

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Penelitian Terdahulu**

Elektrokoagulasi adalah metode yang menjanjikan untuk menghilangkan polutan dari air permukaan dan air limbah industri. Efisiensi koagulasi tergantung pada pH tetapi itu tidak sepenuhnya dipahami bagaimana elektrokoagulasi mempengaruhi pH air yang diolah. Tiga rangkaian percobaan telah dilakukan untuk mempelajari bagaimana pengaruh klorida dan sulfat anion, pengaruh makromolekul organik bermuatan negatif dan pengaruh pH karbonat selama elektrokoagulasi. Dihadirkan bahwa karbonat terlarut memiliki signifikansi pengaruh besar pada perubahan pH karena adanya pembentukan gelembung mikro  $H_2$  dikatoda sehingga dapat melepaskan  $CO_2$  selama proses elektrokoagulasi. Terdapat peningkatan nilai pH sebesar 1 angka yang secara signifikan dapat mempengaruhi efisiensi koagulasi besi. Peningkatan nilai pH sangat tergantung pada pH awal dan konsentrasi karbonat dalam air. Kontribusi sekunder terhadap perubahan pH dihasilkan oleh pertukaran ion oleh sulfat dan ion klorida menjadi gumpalan  $Fe(OH)_3$ , dimana ion  $OH$  dilepaskan ke dalam larutan tetapi hanya menghasilkan perubahan nilai pH yang kecil dan tidak cukup untuk mempengaruhi koagulasi. Adanya makromolekul organik bermuatan tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pH (Weiss, 2021).

Alternatif pengolahan air limbah adalah metode elektrokoagulasi dikarenakan mudah dan sederhana untuk dilakukan, akan tetapi menghasilkan efisiensi penyisihan logam yang cukup tinggi. Penelitian ini telah diujicobakan pengolahan limbah cair laboratorium dengan menggunakan elektroda aluminium – aluminium, memberikan hasil penyisihan logam yang sangat signifikan. Penurunan kadar senyawa organik dan padatan total dalam limbah mengalami penurunan. Limbah hasil pengolahan dengan elektrokoagulasi ini belum memenuhi baku mutu yang ada dalam Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat No 6 Tahun 1999 Tentang Baku Mutu Limbah Cair. Konsentrasi logam yang cukup tinggi pada limbah cair laboratorium, sehingga sebelum dan sesudah proses

elektrokoagulasi diperlukan proses pengolahan limbah (Sukmawardani & Amalia, 2019).

Proses elektrokoagulasi merupakan penggabungan dari proses elektrokimia, flokulasi dan koagulasi. Proses elektrokoagulasi dilakukan dengan variasi jenis plat aluminium dan tembaga yang berbeda berturut – turut Al – Al, Al – Cu, Cu – Al dan Cu – Cu dengan tujuan guna mengetahui pengaruh jenis plat elektroda pada proses elektrokoagulasi berdasarkan efisiensi penyisihan, konsumsi elektroda dan energi. Proses elektrokoagulasi dapat dilakukan dalam bak elektrokoagulator ukuran 22,5 x 14,5 x 20 cm, menggunakan elektroda ukuran 20 x 20 cm<sup>2</sup> dengan jarak antar elektroda 1 cm. Proses ini dilakukan selama 60 menit dan sampel diambil setiap interval 5 menit. Selanjutnya diukur pH pada setiap sampel guna menunjukkan keefektifan proses elektrokoagulasi, endapan yang dihasilkan dianalisis radioaktivitasnya menggunakan ISOLO. Hasil penelitian ini diketahui bahwa jenis plat berpengaruh terhadap proses elektrokoagulasi dikarenakan berkaitan dengan reaksi yang terjadi pada katoda dan anoda selama proses berlangsung. Jenis plat yang paling efektif digunakan dalam proses elektrokoagulasi yaitu aluminium – aluminium dengan efisiensi penyisihan hingga 98,0% dari kadar Th (Thorium) 439,274 menjadi 8,503 ppm pada menit ke-5. Konsumsi elektroda dan energi yang digunakan berturut-turut yaitu sebesar  $5,95 \times 10^{-3} \text{ g/m}^3$  dan 117,20 kWh/m<sup>3</sup> (Mulyani *et al*, 2017).

Elektrokoagulasi adalah proses adanya endapan partikel halus yang ada didalam air limbah dengan memanfaatkan energi listrik. Tiga tahap dari elektrokoagulasi yaitu ekualisasi, elektrokimia dan pengendapan. Proses elektrokoagulasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni jenis elektroda, luas permukaan elektroda, kuat arus, konduktivitas larutan, jarak antar elektroda, konsentrasi awal larutan dan pH awal larutan. Limbah cair yang digunakan pada penelitian ini yakni limbah cair industri tahu dimana memiliki karakteristik keruh berwarna kuning muda keabu-abuan yang apabila dibiarkan akan berubah menjadi hitam dan berbau busuk. Karakteristik awal limbah cair industri tahu yaitu untuk kadar *Total Suspended Solid* (TSS) sebesar 301 mg/L, kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 551,6 mg/L dan kadar *Biological Oxygen Demand*

(BOD) sebesar 271 mg/L. Pada penelitian ini dilakukan pengolahan limbah cair industri tahu dengan menggunakan metode elektrokoagulasi secara terus-menerus menggunakan elektroda aluminium. Waktu proses elektrokoagulasi secara terus-menerus selama 3 jam dengan menggunakan volume bak penampungan sampel sebesar 50 liter. Variasi yang digunakan pada penelitian yaitu variasi waktu tinggal (25, 37.5, 75 menit) dan besar kuat arus (10, 20, 30 ampere). Waktu tinggal didapat dari variasi kecepatan aliran (40, 80, 120 ml/detik). Hasil penelitian pada kondisi optimum yaitu pada waktu tinggal yang semakin lama (75 menit) dan kuat arus yang semakin besar (30 ampere) sehingga dapat menurunkan kadar COD, TSS dan BOD secara berturut-turut yaitu 110,00; 278,00; 154.00 mg/L (Yuliyani & Widayatno, 2020).

Penelitian ini bertujuan guna mengetahui pengaruh waktu dan kuat arus terhadap menetralkan pH, dan menurunkan kadar *Total Dissolved Solid* (TDS), total kesadahan dan Mn pada air payau. Parameter yang diuji pada penelitian ini meliputi pH, TDS, total kesadahan dan Mn menggunakan AAS. Proses elektrokoagulasi menggunakan daya listrik yang mengalir searah dengan elektroda. Reaktor elektrokoagulasi dipasangkan dengan kabel yang dihubungkan ke catu daya kemudian dihubungkan ke arus listrik dengan variasi waktu (20, 50, 80 dan 110 menit) dan variasi arus (1,2 ; 1,6 ; 2 ; 2,2 ; dan 2,6A). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi terbaik penurunan TDS pada waktu 110 menit dan kuat arus 2,2 A yaitu 940 mg/l, total kesadahan pada waktu 110 menit dan kuat arus 1,6 A yaitu 480 mg/l, dan nilai pH yang terbaik pada waktu 80 menit dan 110 menit dengan kuat arus 0,8 A yaitu 7. Terjadi penurunan pada konsentrasi Mn pada waktu 110 menit dan kuat arus 1,6 A yaitu 0.0124 mg/l dan perubahan warna setelah elektrokoagulasi (Masrullita *et al*, 2021)

Penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan menggunakan logam aluminium sebagai elektroda. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan arus dan pengadukan pada saat elektrokoagulasi berlangsung dan setelah elektrokoagulasi selesai dengan waktu tiap pengadukan selama 3 menit. Waktu yang dibutuhkan selama proses elektrokoagulasi berlangsung yaitu selama 45 menit, dan arus yang digunakan sebesar 3 ampere. Untuk memperluas daerah

penyebaran ion-ion  $Al^+$  sehingga pengikatan koloid dalam air dapat dimaksimalkan, pengadukan dilakukan dengan dua tahap yaitu pengadukan yang dilakukan pada saat elektrokoagulasi berlangsung dengan kecepatan 150 rpm dan pengadukan yang dilakukan setelah elektrokoagulasi selesai dilakukan dengan kecepatan pengadukan yang digunakan yaitu 50 rpm. Hasil uji menunjukkan bahwa air hasil penjernihan dengan metode elektrokoagulasi yang divariasikan dengan pengadukan mengalami penurunan warna hingga 100% dan penurunan kekeruhan hingga 95.78% (Novita, 2017).

Pada penelitian tentang proses elektrokoagulasi dengan bubuk biji kelor sebagai koagulan dari air limbah laboratorium kimia yang meliputi COD, pH, kekeruhan dan logam berat baik sebelum maupun sesudah pengolahan menggunakan metode elektrokoagulasi dan koagulan biji kelor. Proses elektrokoagulasi dilakukan dengan menggunakan sepasang plat elektroda terbuat dari besi sebagai anoda dan katoda dengan variasi tegangan 6V, 9V dan 12V dengan masing-masing proses koagulasi dilakukan selama 30 menit, 60 menit dan 120 menit untuk setiap variasi tegangan dan koagulasi-flokulasi metode menggunakan 2,5gram bubuk biji kelor masing-masing sebagai koagulan dengan pengadukan cepat selama 5 menit dan pengadukan lambat selama 2 menit. Hasil diperoleh dari metode elektrokoagulasi dan metode koagulan biji kelor yaitu dengan parameter pH 5, COD 20000 ppm, kekeruhan 4,09 FTU, kadar Hg 1,2857 mg/l, kadar Pb 0,090659341 mg/l dan kadar Cd 0,090659341 mg/l (Syamsur *et al*, 2018)

Metode elektrokoagulasi adalah metode pengolahan limbah cair yang ramah lingkungan dengan menggabungkan prinsip koagulasi, flotasi dan elektrokimia. Metode elektrokoagulasi dilakukan dengan variasi pH dan konsentrasi elektrolit pada pengolahan limbah simulasi surfaktan. Kadar surfaktan ditentukan melalui ekstraksi pasangan ion surfaktan dan metilen biru dengan pelarut organik yang selanjutnya diukur menggunakan spektrofotometer. Optimasi metode dilakukan dengan menentukan panjang serapan maksimum, pengaruh pH, dan pengaruh penambahan elektrolit dengan konsentrasi yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serapan maksimum pada panjang gelombang 652

nm. Persentase penurunan kadar surfaktan paling tinggi terjadi pada pH 2 dengan penambahan elektrolit  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  7 mM yaitu sebesar 85,65% (Rusdi *et al*, 2020).

Elektrokoagulasi merupakan proses destabilisasi koloid melalui proses elektrokimia. Proses elektrokoagulasi dilakukan dengan memvariasikan tegangan dan konsentrasi awal pewarna yaitu 10v, 15v, 20v, 25v pada konsentrasi 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm dan 250 ppm. Untuk mengetahui pengaruh tegangan dan konsentrasi awal pewarna maka dilakukan pengukuran terhadap penyisihan pewarna menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Proses elektrokoagulasi menggunakan aluminum sebagai anoda dan besi sebagai katoda. Penelitian dilakukan pada rangkaian elektroda monopolar seri pada volume limbah 200 mL selama 60 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan dan konsentrasi awal mempengaruhi terhadap penyisihan pewarna pada limbah cair sintesis Remazol Red RB. Tegangan listrik dan konsentrasi awal terbaik pada rentang variabel penelitian ini adalah 25v pada 100 ppm dengan persentase penyisihan sebesar 99,80% setelah 10 menit elektrokoagulasi (Hidayanti *et al*, 2021).

Penerapan metode elektrokoagulasi yang dilakukan merupakan penelitian awal untuk menemukan cara yang lebih efektif dalam pengolahan air dan mengurangi penggunaan bahan kimia serta ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perlakuan optimum tentang pengaruh variasi tegangan listrik dan lama waktu kontak elektroda dengan air terhadap parameter TDS, kekeruhan dan pH air, seberapa efektif metode elektrokoagulasi dalam mengolah air bersih, dan untuk perbandingan tingkat biaya. dari yang diperlukan. Hasil penelitian ini dapat menunjukkan bahwa penurunan kekeruhan dan total padatan terlarut TDS pada air, optimum dalam penelitian elektrokoagulasi ini adalah dengan perlakuan menggunakan tegangan sebesar 25 volt, dengan durasi proses elektrokoagulasi selama 60 menit mampu mereduksi parameter kekeruhan dari nilai awal sebanyak 186 FTU menjadi 3 FTU dan nilai awal parameter TDS sebesar 125 ppm menjadi 65 ppm, menghasilkan persentase efektifitas penurunan parameter TDS pada air waduk sebesar 56,61 % dan pada air sungai sebesar 49,33 % untuk persentase efektifitas parameter kekeruhan pada air waduk sebesar 91,13 % dan pada air sungai banyak 97,80 %. Metode

elektrokogulasi membutuhkan biaya sebesar Rp 10,23,-/ liter air proses, sedangkan metode jartest menghabiskan biaya sebesar Rp 35,10,-/ liter air proses (Suparman *et al*, 2016).

Pengolahan air limbah dengan metode elektrokoagulasi yang memanfaatkan reaksi kimia dari aliran listrik pada elektroda diduga dapat menjadi solusi permasalahan pengelolaan air limbah yang mengandung timbal. Hasil penelitian terdahulu menarik ditindaklanjuti untuk mendapatkan spesifikasi yang lebih baik lagi berdasarkan salah satu rekomendasinya, yaitu memperhatikan variasi jarak antar elektroda yang paling efektif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Pb dalam air dapat tereduksi oleh elektroda alumunium pada proses elektrokoagulasi. Penurunan terbesar terjadi pada tegangan 20 Volt dan 10 ampere dengan waktu kontak 60 menit (Winarko *et al.*, 2018).

Tabel 2.1 Tabel Penelitian Terdahulu

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1	(Weiss, 2021)	Mengetahui bagaimana elektrokoagulasi mempengaruhi pH air yang diolah dengan 3 rangkaian percobaan untuk mempelajari bagaimana pengaruh klorida dan sulfat anion, pengaruh makromolekul organik bermuatan negatif dan	Karbonat terlarut memiliki signifikansi pengaruh besar pada perubahan pH karena adanya pembentukan gelembung mikro H <sub>2</sub> di katoda sehingga dapat melepaskan CO <sub>2</sub> selama proses elektrokoagulasi. Terdapat peningkatan nilai pH sebesar 1 angka	Jenis limbah, tujuan penelitian, Jenis elektroda

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		<p>pengaruh pH karbonat selama elektrokoagulasi</p>	<p>yang secara signifikan dapat mempengaruhi efisiensi koagulasi besi. Peningkatan nilai pH sangat tergantung pada pH awal dan konsentrasi karbonat dalam air. Kontribusi sekunder terhadap perubahan pH dihasilkan oleh pertukaran ion oleh sulfat dan ion klorida menjadi gumpalan <math>\text{Fe}(\text{OH})_3</math>, dimana ion <math>\text{OH}^-</math> dilepaskan ke dalam larutan tetapi hanya menghasilkan perubahan nilai pH yang kecil dan tidak cukup untuk mempengaruhi koagulasi. Adanya makromolekul organik bermuatan tidak memiliki</p>	

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			pengaruh yang signifikan terhadap pH.	
2	(Sukmawardani & Amalia, 2019)	Mengetahui efektivitas pengolahan limbah cair laboratorium dengan menggunakan metode elektrokoagulasi dapat memperbaiki kualitas air limbah laboratorium sehingga limbah hasil pengolahan tersebut sesuai dengan standar baku mutu limbah cair.	1) Kebutuhan oksigen biologi (BOD) dapat menurun sampai dengan 63,37%; 2) Kadar logam Cu, Fe, Cr, dan Pb dapat mengalami penurunan konsentrasi berturut-turut logam Cu 95,39%, logam Cr 91,78%, logam Fe 79,30%, dan logam Pb 72,21%; 3) Padatan tersuspensi total (TSS) dan padatan terlarut total (TDS) dapat dihilangkan dengan elektrokoagulasi, dengan persen penyisihan TSS	Jenis limbah, tujuan penelitian, jenis elektroda, parameter yang diuji

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			87,13% dan TDS 96,34% 4) Limbah cair laboratorium setelah pengolahan dengan metode elektrokoagulasi masih di atas ambang batas kadar limbah yang diperbolehkan untuk dibuang menurut Keputusan Gubernur Jawa Barat No. 6 Tahun 1999, mengenai Baku Mutu Limbah Cair.	
3	(Mulyani <i>et al.</i> , 2017)	Mengetahui pengaruh jenis plat elektroda pada proses elektrokoagulasi berdasarkan efisiensi penyisihan, konsumsi elektroda dan energi.	Jenis plat berpengaruh terhadap proses elektrokoagulasi karena berkaitan dengan reaksi yang terjadi pada katoda dan anoda selama proses berlangsung. jenis plat yang	Jenis limbah, tujuan penelitian, parameter yang diuji

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			paling efektif digunakan dalam proses elektrokoagulasi yaitu aluminium – aluminium dengan efisiensi penyisihan hingga 98,0% dari kadar Th (Thorium) 439,274 menjadi 8,503 ppm pada menit ke-5.	
4.	(Yuliyani & Widayatno, 2020)	Mengetahui pengaruh variasi waktu tinggal dan kuat arus terhadap penurunan kadar COD, TSS dan BOD limbah cair industri tahu menggunakan elektrokoagulasi secara kontinu	Penurunan kadar TSS, COD, dan BOD terbaik yang diperoleh berdasarkan pengaruh waktu tinggal yang semakin lama yaitu 75 menit dan besar kuat arus yang semakin besar 30 ampere yaitu sebesar 110,00 mg/L untuk TSS. Pada penurunan kadar COD yang	Jenis limbah, tujuan penelitian, jenis elektroda, parameter yang diuji

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			<p>terbaik yaitu 278,22 mg/L dengan waktu tinggal yang semakin lama yaitu 75 menit dan kuat arus yang semakin besar sebesar 30 ampere. Sedangkan untuk penurunan kadar BOD yang terbaik yaitu 154,00 mg/L dengan waktu tinggal yang semakin lama yaitu 75 menit dan kuat arus yang semakin besar sebesar 30 ampere.</p>	
5	(Masrullita <i>et al.</i> , 2021)	<p>Untuk melakukan kajian pengaruh waktu dan kuat arus terhadap menetralkan pH, dan menurunkan kadar TDS, total kesadahan dan Mn pada air payau.</p>	<p>Kondisi terbaik penurunan TDS pada waktu 110 menit dan kuat arus 2,2 A yaitu 940 mg/l, total kesadahan pada waktu 110 menit dan kuat arus 1,6 A</p>	<p>Jenis limbah, tujuan penelitian, jenis elektroda, parameter yang diuji</p>

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		Parameter yang diuji meliputi pH, TDS, total kesadahan dan Mn menggunakan AAS.	yaitu 480 mg/l, dan nilai pH yang terbaik pada waktu 80 menit dan 110 menit dengan kuat arus 0,8 A yaitu 7. Terjadi penurunan pada konsentrasi Mn pada waktu 110 menit dan kuat arus 1,6 A yaitu 0.0124 mg/l dan perubahan warna setelah elektrokoagulasi.	
7	(Novita, 2017)	Untuk mengetahui pengaruh variasi kuat arus listrik dan waktu pengadukan pada proses elektrokoagulasi untuk penjernihan air baku PDAM tirtanadi ipa tunggal	Bahwa air hasil penjernihan dengan metode elektrokoagulasi yang divariasikan dengan pengadukan mengalami penurunan warna hingga 100% dan penurunan kekeruhan hingga 95.78%	Jenis limbah, tujuan penelitian, jenis elektroda, parameter yang diuji
8	(Syamsur <i>et al.</i> , 2018)	Untuk mengetahui karakteristik dari air	Limbah AAS sebelum diolah	Jenis limbah,

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		limbah laboratorium kimia yang meliputi COD, pH, kekeruhan dan logam berat baik sebelum maupun sesudah pengolahan menggunakan metode elektrokoagulasi dan koagulan biji kelor.	memiliki karakteristik parameter pH sebesar 0,56, COD sebesar 195000 ppm, kekeruhan sebesar 192 FTU, kadar Hg sebesar 18,3333 mg/l, kadar Pb sebesar 4.134079 mg/l dan kadar Cd sebesar 2,867769 mg/l. Setelah diolah dengan metode elektrokoagulasi dan koagulan biji kelor memiliki karakteristik parameter pH sebesar 5, COD sebesar 20000 ppm, kekeruhan sebesar 4,09 FTU, kadar Hg sebesar 1,2857 mg/l, kadar Pb sebesar 0,090659341 mg/l dan kadar Cd	tujuan penelitian, jenis elektroda, parameter yang diuji

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			sebesar 0,090659341 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa metode elektrokoagulasi dan koagulan biji kelor dapat menurunkan setiap parameter yang diuji baik itu pH, COD, kekeruhan maupun logam berat	
9	(Rusdi <i>et al.</i> , 2020)	Untuk mengetahui pengaruh pH dan konsentrasi elektrolit dalam elektrokoagulasi limbah surfaktan	Hasil penelitian menunjukkan bahwa serapan maksimum pada panjang gelombang 652 nm. Persentase penurunan kadar surfaktan paling tinggi terjadi pada pH 2 dengan penambahan elektrolit Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 7 mM yaitu sebesar 85,65%	Jenis limbah, tujuan penelitian, jenis elektroda, parameter yang diuji

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
10	(Hidayanti <i>et al.</i> , 2021)	Untuk mengetahui pengaruh tegangan elektrokoagulasi dan konsentrasi awal pewarna terhadap persentase penyisihan remazol red rb	Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan dan konsentrasi awal mempengaruhi terhadap penyisihan pewarna pada limbah cair sintesis Remazol Red RB. Tegangan listrik dan konsentrasi awal terbaik pada rentang variabel penelitian ini adalah 25v pada 100 ppm dengan persentase penyisihan sebesar 99,80% setelah 10 menit elektrokoagulasi	Jenis limbah, tujuan penelitian, jenis elektroda, parameter yang diuji
11	(Suparman <i>et al.</i> , 2016)	Untuk mengetahui perlakuan optimum tentang pengaruh variasi tegangan listrik dan lama waktu kontak elektroda dengan air terhadap parameter	Hasil penelitian ini dapat menunjukkan bahwa penurunan kekeruhan dan total padatan terlarut (TDS) pada air, optimum dalam penelitian	Jenis limbah, tujuan penelitian, jenis elektroda, parameter yang diuji

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		<p>TDS, kekeruhan dan pH air, seberapa efektif metode elektrokoagulasi dalam mengolah air bersih, dan untuk perbandingan tingkat biaya</p>	<p>elektrokoagulasi ini adalah dengan perlakuan menggunakan tegangan sebesar 25 volt, dengan durasi proses elektrokoagulasi selama 60 menit mampu mereduksi parameter kekeruhan dari nilai awal sebanyak 186 FTU menjadi 3 FTU dan nilai awal parameter TDS sebesar 125 ppm menjadi 65 ppm, menghasilkan persentase efektifitas penurunan parameter TDS pada air waduk sebesar 56,61 % dan pada air sungai sebesar 49,33 % untuk persentase efektifitas</p>	

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			parameter kekeruhan pada air waduk sebesar 91,13 % dan pada air sungai banyak 97,80 %. Metode elektrokogulasi membutuhkan biaya sebesar Rp 10,23,-/ liter air proses, sedangkan metode jartest menghabiskan biaya sebesar Rp 35,10,-/ liter air proses	
12	(Winarko <i>et al.</i> , 2018)	Untuk mengetahui pengaruh jarak elektroda aluminium pada elektrokoagulasi sebagai reduktor logam Pb (Timbal) dalam air menggunakan tegangan 20 volt dengan waktu kontak 60 menit	Hasil penelitian menunjukkan bahwa Pb dalam air dapat tereduksi oleh elektroda aluminium pada proses elektrokoagulasi. Penurunan terbesar terjadi pada tegangan 20 Volt dan 10 ampere dengan waktu	Jenis limbah, tujuan penelitian, jenis elektroda, parameter yang diuji

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			kontak 60 menit.	

## 2.2. Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi memiliki sejarah panjang sebagai teknologi pengolahan air yang telah digunakan untuk menghilangkan berbagai macam polutan dengan cara menggunakan elektroda yang akan dialirkan oleh energi listrik. Prinsip dari elektrokoagulasi pertama kali dipatenkan pada tahun 1906 oleh AE Dietrich dan digunakan untuk mengolah air lambung kapal dari kapal. Di Amerika Serikat JT Harries diberikan hak paten pada tahun 1909 untuk pengolahan air limbah dengan elektrolisis menggunakan aluminium katoda dan anoda besi. Setelah itu, berbagai aplikasi air dan air limbah mengikuti berbagai kondisi. Bertepatan dengan kekhawatiran baru-baru ini tentang polusi, industri berada di bawah tekanan besar untuk menemukan cara inovatif untuk mematuhi peraturan lingkungan, elektrokoagulasi telah muncul kembali sebagai teknologi yang layak (Naje & Abbas, 2013).

Menurut Weiss (2021) elektrokoagulasi memiliki keuntungan dan kekurangan yaitu:

Tabel 2.2 Keuntungan dan Kekurangan Elektrokoagulasi

Keuntungan	Kekurangan
Gelembung gas yang terbentuk dapat meningkatkan flotasi polutan	Kebutuhan energi bergantung pada nilai konduktivitas pada air yang diolah
Tidak adanya polusi dengan $SO_4^{2-}$ atau Cl karena tidak ada bahan kimia yang ditambahkan	Pasifasi elektroda dapat menyebabkan rendahnya efisiensi proses
Lebih murah daripada koagulasi kimiawi	Biaya operasional berfluktuasi dengan harga listrik harian

Elektrokoagulasi memiliki prinsip dasar yakni reaksi reduksi dan oksidasi (redoks). Dalam suatu sel elektrokoagulasi, pada anoda terjadi peristiwa oksidasi dan juga anoda atau elektroda (+) berfungsi sebagai koagulan, sedangkan pada katoda atau elektroda (-) terjadi peristiwa reduksi dan juga pengendapan. Dalam reaksi elektrokoagulasi komponen yang terlibat selain elektroda adalah air yang diolah sebagai larutan elektrolit (Suparman *et al.*, 2016). Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses elektrokoagulasi seperti : kuat arus, tegangan, waktu kontak, jarak antar elektroda ,derajat keasaman (pH) dan ketebalan plat (Saputra, 2018).

Umumnya reaksi yang terjadi pada proses elektrokoagulasi adalah untuk katoda terjadi reduksi ion  $H^+$  dari limbah menjadi gas hidrogen yang akan bebas sebagai gelembung-gelembung gas sesuai persamaan :



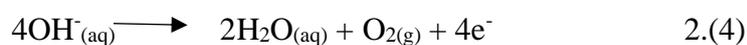
Untuk larutan yang mengalami reduksi adalah pelarut (air) dan terbentuk gas hidrogen pada katoda yang ditunjukkan oleh persamaan :



Pada anoda yang terbuat dari logam akan teroksidasi yang secara umum ditunjukkan oleh persamaan :



Sedangkan untuk ion  $OH^-$  dari basa akan mengalami oksidasi membentuk gas oksigen yang ditunjukkan oleh persamaan:



Dari reaksi tersebut, pada anoda akan dihasilkan gas  $H_2$ , buih dan flok logam hidroksida (Mulyani *et al.*, 2017).

### 2.3. Logam Besi

Besi atau ferrum (Fe) merupakan salah satu logam yang paling banyak dijumpai di kerak bumi, metal berwarna putih keperakan, liat dan dapat dibentuk. Di alam didapat sebagai *hematite*. Secara kimia besi merupakan logam yang cukup aktif, hal ini karena besi dapat bersenyawa dengan unsur-unsur lain. Besi dapat digunakan sebagai campuran untuk membuat paduan logam, misalnya untuk membuat baja, besi tempa, besi tuang dan lain-lain yang banyak digunakan

sebagai bahan bangunan, peralatan-peralatan logam, rangka kendaraan dan lainnya (Wahyuni, 2019).

#### **2.4. Logam Aluminium**

Aluminium adalah logam yang reaktif. Pada udara terbuka aluminium akan bereaksi dengan oksigen, apabila reaksi berlangsung terus maka aluminium akan rusak dan sangat rapuh. Permukaan aluminium sebenarnya bereaksi bahkan lebih cepat daripada besi. Lapisan luar aluminium oksida yang terbentuk pada permukaan logam dapat melekat kuat pada logam dibawahnya, dan membentuk lapisan yang kedap, sehingga dapat dipergunakan untuk keperluan konstruksi tanpa takut pada sifat kimia yang sangat reaktif. Namun apabila logam bertemu dengan alkali lapisan oksidanya akan mudah larut. Lapisan oksidanya akan bereaksi secara aktif dan akhirnya akan mudah larut pada cairan sekali. Sebaliknya berbagai asam termasuk asam nitrat pekat tidak berpengaruh terhadap aluminium karena lapisan aluminium kedap terhadap asam aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang sangat baik karena pada permukaannya terhadap suatu lapisan oksida yang melindungi logam dari korosi dan hantaran listriknya cukup baik sekitar 3,2 kali daya hantar listrik besi. Berat jenis aluminium cukup ringan dibandingkan logam lain. Kekuatan 1 kg aluminium adalah 100 MPa dapat dilipatkan melalui pengerjaan dingin atau pengerjaan panas (Mubarok *et al.*, 2020).

#### **2.5. pH**

Kadar keasaman atau parameter pH mengindikasikan kebasaan suatu larutan. Nilai pH suatu perairan mencirikan asam dan basa dalam air dan merupakan pengukuran ion hydrogen dalam air. Semakin banyak ion OH<sup>-</sup> dan gas hidrogen yang dihasilkan melalui reaksi reduksi molekul air (H<sub>2</sub>O) pada katoda maka nilai pH atau kebasaan dari limbah cair yang diolah akan semakin meningkat (Syamsur *et al.*, 2018)

Proses elektrolisis air dapat terjadi pada proses elektrokoagulasi yakni dengan menghasilkan gas hidrogen dan ion hidroksida, dengan semakin lama waktu kontak yang digunakan, maka semakin cepat juga pembentukan gas hidrogen dan ion hidroksida yang dihasilkan lebih banyak maka akan menaikkan

pH dalam larutan. Kondisi spesies pada larutan dan kelarutan dari produk yang dibentuk juga dapat dipengaruhi oleh pH larutan. pH larutan mempengaruhi keseluruhan efisiensi dan efektifitas dari elektrokoagulasi. pH larutan dapat dengan mudah diubah. pH optimal untuk menambah efektifitas proses elektrokoagulasi yang terdapat dalam larutan berkisar antara nilai 6,5 sampai 7,5 (Saputra, 2018).

## **2.6. Suhu**

Suhu perairan memiliki sifat yang tidak konstan, karakteristiknya menunjukkan perubahan faktor dinamis. Beberapa faktor dapat mempengaruhi suhu perairan sehingga nilainya akan berubah dari waktu ke waktu. Beberapa faktor yang mempengaruhi perubahan suhu di perairan adalah keberadaan naungan (misalnya pohon atau tanaman air), air buangan (limbah) yang masuk ke badan air, radiasi matahari, suhu udara, cuaca dan iklim. Berbagai proses fisika dan kimia di perairan seperti densitas air, kelarutan gas, kelarutan senyawa, dan sifat senyawa beracun dapat dipengaruhi oleh suhu (Boyd, 2020).

## **2.7. Kekeruhan**

Kekeruhan adalah suatu parameter yang ada pada limbah cair industri perisa makanan, kekeruhan disebabkan oleh adanya materi terlarut, tersuspensi, serta partikel-partikel lainnya seperti plankton, jasad renik, lumpur, tanah liat serta pasir halus. Kekeruhan yang tinggi pada suatu perairan dapat mengurangi jumlah oksigen terlarut dalam air, serta menghalangi sinar matahari masuk ke perairan. Satuan dari parameter ini adalah *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU) (Suhendar *et al.*, 2020).

## **2.8. Total Suspended Solid**

*Total Suspended Solid* (TSS) materi atau bahan tersuspensi yang menyebabkan kekeruhan air terdiri dari lumpur, pasir halus serta jasad-jasad renik yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi yang terbawa badan air (Effendi, 2003). TSS merupakan salah satu faktor penting menurunnya kualitas perairan sehingga menyebabkan perubahan secara fisika, kimia dan biologi. Tingginya nilai TSS pada suatu perairan dapat menurunkan ketersediaan oksigen terlarut dalam perairan tersebut, dengan menurunnya ketersediaan oksigen dalam

perairan maka menyebabkan organisme yang membutuhkan oksigen akan mati. (Hidayat *et al*, 2016).

TSS merupakan zat yang tersuspensi berdiameter  $> 1 \mu\text{m}$  yang tertahan dalam saringan *milli-pore* berdiameter  $0.45 \mu\text{m}$  (Effendi, 2003). Zat padat tersuspensi tersebut adalah tempat terjadinya reaksi kimia heterogen dan berfungsi sebagai zat dasar pembentuk endapan serta menghalangi kemampuan produksi zat organik dalam perairan. (Kareliasari, 2021).

## **2.10. Chemical Oxygen Demand**

*Chemical Oxygen Demand* (COD) menjadi salah satu parameter penting dalam pengolahan air limbah. COD menandakan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik secara kimiawi. COD atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar limbah organik yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Nilai COD merupakan ukuran bagi tingkat pencemaran oleh bahan organik. Kadar COD dalam air limbah berkurang seiring dengan berkurangnya konsentrasi bahan organik yang terdapat dalam air limbah. (Harahap *et al*, 2020).

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi nilai COD antara lain : oksigen terlarut, zat organik dan sumber pencemar lainnya. Kelarutan oksigen di dalam air dipengaruhi juga oleh suhu, tekanan oksigen dalam atmosfer, serta kandungan garam dalam air. Nilai COD dalam air limbah akan berkurang seiring dengan berkurangnya konsentrasi bahan organik yang terdapat dalam air limbah (Septianingsih, 2019).

## **2.11. Proses Dekantasi**

Metode dekantasi digunakan untuk memisahkan campuran yang penyusunnya berupa cairan dan padatan. Dalam hal ini, ukuran padatan cukup besar sehingga mengendap dibagian bawah cairan. Dekantasi dilakukan dengan menuang cairan ke wadah lain secara hati-hati supaya padatan terpisah dari cairan. Untuk memudahkan proses dekantasi dapat digunakan pengaduk saat menuang cairan. Dengan demikian, cairan tidak mengalir ke luar wadah dan dapat terpisah dari padatan dengan baik. Namun, metode ini tidak dapat memisahkan cairan dan padatan secara sempurna, Hal ini disebabkan masih ada

cairan yang tersisa dalam wadah semula. Bisa juga terjadi, sebagian padatan ikut masuk ke dalam wadah baru (Fadhila, 2018).

#### **2.12. Limbah Cair Industri Perisa Makanan**

Limbah cair industri perisa makanan karawang memiliki karakteristik fisik berupa berwarna putih keruh dan memiliki bau yang berubah-ubah sesuai dengan jenis produk yang diproduksi. Limbah cair ini memiliki kandungan berupa karbohidrat dan lemak karena menggunakan bahan baku yaitu pati. Limbah juga memiliki nilai pH 5,8 data diambil pada bulan juli-desember 2022, COD rata-rata limbah pada bak equalisasi adalah 21.714 ppm, TSS rata-rata limbah pada bak equalisasi adalah 872,9 ppm data diambil pada bulan juli-desember 2022 (Anonim, 2022).