Bangunan Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya¸Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia
[2]Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permensinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya¸Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia
E-mail: tarikh@ppns.ac.id

ABSTRAK

Pencemaran air merupakan masalah lingkungan yang sangat penting. Salah satu pencemar air adalah limbah minyak dan lemak dari industri minyak kelapa yang cenderung merusak lingkungan dan menurunkan kualitas hidup masyarakat. Pengolahan air limbah seperti elektrokoagulasi digunakan agar air limbah sesuai dengan peraturan dan menciptakan kehidupan yang berkelanjutan. Elektrokoagulasi digunakan untuk mengolah minyak dan lemak karena memiliki waktu proses yang singkat, memiliki efisiensi yang tinggi dan mudah dioperasikan. Penelitian ini mengevaluasi proses remediasi minyak dan lemak dalam reaktor elektrokoagulasi batch dengan berbagai kerapatan arus dan laju aerasi. Elektroda Al dan waktu kontak 30 menit digunakan dalam reaktor elektrokoagulasi. Minyak dan lemak dapat dihilangkan hingga 99.92% pada kondisi kerapatan arus 8.76 mA/cm^2 dan laju aerasi 4.5 L/menit. Proses aerasi yang diterapkan pada proses elektrokoagulasi dipastikan dapat meningkatkan kinerja proses sebesar 13.22% bila dibandingkan dengan tanpa proses aerasi. Proses aerasi dapat memicu peningkatan mekanisme elektrokoagulasi melalui adsorpsi dan penjebakan oleh elektrokoagulan. Proses elektrokoagulasi dengan aerasi mencapai hasil yang meyakinkan meskipun kinerja sistem masih belum sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Kata kunci: Aerasi, Elektrokoagulasi, Industri minyak kepala, Minyak dan lemak

ABSTRACT

Water pollution is a paramount environmental concern. One of the water pollutants is waste oil and grease from the coconut oil industry which tends to damage the environment and reduce the quality of life of the community. Wastewater treatment such as electrocoagulation is used so the wastewater complies with regulations and creates sustainable living. Electrocoagulation is used to treat oil and grease because it has a short process time, has high efficiency and is easy to operate. This study evaluated the oil and grease remediation process in a batch electrocoagulation reactor with varying current density and aeration rate. Al electrode and contact time of 30 minutes used in electrocoagulation reactor. Oil

and grease can be removed up to 99.92% under the condition of current density of 8.76 mA/cm^2 and aeration rate of 4.5 L/min. The aeration process applied to the electrocoagulation process was confirmed to boost the performance of the process by 13.22% when benchmarked without the aeration process. The aeration process can trigger enhancements in the electrocoagulation mechanism via adsorption and entrapment by the electro coagulant. The electrocoagulation process with aeration achieved convincing results despite the performance of the system still not complying with legal regulations.

Keywords: Aeration, Coconut Oil Industry, Electrocoagulation, Oil and Grease

1. PENDAHULUAN

Minyak nabati merupakan salah satu komoditas di Indonesia yang diperoleh dari proses ekstraksi tanaman. Salah satu contoh minyak nabati adalah minyak kelapa. Indonesia memproduksi 45,12 juta ton minyak kelapa pada tahun 2021 dan meningkat menjadi 46,82 juta ton pada tahun 2022 (Badan Pusat Statistik Hortikultura dan Perkebunan, 2023). Meningkatnya produksi minyak kelapa akan berdampak pada peningkatan jumlah limbah cair dari proses produksi. Salah satu parameter pencemar yang terkandung dalam limbah cair produksi minyak kelapa adalah minyak dan lemak. Air limbah tersebut akan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan seperti pencemaran ekosistem perairan, lingkungan yang tidak sedap dipandang mata, serta penurunan kualitas lahan pertanian dan ikan. Air limbah ini harus diolah terlebih dahulu agar sesuai dengan peraturan yang ada. 5 mg/l adalah konsentrasi maksimum untuk parameter minyak dan lemak di badan air berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013.

Untuk memenuhi persyaratan peraturan, beberapa metode pengolahan dapat dipilih untuk mengurangi parameter minyak dan lemak. Pengolahan yang dapat digunakan untuk mengolah parameter minyak dan lemak adalah flotasi, koagulasi, pengolahan biologis, membran, dan elektrokoagulasi (Yu et al., 2017). Elektrokoagulasi memiliki potensi untuk mengurangi parameter minyak dan lemak dari air limbah produksi minyak kelapa. Hal ini dikarenakan elektrokoagulasi memiliki efisiensi yang tinggi dalam menurunkan parameter minyak dan lemak (Shokri dan Fard, 2022). Parameter minyak dan lemak dapat berkurang dalam waktu singkat karena beberapa proses seperti oksidasi elektrokimia, koagulasi, dan flotasi (Khanitchaidecha et al., 2022). Proses pengoperasian yang mudah juga menjadi keunggulan proses elektrokoagulasi dibandingkan metode pengolahan minyak dan lemak lainnya (Bajpai et al., 2020).

Elektrokoagulasi menggunakan hukum Faraday sebagai prinsip kerja dasarnya (Müller et al.) Proses elektrokoagulasi akan tampak pada fenomena yang terjadi seperti elektron yang melewati elektroda dan elektrolit dalam bentuk arus, dan terjadi berbagai reaksi kimia pada elektroda (AlJaberi et al., 2022). Koagulan akan terbentuk karena fenomena ini, sehingga terjadi proses destabilisasi dan pemisahan campuran minyak pada limbah (Das et al., 2022). Kerapatan arus, pH awal, lama waktu elektrokoagulasi, konfigurasi elektroda, konduktivitas air limbah yang diolah, dan konsentrasi awal polutan merupakan faktor penting yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi (Kadier dkk., 2022). Limbah bengkel mobil berminyak telah diolah menggunakan proses elektrokoagulasi batch menggunakan elektroda Al dan baja tahan karat (Ibrahim et al., 2012). Proses ini berhasil menghilangkan 51% parameter minyak dan lemak melalui pengendapan flok. Air limbah restoran yang diolah dengan elektrokoagulasi dengan melihat dampak konduktivitas (Ji et al., 2015). Studi ini menemukan bahwa efisiensi penyisihan akan meningkat

seiring dengan meningkatnya konduktivitas air limbah. Proses elektrokoagulasi diselidiki untuk mengolah diesel dan COD dengan mengevaluasi pengaruh tegangan, pH, waktu, dan penambahan NaCl untuk meningkatkan konduktivitas air (Safari et al., 2016). Penelitian ini menghasilkan pengurangan diesel tertinggi sebesar 98,8% pada kondisi pH 7, tegangan 10,5 V, dan konsentrasi NaCl 0,5 gram/L. Proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda Fe dan Al dengan variasi waktu operasi antara 5 hingga 50 menit digunakan untuk mereduksi air limbah pencucian mobil (Gönder et al., 2017).

Parameter minyak dan lemak berhasil dikurangi hingga 68% dan 90% untuk elektroda Al dan Fe dengan waktu 30 menit. Penelitian serupa dengan menggunakan elektroda Al dan Fe telah dilakukan oleh Sharma dkk., (2018) untuk mengolah parameter minyak dan lemak dari air limbah minyak canola. Parameter minyak dan lemak dapat dikurangi sebesar 52% - 59% dengan menggunakan elektroda Al dan Fe. Pengolahan parameter minyak dan lemak yang dihasilkan oleh air cucian mobil telah berhasil dikurangi dengan menggunakan proses elektrokoagulasi (Priya dan Jeyanthi, 2019). Bian dkk., (2019) meneliti variasi kerapatan arus dan tegangan pada kondisi salinitas tinggi untuk mengolah air lambung kapal. Penelitian ini menghasilkan penyisihan parameter minyak dan lemak hingga 99% dan kepadatan arus yang tinggi dapat membantu proses penurunan parameter minyak dan lemak. Penelitian ini memvariasikan waktu operasi dari 10 hingga 60 menit dengan kerapatan arus 25 A/cm^2. Penurunan parameter minyak dan lemak terbesar adalah 88,2% pada waktu operasi 40 menit. Proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda Al dapat menurunkan 71% parameter minyak dan lemak dari industri mobil (Zini et al., 2020). Manilal dkk., (2020) meneliti proses elektrokoagulasi untuk mengolah minyak dan lemak dengan variasi rapat arus. Penelitian ini menghasilkan penurunan parameter minyak dan lemak hingga 96,43% pada kerapatan arus 6,34 mA/cm2. Khanitchaidecha dkk., (2022) melakukan pengolahan parameter minyak dan lemak dari air limbah jajanan kaki lima dengan menggunakan proses elektrokoagulasi. Penelitian ini berhasil menurunkan parameter minyak dan lemak hingga 86% dengan elektroda Al dan waktu penurunan parameter kurang dari 10 menit.

Proses elektrokoagulasi memiliki beberapa tantangan seperti tingkat konsumsi energi yang tinggi (Ingelsson et al., 2020). Hal ini mengakibatkan penurunan efisiensi proses elektrokoagulasi dan meningkatkan biaya operasional. Penggunaan elektrokoagulasi secara umum telah menyebabkan lebih banyak penelitian untuk memperhatikan inovasi dalam teknologi ini. Salah satu metode yang dapat dikombinasikan dengan proses elektrokoagulasi adalah aerasi. Air tanah yang terkontaminasi telah berhasil diolah menggunakan proses elektrokoagulasi dengan elektroda Fe (Moussavi et al., 2011). Penelitian ini mengevaluasi pengurangan total hidrokarbon minyak bumi (THP) dalam sistem. Proses aerasi yang ditambahkan ke dalam sistem berhasil meningkatkan efisiensi penyisihan hidrokarbon minyak bumi dari 73% menjadi 95%. Ammar dan Akbar, (2018) menganalisa pengaruh penambahan variasi udara pada sistem dalam mengolah parameter minyak dan lemak dengan menggunakan kombinasi proses elektrokoagulasi dan elektro flokulasi. Penelitian ini menghasilkan peningkatan efisiensi dari 95% menjadi 97,3% ketika menambah udara dari 0 menjadi 1 L/menit. Hasil serupa juga diperoleh oleh (Ammar et al., 2019). Limbah kilang minyak berhasil diolah menggunakan proses elektrokoagulasi dengan melihat pengaruh laju udara. Penyisihan parameter COD berhasil ditingkatkan dari 89% menjadi 93,4% dengan meningkatkan laju udara dari 0 L/menit menjadi 2 L/menit. Khalifa dkk., (2020) menyelidiki pengaruh penambahan aerasi pada pengolahan limbah berminyak dengan proses elektrokoagulasi. Penambahan aerasi terbukti dapat meningkatkan efisiensi proses dari 84% menjadi 93,3%.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, proses elektrokoagulasi dengan aerasi telah terbukti berhasil menurunkan konsentrasi polutan. Penelitian ini berfokus pada penurunan konsentrasi minyak dan lemak dari industri minyak kelapa dengan proses elektrokoagulasi-aerasi. Variasi laju aerasi dan rapat arus digunakan untuk melihat pengaruh penurunan parameter minyak dan lemak dari industri minyak kelapa.

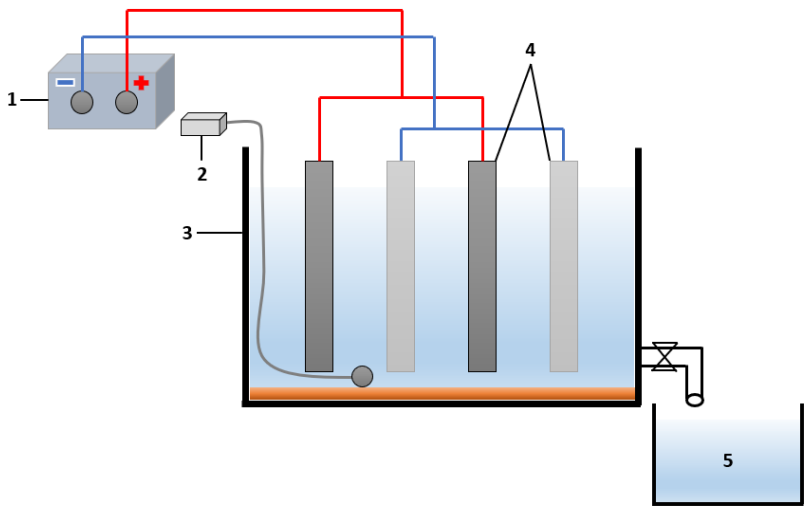
2. METODE PENELITIAN

2.1 Pengambilan Sampel Air Limbah di Industri Minyak Kelapa

Sampel air diambil dari buangan air limbah industri minyak kelapa. Metode *grab sampling* digunakan untuk mengambil air limbah yang mengacu pada SNI 6989.59:2008. Wadah penyimpanan berbasis HDPE digunakan untuk menyimpang sampel dan disimpan di dalam freezer yang suhunya dipertahankan pada suhu 4°C.

2.2 Proses Elektrokoagulasi-Aerasi

Reaktor elektrokoagulasi-aerasi sistem batch dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm. Reaktor ini memiliki volume 3,375 L dan volume kerja 2,5 L. Skema reaktor elektrokoagulasi ditunjukkan pada Gambar 1. Reaktor ini memiliki 6 elektroda Al, diposisikan secara vertikal dengan jarak 1 cm, dan direndam dalam 2,5 L air limbah. Dimensi elektroda adalah 14 cm x 6 cm x 0,2 cm.



Gambar 1. Skema elektrokoagulasi (1) *power supply*, (2) aerator, (3) reaktor, (4) elektroda, dan (5) tangki pembuangan

Parameter minyak dan lemak akan dipantau berdasarkan variasi parameter operasi. Kinerja proses elektrokoagulasi dievaluasi dengan variasi kepadatan arus (2,92 mA/cm^2, 5,84 mA/cm^2, dan 8,76

mA/cm^2) dan efek aerasi (tanpa dan dengan laju aerasi 1,5 L/menit, 3 L/menit, dan 4,5 L/menit). Air limbah dimasukkan ke dalam reaktor elektrokoagulasi kemudian elektroda Al dihubungkan ke catu daya DC. Natrium klorida sebanyak 0,3 gram/liter ditambahkan ke dalam reaktor untuk meningkatkan nilai konduktivitas sampel. Proses tersebut berjalan selama 30 menit. Air limbah yang telah diolah disaring dengan menggunakan kertas saring. Air limbah yang telah diolah ditampung, dan parameter minyak dan lemak dari sampel diukur.

2.3 Metode Analisa

Parameter konduktivitas dan parameter minyak dan lemak dianalisis pada sampel. Nilai konduktivitas akan diukur sebelum penambahan natrium klorida dan setelah penambahan natrium klorida. SNI 06-6989.1-2004 digunakan untuk mengukur nilai konduktivitas dengan alat ukur konduktivitas. Konsentrasi minyak dan lemak dianalisis menggunakan SNI 6989.10:2004 melalui metode gravimetri. Parameter minyak dan lemak dianalisis sebelum proses elektrokoagulasi-aerasi dan setelah proses elektrokoagulasi-aerasi. Pengurangan parameter minyak dan lemak dievaluasi untuk mengukur kinerja proses elektrokoagulasi-aerasi. Persamaan berikut ini digunakan untuk menentukan efisiensi penyisihan system:

$$\%Penyisihan = \frac{Co-Ct}{Co} \times 100\% \quad (1)$$

C_o adalah konsentrasi parameter minyak dan lemak sebelum proses elektrokoagulasi-aerasi dan C_t adalah konsentrasi parameter minyak dan lemak setelah proses elektrokoagulasi-aerasi. Selain itu, hasil yang diperoleh akan dievaluasi berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 tahun 2013.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh laju aerasi dan kerapatan arus terhadap penurunan parameter minyak dan lemak dari industri minyak kelapa. Selain itu, hasil sistem akan dievaluasi untuk mengetahui apakah proses tersebut telah dapat memenuhi batas konsentrasi sesuai peraturan yang berlaku. Konsentrasi awal parameter minyak dan lemak dari industri minyak kelapa adalah 1834 mg/L. Konsentrasi ini melebihi baku mutu air berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013. Konsentrasi minyak dan lemak maksimum yang diperbolehkan adalah 5 mg/L. Konduktivitas sampel air limbah ditingkatkan dengan penambahan natrium klorida. Konduktivitas sampel meningkat menjadi 476-547 μS/cm dari nilai awal 384 μS/cm. Peningkatan konduktivitas dapat mengakibatkan penurunan tegangan yang dibutuhkan pada kerapatan arus yang konstan (Priya dan Jeyanthi, 2019). Selain itu, konsumsi daya akan berbanding terbalik dengan konduktivitas yang berhubungan dengan efektivitas penurunan parameter polutan dan penurunan waktu elektrolisis (Chezeau et al., 2020; Hakizimana et al., 2017). Hal ini akan berdampak besar pada efisiensi penyisihan parameter minyak dan lemak.

3.1 Pengaruh Kepadatan Arus terhadap Pengurangan Minyak dan Lemak

Kerapatan arus yang mempengaruhi proses dievaluasi dengan variasi 2,92 mA/cm^2, 5,84 mA/cm^2, dan 8,76 mA/cm^2 di bawah kondisi operasi yang ditentukan. Tabel 1 menunjukkan kinerja proses elektrokoagulasi dengan berbagai kepadatan arus untuk mengurangi parameter minyak dan lemak. Efisiensi proses meningkat seiring dengan meningkatnya nilai kerapatan arus. Elektroda Al mampu mengurangi parameter minyak dan lemak sebesar 94,88% pada kerapatan arus 8,76 mA/cm2. Kerapatan arus merupakan aspek yang sangat besar dalam proses elektrokoagulasi. Hidrolisis logam dipengaruhi oleh kerapatan arus selama proses elektrokoagulasi (Nidheesh et al., 2018). Mekanisme proses koagulasi atau flokulasi dan mendukung migrasi listrik koloid dan ion bermuatan dapat secara langsung dikontrol oleh kerapatan arus (Hakizimana et al., 2017). Selain itu, kerapatan arus akan mengontrol jumlah ion logam yang dilepaskan dari elektroda dan dengan demikian mengontrol laju reaksi pada katoda dan anoda. Kerapatan arus akan selaras dengan disosiasi ion logam berdasarkan hukum Faraday dan menghasilkan peningkatan efisiensi penyisihan (Moussa et al., 2017). Proses ini memungkinkan ion-ion dilewatkan di dalam elektroda ketika fenomena ini terjadi di dalam larutan elektrolit. Ion-ion dalam larutan akan membawa arus di antara elektroda.

Tabel 1. Dampak peningkatan kerapatan arus pada pengurangan parameter minyak dan lemak

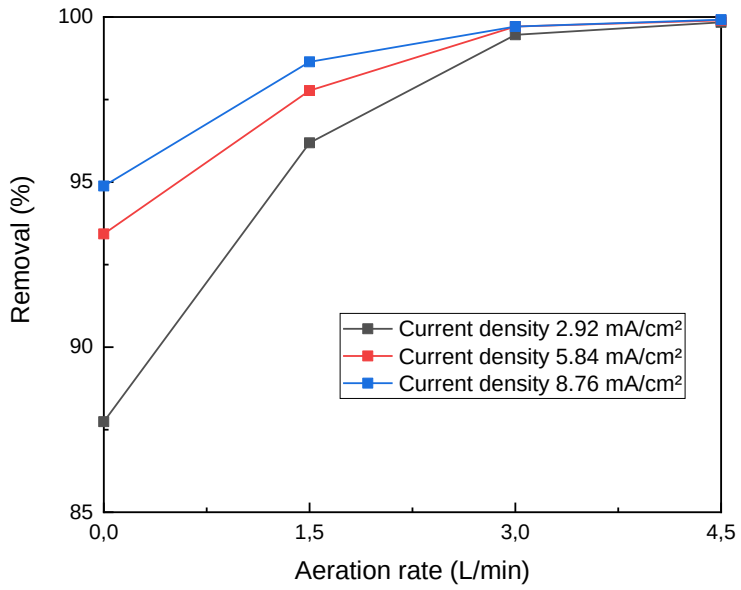
Kepadatan Arus (mA/cm^2)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Efisiensi Proses (%)
2.92	225	87.74
5.84	120.5	93.43
8.76	94	94.88

3.2 Pengaruh Laju Aerasi terhadap Pengurangan Minyak dan Lemak

Proses elektrokoagulasi dengan penambahan aerasi dianalisis dengan memvariasikan laju aerasi sebesar 1,5 L/menit, 3 L/menit, dan 4,5 L/menit. Gambar 2 menunjukkan hasil penyisihan parameter minyak dan lemak dengan bantuan aerasi dan tanpa bantuan aerasi. Konsentrasi minyak dan lemak semakin berkurang seiring dengan meningkatnya kerapatan arus dan laju aerasi. Sistem ini meminimalkan parameter minyak dan lemak sebesar 99,92% dalam kondisi kerapatan arus 8,76 mA/cm^2 dan laju aerasi 4,5 L/menit. Proses elektrokoagulasi dengan aerasi mampu meningkatkan kinerja sistem sebesar 13,22% jika dibandingkan dengan tanpa aerasi. Hasil elektrokoagulasi dengan aerasi belum dapat memenuhi persyaratan peraturan meskipun telah mencapai efisiensi yang tinggi.

Aerasi berkontribusi pada efisiensi elektrokoagulasi yang lebih baik dalam mengurangi parameter minyak dan lemak (Priya dan Jeyanthi, 2019). Pencampuran larutan dan turbulensi meningkat dalam proses elektrokoagulasi karena penambahan aerasi. Hal ini memungkinkan keluarnya koagulan yang

diproduksi secara elektrokimia mencapai cairan curah, meningkatkan tabrakan mereka dengan emulsi minyak dan menghasilkan lebih banyak dan lebih besar flok (Ozyonar, 2016). Fenomena ini bertanggung jawab atas peningkatan kekuatan pendorong dalam menghilangkan emulsi minyak melalui adsorpsi dan jebakan oleh elektrokoagulan (Garcia-Segura et al., 2017). Selain itu, reaksi oksidasi pada anoda dan pembentukan Al^{3+} meningkat karena aerasi dan mendorong pembentukan hidroksida monomer dan polimer (Khalifa et al., 2020).



Gambar 2. Pengaruh Laju Aerasi terhadap Penghilangan Minyak dan Lemak

3.3 Mekanisme Elektrokoagulasi

Proses elektrokoagulasi didasarkan pada proses elektrolisis. Proses ini terjadi karena adanya arus listrik searah yang bergerak melalui elektrolit, yang menghasilkan reaksi kimia pada permukaan elektroda. Reaksi elektrokimia yang terjadi selama elektrokoagulasi pada katoda dan anoda dijelaskan (Lu et al., 2017):

Pada anoda:

$$Al\ (s) \rightarrow Al^{3+}\ (aq) + 3e^{-} \quad (2)$$

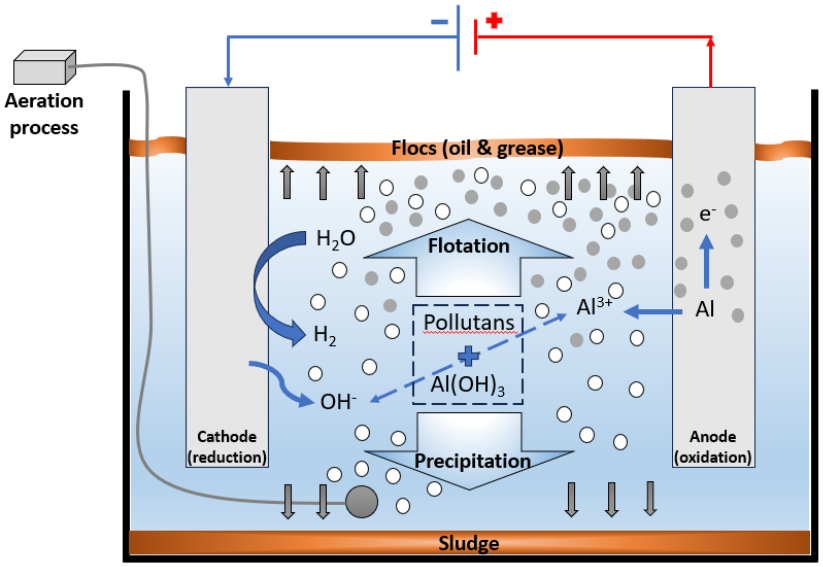
Pada katoda:

$$3H_2O\ (l) + 3e^{-} \rightarrow 3OH^{-}\ (aq) + 3/2H_2\ (g) \quad (3)$$

Berbagai hidroksida monomer dan polimer akan terbentuk karena transfer massa ke dalam larutan curah dan hidrolisis Al^{3+} dan OH^{-} yang dihasilkan secara elektrokimia yang pada akhirnya dikonversi menjadi $Al(OH)_3$ (Mechelhoff dkk., 2013). Reaksi keseluruhan dalam reaktor (setelah reaksi kompleks):

$$Al\ (s) + 3H_2O\ (l) \rightarrow Al(OH)_3\ (s) \downarrow + 3/2H_2\ (g) \quad (4)$$

Polutan dihilangkan dengan metode elektrokoagulasi dengan beberapa jalur yang ditentukan. Skema elektrokoagulasi untuk pemurnian minyak dan lemak ditunjukkan pada Gambar 3. Mekanisme pemisahan yang digerakkan oleh gaya apung dan gaya gravitasi memainkan peran penting dan parameter fotokimia dalam sel elektrokoagulasi mempengaruhi penghilangan minyak dan lemak. Pada proses elektrokoagulasi, Al^{3+} dihasilkan dari anoda aluminium, sedangkan gas OH^- dan H_2 dari elektrolisis air pada permukaan katoda (Mousazadeh et al., 2021). Ion aluminium dan OH^- mengalami reaksi hidrolisis untuk membentuk koagulan $Al(OH)_3$ yang menyerap polutan terlarut. Polutan yang terserap akan beragregasi membentuk padatan. Beberapa agregat akan mengapung karena menempelnya gelembung gas H_2 dan naik ke atas permukaan cairan. Agregat lain yang tidak melekat pada gelembung dan memiliki kepadatan lebih besar dari larutan, akan mengendap sebagai lumpur (Mousazadeh et al., 2021). Selain itu, proses elektrokoagulasi dapat didukung dengan penambahan gas oksigen pada proses aerasi. Penambahan oksigen akan menyebabkan anoda teroksidasi, sehingga ion logam yang dihasilkan lebih banyak. Aerasi membantu kontak antara flok dan kontaminan, sehingga lebih banyak kontaminan yang tersisihkan (Karimi et al., 2023).



Gambar 3. Mekanisme proses

3.4 Perbandingan Elektrokoagulasi dalam Penelitian ini dengan Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian sebelumnya tentang elektrokoagulasi telah diselesaikan untuk mengurangi parameter minyak dan lemak dalam larutan air. Tabel 2 menunjukkan ringkasan penelitian sebelumnya

dalam mengurangi parameter minyak dan lemak dan tolok ukur dengan penelitian ini. Hal ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja proses elektrokoagulasi-aerasi dalam penelitian ini. Berdasarkan hasil penelitian, elektrokoagulasi dengan aerasi menunjukkan efisiensi penyisihan yang lebih besar dengan konsentrasi limbah awal yang lebih besar. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem elektrokoagulasi-aerasi efektif untuk menghilangkan minyak dan lemak dari air limbah.

Tabel 2. Perbandingan dengan penelitian sebelumnya

Sumber	Konsentrasi awal minyak dan lemak	Elektroda	Kerapatan Arus	Laju Aerasi	Efisiensi Proses	Sumber
Air limbah industri minyak kelapa	1834 mg/L	Al	2.92 mA/cm^2 – 8.76 mA/cm^2	0 L/Min – 4,5 L/Min	99,92% at 8.76 mA/cm^2 and 4,5 L/min	Penelitian ini
Air limbah pencucian mobil	180 – 200 mg/L	Cu - Al	5 – 30 A/cm^2	Dilaksanakan	92,8% at 25 A/cm^2	Priya and Jeyanthi, (2019)
Air limbah ladang minyak	600 mg/L	Al	6.8 mA/cm^2 – 45.5 mA/cm^2	0 L/Min – 1 L/Min	97,3% at 27 mA/cm^2 and 1 L/min	Ammar and Akbar, (2018)

4. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, pertimbangan diberikan untuk mengurangi dampak limbah minyak kelapa terhadap lingkungan melalui proses elektrokoagulasi dengan penambahan aerasi. Elektrokoagulasi dengan proses aerasi diimplementasikan dan dievaluasi untuk meminimalisir minyak dan lemak dari air limbah industri minyak kelapa. Variasi rapat arus dan laju aerasi dianalisis dan dievaluasi terhadap efisiensi penurunan konsentrasi minyak dan lemak. Secara garis besar, proses elektrokoagulasi dengan aerasi berhasil menurunkan minyak dan lemak rata-rata di atas 90%. Peningkatan kepadatan arus dan laju aerasi selaras dengan peningkatan efisiensi proses elektrokoagulasi dengan aerasi. Hasil penelitian ini melaporkan bahwa kondisi rapat arus 8,76 mA/cm^2 dan laju aerasi 4,5 L/menit mampu menurunkan konsentrasi minyak dan lemak hingga 99,92%. Air limbah industri minyak kelapa memerlukan pengolahan lebih lanjut untuk memenuhi persyaratan peraturan meskipun kinerja sistem memberikan hasil yang meyakinkan.

DAFTAR PUSTAKA

AlJaberi, F.Y., Alardhi, S.M., Ahmed, S.A., Salman, A.D., Juzsakova, T., Cretescu, I., Le, P.-C., Chung, W.J., Chang, S.W., Nguyen, D.D., 2022. Can electrocoagulation technology be integrated with wastewater treatment systems to improve treatment efficiency? Environmental Research 214, 113890–113890. https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113890

Ammar, S.H., Akbar, A.S., 2018. Oilfield produced water treatment in internal-loop airlift reactor using electrocoagulation/flotation technique. Chinese Journal of Chemical Engineering 26, 879–885. https://doi.org/10.1016/j.cjche.2017.07.020

Ammar, S.H., Ismail, N.N., Ali, A.D., Abbas, W.M., 2019. Electrocoagulation technique for refinery wastewater treatment in an internal loop split-plate airlift reactor. Journal of Environmental Chemical Engineering 7, 103489–103489. https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103489

Badan Pusat Statistik Hortikultura dan Perkebunan, D.S.T.P., 2023. Statistik Kepala Sawit Indonesia 2022. Badan Pusat Statistik.

Bajpai, M., Singh Katoch, S., Singh, M., 2020. Optimization and economical study of electro-coagulation unit using CCD to treat real graywater and its reuse potential. Environmental Science and Pollution Research 27, 42040–42050. https://doi.org/10.1007/s11356-020-10171-x

Bian, Y., Ge, Z., Albano, C., Lobo, F.L., Ren, Z.J., 2019. Oily bilge water treatment using DC/AC powered electrocoagulation. Environmental Science: Water Research & Technology 5, 1654–1660. https://doi.org/10.1039/C9EW00497A

Chezeau, B., Boudriche, L., Vial, C., Boudjemaa, A., 2020. Treatment of dairy wastewater by electrocoagulation process: Advantages of combined iron/aluminum electrodes. Separation Science and Technology 55, 2510–2527. https://doi.org/10.1080/01496395.2019.1638935

Das, P.P., Sharma, M., Purkait, M.K., 2022. Recent progress on electrocoagulation process for wastewater treatment: A review. Separation and Purification Technology 292, 121058–121058. https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.121058

Garcia-Segura, S., Eiband, M.M.S.G., de Melo, J.V., Martínez-Huitle, C.A., 2017. Electrocoagulation and advanced electrocoagulation processes: A general review about the fundamentals, emerging applications and its association with other technologies. Journal of Electroanalytical Chemistry 801, 267–299. https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2017.07.047

Gönder, Z.B., Balcıoğlu, G., Vergili, I., Kaya, Y., 2017. Electrochemical treatment of carwash wastewater using Fe and Al electrode: Techno-economic analysis and sludge characterization. Journal of Environmental Management 200, 380–390. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.06.005

Hakizimana, J.N., Gourich, B., Chafi, M., Stiriba, Y., Vial, C., Drogui, P., Naja, J., 2017. Electrocoagulation process in water treatment: A review of electrocoagulation modeling approaches. Desalination 404, 1–21. https://doi.org/10.1016/j.desal.2016.10.011

Ibrahim, D.S., Sakthipriya, N., Balasubramanian, N., 2012. Electro-coagulation treatment of oily wastewater with sludge analysis. Water Science and Technology: A Journal of the International Association on Water Pollution Research 66, 2533–2538. https://doi.org/10.2166/wst.2012.481

Ingelsson, M., Yasri, N., Roberts, E.P.L., 2020. Electrode passivation, faradaic efficiency, and performance enhancement strategies in electrocoagulation—a review. Water Research 187, 116433–116433. https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116433

Ji, M., Jiang, X., Wang, F., 2015. A mechanistic approach and response surface optimization of the removal of oil and grease from restaurant wastewater by electrocoagulation and electroflotation. Desalination and Water Treatment 55, 2044–2052. https://doi.org/10.1080/19443994.2014.929034

Kadier, A., Al-Qodah, Z., Akkaya, G.K., Song, D., Peralta-Hernández, J.M., Wang, J.-Y., Phalakornkule, C., Bajpai, M., Niza, N.M., Gilhotra, V., Bote, M.E., Ma, Q., Obi, C.C., Igwegbe, C.A., 2022. A state-of-the-art review on electrocoagulation (EC): An efficient, emerging, and green technology for oil elimination from oil and gas industrial wastewater streams. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering 6, 100274–100274. https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100274

Karimi, N., Mirbagheri, S.A., Nouri, R., Bazargan, A., 2023. Sequential application of aerated electrocoagulation and γ-Fe2O3 nanoparticle adsorption for COD removal: Consuming the least amount of energy and economic evaluation. Results in Engineering 17, 100770–100770. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100770

Khalifa, O., Banat, F., Srinivasakannan, C., Radjenovic, J., Hasan, S.W., 2020. Performance tests and removal mechanisms of aerated electrocoagulation in the treatment of oily wastewater. Journal of Water Process Engineering 36, 101290–101290. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101290

Khanitchaidecha, W., Ratananikom, K., Yangklang, B., Intanoo, S., Sing-Aed, K., Nakaruk, A., 2022. Application of Electrocoagulation in Street Food Wastewater. Water 14, 655–655. https://doi.org/10.3390/w14040655

Lu, J., Wang, Z., Ma, X., Tang, Q., Li, Y., 2017. Modeling of the electrocoagulation process: A study on the mass transfer of electrolysis and hydrolysis products. Chemical Engineering Science 165, 165–176. https://doi.org/10.1016/j.ces.2017.03.001

Manilal, A.M., Soloman, P.A., Basha, C.A., 2020. Removal of Oil and Grease from Produced Water Using Electrocoagulation. Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste 24, 04019023–04019023. https://doi.org/10.1061/(ASCE)HZ.2153-5515.0000463

Mechelhoff, M., Kelsall, G.H., Graham, N.J.D., 2013. Electrochemical behaviour of aluminium in electrocoagulation processes. Chemical Engineering Science 95, 301–312. https://doi.org/10.1016/j.ces.2013.03.010

Mousazadeh, M., Naghdali, Z., Al-Qodah, Z., Alizadeh, S.M., Karamati Niaragh, E., Malekmohammadi, S., Nidheesh, P.V., Roberts, E.P.L., Sillanpää, M., Mahdi Emamjomeh, M., 2021. A systematic diagnosis of state of the art in the use of electrocoagulation as a sustainable technology for pollutant treatment: An updated review. Sustainable Energy Technologies and Assessments 47, 101353–101353. https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101353

Moussa, D.T., El-Naas, M.H., Nasser, M., Al-Marri, M.J., 2017. A comprehensive review of electrocoagulation for water treatment: Potentials and challenges. Journal of Environmental Management 186, 24–41. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.032

Moussavi, G., Khosravi, R., Farzadkia, M., 2011. Removal of petroleum hydrocarbons from contaminated groundwater using an electrocoagulation process: Batch and continuous experiments. Desalination 278, 288–294. https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.05.039

Müller, S., Behrends, T., van Genuchten, C.M., 2019. Sustaining efficient production of aqueous iron during repeated operation of Fe(0)-electrocoagulation. Water Research 155, 455–464. https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.11.060

Nidheesh, P.V., Zhou, M., Oturan, M.A., 2018. An overview on the removal of synthetic dyes from water by electrochemical advanced oxidation processes. Chemosphere 197, 210–227. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.12.195

Ozyonar, F., 2016. Treatment of Train Industry Oily Wastewater by Electrocoagulation with Hybrid Electrode Pairs and Different Electrode Connection Modes. International Journal of Electrochemical Science 11, 1456–1471. https://doi.org/10.1016/S1452-3981(23)15933-5

Priya, M., Jeyanthi, J., 2019. Removal of COD, oil and grease from automobile wash water effluent using electrocoagulation technique. Microchemical Journal 150, 104070–104070. https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104070

Safari, S., Azadi Aghdam, M., Kariminia, H.-R., 2016. Electrocoagulation for COD and diesel removal from oily wastewater. International Journal of Environmental Science and Technology 13, 231–242. https://doi.org/10.1007/s13762-015-0863-5

Sharma, S., Can, O.T., Hammed, M., Nawarathna, D., Simsek, H., 2018. Organic pollutant removal from edible oil process wastewater using electrocoagulation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 142, 012079–012079. https://doi.org/10.1088/1755-1315/142/1/012079

Shokri, A., Fard, M.S., 2022. A critical review in electrocoagulation technology applied for oil removal in industrial wastewater. Chemosphere 288, 132355–132355. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132355

Yu, L., Han, M., He, F., 2017. A review of treating oily wastewater. Arabian Journal of Chemistry 10, S1913–S1922. https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.07.020

Zini, L.P., Longhi, M., Jonko, E., Giovanela, M., 2020. Treatment of automotive industry wastewater by electrocoagulation using commercial aluminum electrodes. Process Safety and Environmental Protection 142, 272–284. https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.06.029