

**PENYISIHAN PENCEMAR LIMBAH CAIR PEMBEKUAN  
IKAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
ELEKTROKOAGULASI**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan oleh:**

**AKBAR SARIF**

**NIM. 180702013**

**Mahasiswa Fakultas Sains Dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
BANDA ACEH  
2022 M/1444 H**

**LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR**

**PENYISIHAN PENCEMAR LIMBAH CAIR PEMBEKUAN  
IKAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE  
ELEKTROKOAGULASI**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh  
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)  
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh:

**AKBAR SARIF**

**NIM. 180702013**

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan**

Disetujui untuk Dimunaqasyahkan Oleh:

**Pembimbing I,**

**Pembimbing II,**

**Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.**

**NIDN. 2013128901**

**Arief Rahman, M.T.**

**NIDN. 2010038901**

Mengetahui,  
**Ketua Program Studi Teknik Lingkungan**

**Husnawati Yahya, M.Sc.**

**NIDN. 2009118301**

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**  
**PENYISIHAN PENCEMAR LIMBAH CAIR PEMBEKUAN**  
**IKAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE**  
**ELEKTROKOAGULASI**

**TUGAS AKHIR**

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh  
serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)  
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Kamis, 22 Desember 2022  
28 Jumadil Awal 1444

Panitia Ujian Munqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,

  
Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.  
NIDN. 2013128901

  
Arief Rahman, M.T.  
NIDN. 2010038901

Penguji I,

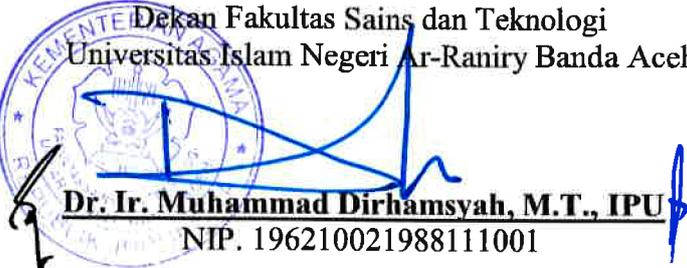
Penguji II,

  
Dr. Ir. Hj. Irhamni, S.T., M.T., IPM.  
NIDN. 0102107101

  
Sri Nengsih, M.Sc.  
NIDN. 2010088501

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh

  
Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU  
NIP. 196210021988111001

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Akbar Sarif  
NIM : 180702013  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh  
Judul Skripsi : Penyisihan Pencemar Limbah Cair Pembekuan Ikan dengan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data; dan
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 12 Desember 2022  
Yang Menyatakan



  
Akbar Sarif  
NIM.180702013

## ABSTRAK

Nama : Akbar Sarif  
NIM : 180702013  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : Penyisihan Pencemar Limbah Cair Pembekuan Ikan dengan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi  
Tanggal Sidang : 12 Desember 2022  
Jumlah Halaman : 105  
Pembimbing I : Dr. Abd Mujahid Hamdan M.Sc.  
Pembimbing II : Arief Rahman, M.T.  
Kata Kunci : Elektrokoagulasi, limbah cair, pembekuan ikan, penyisihan

Metode elektrokoagulasi sudah banyak digunakan sebagai teknik pengolahan limbah cair hasil perindustrian, akan tetapi belum ditemukan publikasi pengolahan limbah cair hasil perindustrian pembekuan ikan menggunakan metode elektrokoagulasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan metode elektrokoagulasi dalam menyisih polutan-polutan yang terdapat pada limbah cair pembekuan ikan dengan memvariasikan rapat arus dan waktu kontak pada pengolahannya. Parameter yang dianalisis pada penelitian ini yaitu *chemical oxygen demand* (COD), *total suspended solid* (TSS), turbiditas serta perubahan pada nilai pH. Variasi rapat arus yang digunakan pada penelitian ini yaitu 5, 10 dan 15 A/m<sup>2</sup> dengan waktu kontak 30, 60, 90, 120, 150 dan 180 menit. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa metode elektrokoagulasi dapat menurunkan kadar pencemar COD, TSS, turbiditas serta meningkatkan nilai pH. Penurunan tertinggi pada nilai COD terjadi pada rapat arus 15 A/m<sup>2</sup> dengan waktu kontak 180 menit dengan persentase penyisihan mencapai 62,74%. Penurunan tertinggi pada nilai TSS terjadi pada rapat arus 15 A/m<sup>2</sup> dengan waktu kontak 180 menit dengan persentase penyisihan mencapai 94,58%. Penurunan tertinggi pada nilai turbiditas terjadi pada rapat arus 15 A/m<sup>2</sup> dengan waktu kontak 180 menit dengan persentase penyisihan mencapai 92,64%. Berdasarkan hasil eksperimen juga diketahui bahwa metode elektrokoagulasi juga mampu mempengaruhi nilai pH yang awalnya 6,5 menjadi 8,8 pada variasi rapat arus 15 A/m<sup>2</sup> dengan waktu kontak maksimal (180 menit). Berdasarkan hasil uji parameter tersebut metode elektrokoagulasi mampu menyisih parameter pencemar yang terdapat dalam limbah cair pembekuan ikan sehingga diharapkan dapat diterapkan langsung dengan skala yang lebih besar.

## **ABSTRACT**

*Name* : Akbar Sarif  
*Student ID Number* : 180702013  
*Departement* : Environmental Engineering  
*Title* : Elimination of Pollutants Freezing Fish Liquid Waste by Using the Electrocoagulation Method  
*Date of Session* : 12 December 2022  
*Number of Pages* : 105  
*Advisor I* : Dr. Abd Mujahid Hamdan M.Sc.  
*Advisor II* : Arief Rahman, M.T.  
*Keywords* : Electrocoagulation, fish freezing wastewater, rate of removal

*The electrocoagulation method has been widely used as a technique for treating industrial wastewater, but it has not yet been published for the treatment of industrial wastewater freezing fish using the electrocoagulation method. This study aims to analyze the ability of the electrocoagulation method to remove pollutants contained in fish-freezing liquid waste by varying the current density and contact time during the processing. The parameters analyzed in this study were chemical oxygen demand (COD), total suspended solids (TSS), turbidity, and changes in pH values. Variations of current density used in this study were 5, 10, and 15 A/m<sup>2</sup> with contact times of 30, 60, 90, 120, 150, and 180 minutes. The experimental results show that the electrocoagulation method can reduce the levels of COD, TSS, turbidity and increase the pH value. The highest decrease in COD value occurred at a current density of 15 A/m<sup>2</sup> with a contact time of 180 minutes with a removal percentage of 62.74%. The highest decrease in TSS value occurred at a current density of 15 A/m<sup>2</sup> with a contact time of 180 minutes with a removal percentage of 94.58%. The highest decrease in the turbidity value occurred at a current density of 15 A/m<sup>2</sup> with a contact time of 180 minutes with a removal percentage of 92.64%. Based on the experimental results it is also known that the electrocoagulation method is also able to affect the pH value from 6.5 to 8.8 at a current density variation of 15 A/m<sup>2</sup> with a maximum contact time (180 minutes). Based on the results of the parameter test, the electrocoagulation method is able to set aside pollutant parameters contained in fish-freezing liquid waste so that it can be expected to be applied directly on a larger scale.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Swt. Sang Maha Pencipta yang menciptakan bintang dan bulan sebagai penerang malam serta matahari sebagai penerang siang dan yang memberikan *taufik, hidayah*, serta rahmat kepada manusia setiap waktunya. *Shalawat* serta salam kita sampaikan kepada sang revolusioner muda, kaya ilmunya, bersih murni hatinya, serta suri teladan bagi umat manusia yakni Nabi Agung Muhammad saw.

Dengan berkat karunia-Nya penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Penyisihan Pencemar Limbah Cair Pembekuan Ikan dengan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi”. Penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu membimbing penulis menyelesaikan tugas akhir, yaitu:

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc., selaku ketua Program Studi Teknik Lingkungan.
3. Bapak Aulia Rohendi, M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan.
4. Bapak Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc., selaku dosen pembimbing akademik.
5. Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc., selaku dosen pembimbing I yang telah berkenan untuk mengarahkan dan membimbing penulis serta memberikan ilmu, saran dan solusi pada setiap permasalahan dalam penulisan tugas akhir ini.
6. Bapak Arief Rahman, M.T., selaku dosen pembimbing II yang telah berkenan untuk mengarahkan dan membimbing penulis serta memberikan ilmu, saran dan solusi pada setiap permasalahan dalam penulisan tugas akhir ini.

7. Dr. Ir. Hj. Irhamni, S.T., M.T., IPM., selaku dosen penguji I pada sidang munaqasyah tugas akhir.
8. Ibu Sri Nengsih, M.Sc., selaku dosen penguji II pada sidang munaqasyah tugas akhir.
9. Bapak-bapak dan ibu-ibu yang ada di Program Studi Teknik Lingkungan UIN Ar-raniry Banda Aceh yang telah berkenan memberikan informasi dan pengetahuan selama masa perkuliahan saya.
10. Semua pihak yang terlibat dalam penulisan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Tak lupa pula penulis ucapkan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada kedua orang tua penulis, Ayahanda Azwar dan ibunda Maisuri yang telah memberikan doa dan dukungan kepada penulis. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis harapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak untuk lebih menyempurnakan tugas akhir ini. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih.

Banda Aceh, 12 Desember 2022

Penulis

Akbar Sarif

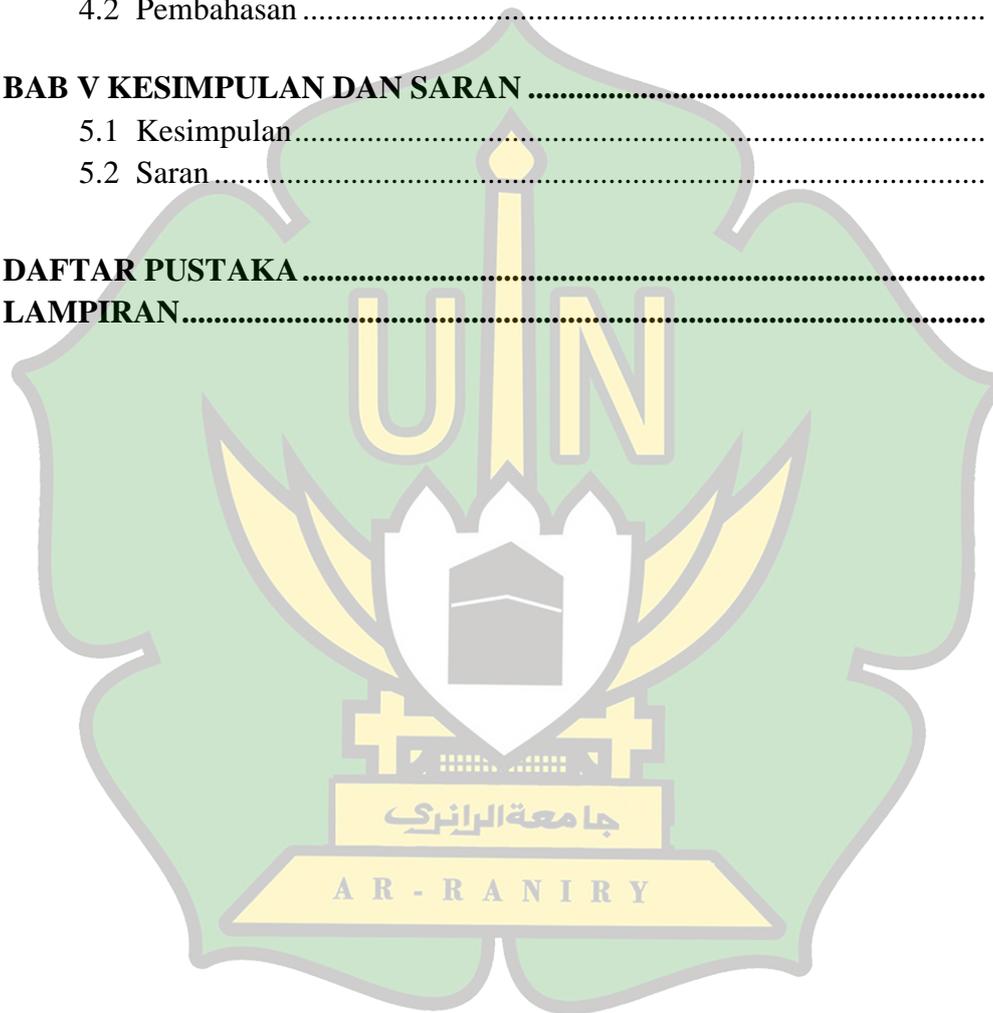
NIM. 180702013

AR - RANIRY

## DAFTAR ISI

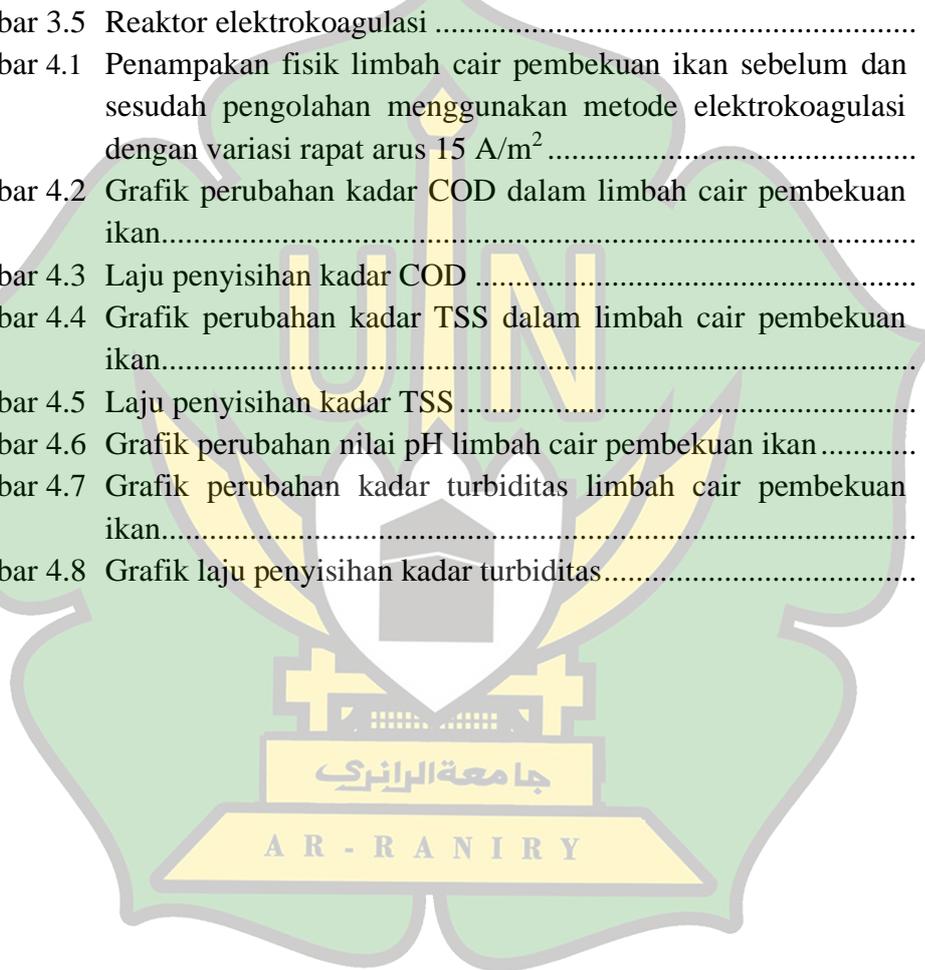
<b>LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Limbah Cair Perikanan.....	5
2.2 Baku Mutu Limbah Cair Perikanan.....	6
2.3 Parameter Pencemar dalam Limbah Cair Pembekuan ikan.....	6
2.4 Elektrokoagulasi.....	8
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
3.1 Tahapan Umum .....	15
3.2 Pengambilan Sampel .....	17
3.2.1 Lokasi Pengambilan Sampel .....	17
3.2.2 Teknik pengambilan sampel.....	18
3.2.3 Hasil Uji Pendahuluan pada Limbah Cair Pembekuan ikan.....	19
3.3 Eksperimen .....	19
3.3.1 Alat dan Bahan Eksperimen .....	19
3.3.2 Desain Reaktor Elektrokoagulasi .....	20
3.3.3 Desain Eksperimen.....	22
3.3.4 Prosedur Eksperimen Elektrokoagulasi.....	22
3.4 Pengukuran Parameter Limbah Cair Pembekuan ikan .....	23
3.4.1 Bahan Pengukuran.....	23

3.4.2	Prosedur Pengukuran Parameter Limbah Cair Perikanan .....	23
3.5	Analisis Data.....	25
3.5.1	Efektivitas Penyisihan .....	25
3.5.2	Analisis Statistik.....	25
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>27</b>
4.1	Hasil Eksperimen.....	27
4.2	Pembahasan .....	30
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>45</b>
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran.....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>47</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>52</b>



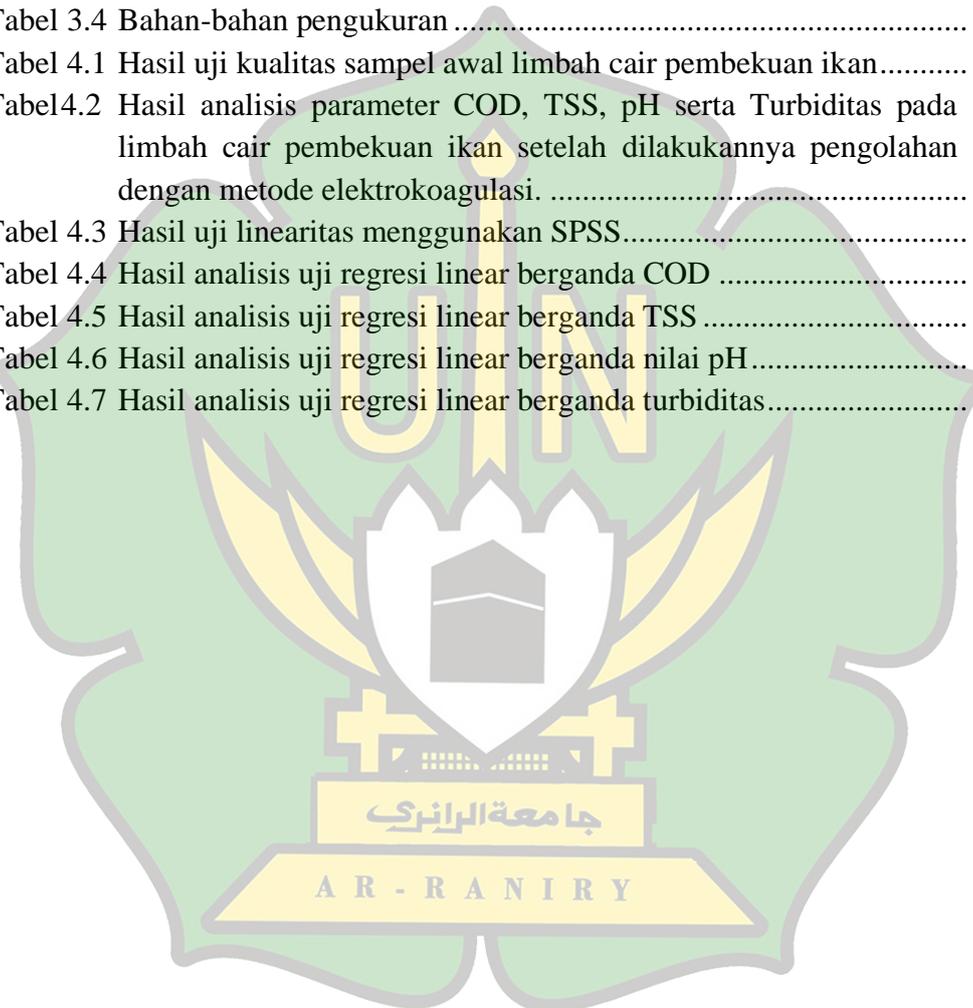
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mekanisme elektrokoagulasi .....	9
Gambar 2.2	Prinsip kerja elektrokoagulasi.....	10
Gambar 3.1	Diagram alir .....	16
Gambar 3.2	Peta lokasi pengambilan sampel .....	17
Gambar 3.3	Lokasi pabrik pembekuan ikan .....	18
Gambar 3.4	Desain reaktor elektrokoagulasi.....	21
Gambar 3.5	Reaktor elektrokoagulasi .....	21
Gambar 4.1	Penampakan fisik limbah cair pembekuan ikan sebelum dan sesudah pengolahan menggunakan metode elektrokoagulasi dengan variasi rapat arus $15 \text{ A/m}^2$ .....	29
Gambar 4.2	Grafik perubahan kadar COD dalam limbah cair pembekuan ikan.....	32
Gambar 4.3	Laju penyisihan kadar COD .....	34
Gambar 4.4	Grafik perubahan kadar TSS dalam limbah cair pembekuan ikan.....	36
Gambar 4.5	Laju penyisihan kadar TSS .....	37
Gambar 4.6	Grafik perubahan nilai pH limbah cair pembekuan ikan .....	40
Gambar 4.7	Grafik perubahan kadar turbiditas limbah cair pembekuan ikan.....	42
Gambar 4.8	Grafik laju penyisihan kadar turbiditas.....	43



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku mutu air limbah hasil perikanan.....	6
Tabel 2.2 Hasil penelitian terdahulu.....	13
Tabel 3.1 Hasil uji pendahuluan limbah cair pembekuan ikan.....	19
Tabel 3.2 Alat dan bahan yang digunakan untuk eksperimen.....	20
Tabel 3.3 Variasi eksperimen elektrokoagulasi.....	22
Tabel 3.4 Bahan-bahan pengukuran.....	23
Tabel 4.1 Hasil uji kualitas sampel awal limbah cair pembekuan ikan.....	27
Tabel 4.2 Hasil analisis parameter COD, TSS, pH serta Turbiditas pada limbah cair pembekuan ikan setelah dilakukannya pengolahan dengan metode elektrokoagulasi.....	28
Tabel 4.3 Hasil uji linearitas menggunakan SPSS.....	31
Tabel 4.4 Hasil analisis uji regresi linear berganda COD.....	35
Tabel 4.5 Hasil analisis uji regresi linear berganda TSS.....	38
Tabel 4.6 Hasil analisis uji regresi linear berganda nilai pH.....	41
Tabel 4.7 Hasil analisis uji regresi linear berganda turbiditas.....	44



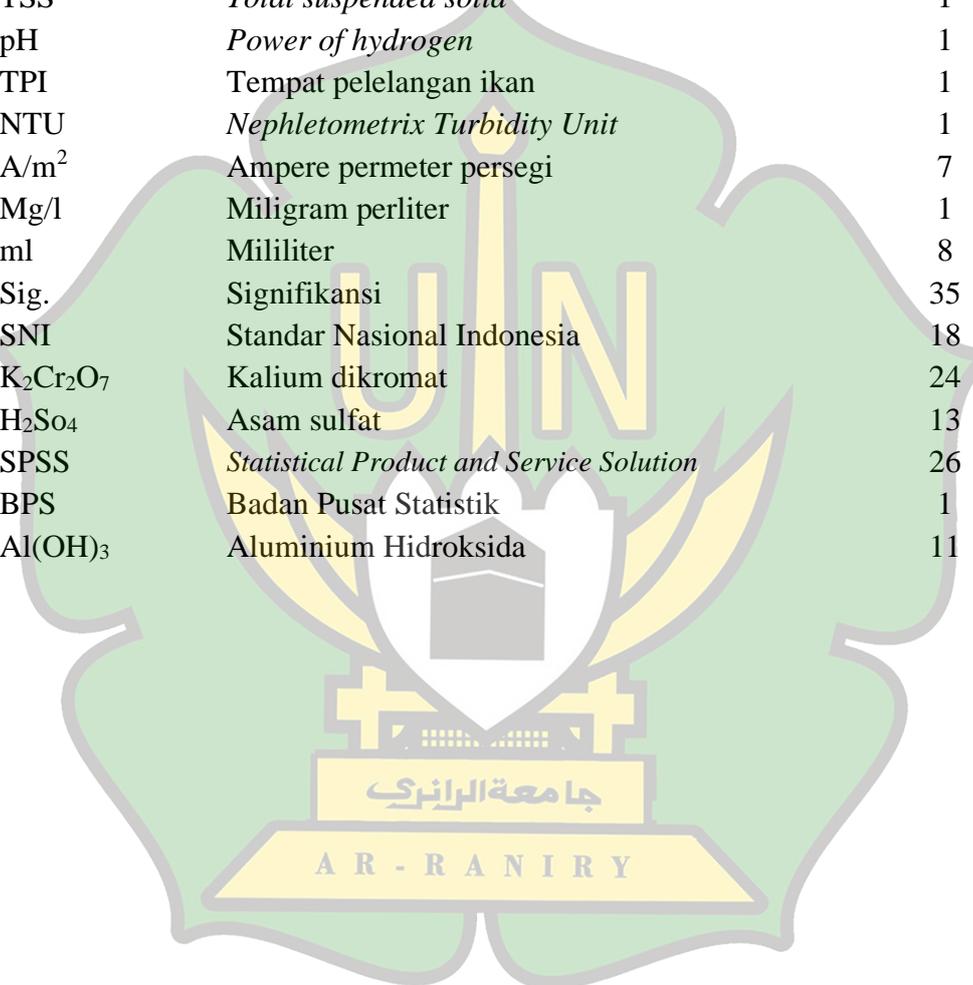
## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Rapat Arus.....	52
Lampiran 2. Perhitungan Nilai TSS.....	58
Lampiran 3. Perhitungan Persentase Efektivitas Penurunan Bahan pencemar	61
Lampiran 4. Analisis Data Menggunakan SPSS.....	73



## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
BOD	<i>Biochemical oxygen demand</i>	1
COD	<i>Chemical oxygen demand</i>	1
TSS	<i>Total suspended solid</i>	1
pH	<i>Power of hydrogen</i>	1
TPI	Tempat pelelangan ikan	1
NTU	<i>Nephelometric Turbidity Unit</i>	1
A/m <sup>2</sup>	Ampere per meter persegi	7
Mg/l	Miligram per liter	1
ml	Mililiter	8
Sig.	Signifikansi	35
SNI	Standar Nasional Indonesia	18
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Kalium dikromat	24
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Asam sulfat	13
SPSS	<i>Statistical Product and Service Solution</i>	26
BPS	Badan Pusat Statistik	1
Al(OH) <sub>3</sub>	Aluminium Hidroksida	11



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Konsumsi ikan global telah mengalami peningkatan yang awalnya dari 111 juta ton pada tahun 2004-2006 menjadi 149 juta ton pada tahun 2014-2016 dan diperkirakan akan mencapai 194 juta ton pada tahun 2026 (Thi dkk., 2021). Tercatat pada tahun 2021, jumlah produksi ikan per tahun di kota Banda Aceh sebanyak 17.736 ton/tahunnya (BPS Kota Banda Aceh, 2022).

Salah satu permasalahan yang paling sering muncul dari kegiatan perikanan ialah air sisa pencucian dan pengolahan ikan yang tidak melalui proses pengolahan dibuang langsung ke saluran air yang nantinya menuju ke perairan sehingga menyebabkan pencemaran pada badan air. Para pengolah ikan kurang peduli terhadap dampak buruk yang ditimbulkan dari limbah atau sisa-sisa proses produksi industri perikanan. Sisa pengolahan langsung dibuang ke saluran air dengan anggapan bahwa kotoran tersebut akan hilang dengan terbawa ke badan sungai. Selain itu, tidak adanya fasilitas pengolahan seperti bak pengolah air limbah juga dapat menambah pencemaran pada perairan (Lestari dkk., 2014). Limbah cair industri perikanan yang tidak diolah terlebih dahulu dan langsung dibuang ke perairan dapat menyebabkan bau yang tidak sedap dan mengakibatkan pencemaran air dan tanah (Salamah dan Rahmanto, 2021).

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu, diketahui bahwa limbah cair hasil pencucian ikan memiliki karakteristik pH 7-8, sedangkan nilai BOD<sub>5</sub> dan COD berbahaya bagi lingkungan perairan karena telah melebihi ambang batas baku mutu yang telah ditetapkan, dengan nilai BOD<sub>5</sub> 70,66-1447,10 mg/l dan COD 114,62-2296,30 mg/l (Lestari dkk., 2014). Dari observasi lapangan limbah cair yang dihasilkan dari proses pembekuan ikan di salah satu pabrik pembekuan yang terdapat di TPI Lampulo atau lebih tepatnya di PT. Yakin Pasifik Tuna telah melewati batas baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah, dimana didapatkan nilai COD 424 mg/l, turbiditas 180,7 NTU, nilai pH 6,5 dan TSS 443 mg/l. Oleh

karena itu diperlukan inovasi dalam mengolah limbah cair hasil pembekuan ikan untuk meminimalisir adanya pencemaran yang dihasilkan (Salamah dan Rahmanto, 2021).

Salah satu cara yang inovatif dalam mengolah limbah cair ialah menggunakan metode elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi merupakan proses penggumpalan dan pengendapan partikel-partikel halus yang terdapat dalam air dengan menggunakan energi listrik. Prinsip dasar dari metode elektrokoagulasi yaitu menggunakan reaksi reduksi dan oksidasi (redoks). Dalam suatu sel elektrokoagulasi peristiwa oksidasi terjadi pada elektroda positif (+) yaitu pada anoda dan reduksi terjadi pada elektroda negatif (-) yaitu pada katoda (Ashari dkk., 2015). Reaksi yang terjadi dalam proses elektrokoagulasi juga dipengaruhi oleh air yang diolah yang berfungsi sebagai larutan elektrolit. Elektrokoagulasi mampu menyisihkan berbagai jenis polutan dalam air, yaitu partikel tersuspensi, logam-logam berat, warna pada zat pewarna, dan berbagai zat berbahaya lainnya (Wiyanto dkk., 2014).

Metode elektrokoagulasi merupakan salah satu metode yang tergolong efektif dan efisien dalam mengurangi senyawa berbahaya yang terdapat pada limbah cair (Hari dan Harsanti, 2010). Metode elektrokoagulasi juga mampu menghilangkan mikroba yang terdapat dalam air limbah. Hal ini disebabkan karena ada respon pada air yang menghasilkan medan listrik melalui reaksi reduksi dan oksidasi. Metode elektrokoagulasi yang menggunakan plat elektroda aluminium atau besi bekerja berdasarkan proses elektrokimia. Pada proses elektrokoagulasi kation bergerak menuju katoda dan anion bergerak menuju anoda sehingga mengikat polutan atau partikel dalam air limbah ke lapisan busa-flok di permukaan cairan dan membentuk padatan flok yang mengendap pada dasar cairan (Yuliyani dan Widayatno, 2020).

Temperatur, arus listrik, tegangan, pH, ketebalan plat, jarak elektroda, jenis plat elektroda dan luas permukaan plat elektroda dapat mempengaruhi proses elektrokoagulasi. Keunggulan metode elektrokoagulasi yaitu tidak menggunakan bahan kimia, lebih sedikit menggunakan listrik dan mudah diaplikasikan. Akan tetapi teknologi ini memiliki kelemahan yaitu tidak dapat mengolah air limbah

dengan karakteristik elektrolit yang tinggi karena adanya hubungan pendek antar elektroda. Bidang kontak elektroda yang sempit dan jarak antar elektroda juga mempengaruhi reduksi logam berat dalam air limbah sehingga penggunaan listrik cenderung mahal dan batang anoda mudah terkorosi sehingga harus selalu diganti (Hernaningsih, 2016).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, pengolahan limbah cair pembekuan ikan dilakukan dengan menggunakan metode elektrokoagulasi dengan memvariasikan rapat arus dan waktu kontak. Dengan demikian pertanyaan penelitian yang akan dijawab pada penelitian ini ialah:

1. Bagaimana efektivitas penyisihan pencemar limbah cair pembekuan ikan dengan menggunakan metode elektrokoagulasi?
2. Bagaimana pengaruh variasi rapat arus dalam metode elektrokoagulasi terhadap penyisihan parameter pH, COD, TSS serta turbiditas pada limbah cair pembekuan ikan?
3. Bagaimana pengaruh variasi waktu dalam metode elektrokoagulasi terhadap penyisihan parameter pH, COD, TSS serta turbiditas pada limbah cair pembekuan ikan?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini ialah:

1. Untuk mendapatkan efektivitas penyisihan pencemar limbah cair pembekuan ikan dengan menggunakan metode elektrokoagulasi.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi rapat arus dalam proses elektrokoagulasi terhadap penyisihan parameter pH, COD, TSS serta turbiditas pada limbah cair pembekuan ikan.
3. Untuk mengetahui pengaruh variasi waktu dalam proses elektrokoagulasi terhadap penyisihan parameter pH, COD, TSS serta turbiditas pada limbah cair pembekuan ikan.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Berdasarkan tujuan penelitian yang hendak dicapai, maka penelitian ini diharapkan mempunyai manfaat baik secara langsung maupun tidak langsung. Adapun manfaat dari penelitian ini ialah:

1. Menambah pengetahuan terkait informasi mengenai penyisihan limbah cair pembekuan ikan dengan parameter pH, COD, TSS serta turbiditas dengan menggunakan metode elektrokoagulasi secara efektif dengan memvariasikan rapat arus dan waktu kontak pada pengolahan limbah cair pembekuan ikan.
2. Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan pada penelitian selanjutnya dan landasan pembuatan kebijakan pada bidang lingkungan khususnya penelitian-penelitian terkait pencemaran limbah cair terutama pada perindustrian pembekuan ikan dan pengelolaannya.

#### **1.5 Batasan Penelitian**

Penulisan tugas akhir ini agar dapat terlaksana dengan baik dan fokus terhadap masalah serta tujuan penelitian, maka perlu diberikan batasan. Batasan-batasan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Sistem pengolahan menggunakan metode elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium (Al).
2. Penelitian ini berfokus hanya pada dua variabel yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi yaitu variasi rapat arus dan waktu kontak terhadap pengolahan limbah cair hasil perindustrian pembekuan ikan.
3. Parameter yang di uji adalah beberapa parameter yang tercantum di dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah diantaranya pH, COD dan TSS serta parameter di luar Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah yaitu turbiditas.
4. Penelitian ini berfokus pada kemampuan metode elektrokoagulasi dalam mengolah limbah cair pembekuan ikan dengan menghitung persentase penyisihan serta laju penyisihannya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Limbah Cair Perikanan**

Limbah hasil perikanan dapat diartikan sebagai apa saja yang tersisa dan terbuang dari suatu kegiatan penangkapan, penanganan, dan pengolahan hasil perikanan. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, industri pengolahan hasil perikanan adalah usaha dan atau kegiatan di bidang pengolahan hasil perikanan meliputi kegiatan pengalengan, pembekuan, atau pembuatan tepung ikan. Limbah perikanan yang dihasilkan industri skala kecil menengah (UKM) sebagian besar kebanyakan dibuang secara langsung menuju badan air tanpa adanya penanganan khusus yang diberikan. Pembuangan air limbah secara kumulatif tanpa diolah berpotensi mencemari kualitas lingkungan dan berdampak serius terhadap lingkungan (Ambarini, 2016).

Secara umum, tipe limbah cair hasil industri perikanan dapat dibagi dalam dua kategori yaitu volume banyak-persentase limbah rendah dan volume sedikit-persentase limbah tinggi. Kategori volume banyak-persentase limbah rendah terdiri dari air yang digunakan untuk pembongkaran, transportasi, penanganan ikan dan air pencucian ikan. Limbah cair industri perikanan mengandung bahan organik yang tinggi sehingga dibutuhkan pengolahan sebelum dibuang ke badan air. Tingkat pencemaran limbah cair industri pengolahan perikanan sangat tergantung pada tipe proses pengolahan dan spesies ikan yang diolah (Ibrahim, 2005). Terdapat 3 tipe utama aktivitas pengolahan ikan, yaitu industri pengalengan dan pembekuan ikan, industri minyak dan tepung ikan, dan industri pengasinan ikan. Karakteristik limbah cair perikanan dapat dilihat melalui parameter pH, jumlah padatan terlarut, suhu, bau, BOD, COD, dan konsentrasi nitrogen serta fosfor.

## 2.2 Baku Mutu Limbah Cair Perikanan

Baku mutu air limbah merupakan standar yang digunakan untuk mengukur kadar maksimum jumlah parameter tertentu di dalam air limbah sebelum dibuang ke badan air. Baku mutu yang digunakan adalah baku mutu limbah pengolahan perikanan. Persyaratan yang telah ditetapkan oleh pemerintah sesuai dengan Baku Mutu Air Limbah Industri Pengolahan Hasil Perikanan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku mutu air limbah pembekuan ikan

Parameter	Kadar Maksimum (mg/l)
pH	6-9
BOD	100
COD	200
TSS	100
Amonia	10

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014

## 2.3 Parameter Pencemar dalam Limbah Cair Pembekuan ikan

Ada beberapa parameter limbah cair perikanan yang harus memenuhi baku mutu yang berlaku yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah diantaranya pH, BOD, COD, TSS, dan amonia. pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman ataupun tingkat kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Derajat keasaman berpengaruh terhadap daya racun bahan pencemaran dan kelarutan beberapa gas, serta menentukan banyak zat di dalam air. Skala pH berkisar antara 1-14 (Ningrum, 2018). Kadar asam yang terkandung pada suatu larutan akan mempengaruhi nilai pH. Semakin asam suatu larutan, maka akan semakin kecil pH nya. Untuk mengukur kadar pH dapat dilakukan dengan menggunakan kertas lakmus ataupun pH meter (Azmi dkk., 2016). Nilai pH larutan juga mempengaruhi jumlah ion ion dalam larutan pada larutan dan kelarutan dari produk yang dibentuk. pH larutan mempengaruhi secara keseluruhan efisiensi dan efektifitas elektrokoagulasi (Ni'am dkk., 2017).

*Chemical Oxygen Demand* (COD) merupakan jumlah kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk menyisih bahan-bahan organik secara kimia dalam air. Penurunan COD menekankan kebutuhan oksigen akan kimia dimana senyawa-senyawa yang diukur merupakan bahan-bahan yang tidak dapat dipecah secara biokimia (Nurjanah dkk., 2017). Penurunan konsentrasi COD dalam elektrokoagulasi disebabkan adanya proses oksidasi dan reduksi didalam reaktor elektrokoagulasi tersebut. Pada elektroda elektroda terbentuk gas oksigen dan hidrogen yang akan mempengaruhi reduksi COD (Amri dkk., 2020).

*Biological Oxygen Demand* (BOD) merupakan analisis yang berbentuk empiris yang secara global tidak jauh dengan proses mikrobiologis yang terdapat di dalam zat cair. Analisa terhadap kandungan BOD sangat diprioritaskan dalam melihat proses mikrobiologis yang terjadi di dalam zat cair (Rahmawati dan Azizah, 2005). BOD dapat dikatakan sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh perairan yang mengandung populasi mikroba sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. Dari penjelasan ini dapat disimpulkan bahwa meskipun nilai BOD menyatakan jumlah oksigen, tetapi nilai BOD dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik yang dapat terurai dengan mudah (*biodegradable organics*) yang ada di perairan (Taher, 2015).

*Total Suspended Solid* (TSS) merupakan padatan tidak terlarut yang menyebabkan terjadinya kekeruhan air (Santoso dkk., 2017). Berdasarkan sifat fisik kualitas air didasarkan pada jumlah kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) pada dasarnya partikel-partikel yang terdapat di dalam air akan menyebabkan air menjadi keruh sehingga perlunya penanganan dalam menangani kekeruhan air yang terjadi (Sarwono dkk., 2017). Tingkat TSS yang tinggi dapat menimbulkan dampak lain seperti tingginya nilai konsentrasi padatan tersuspensi total yang dapat menurunkan aktivitas fotosintesa tumbuhan laut baik yang mikro maupun makro sehingga mengakibatkan oksigen yang dilepaskan tumbuhan menjadi berkurang dan mengakibatkan ikan-ikan menjadi mati. Apabila konsentrasi TSS yang ada pada badan sungai terus bertambah dan mengalir ke lautan lepas dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan turunnya kualitas perairan. Jumlah

TSS dapat menunjukkan kondisi sedimentasi pada suatu perairan yang mempunyai konsentrasi TSS yang tinggi cenderung mengalami sedimentasi yang tinggi (Jiyah dkk., 2017).

Turbiditas (kekeruhan) merupakan indikator penting dari jumlah sedimen yang tersuspensi dalam air. Turbiditas juga merupakan parameter kualitas optik air yang menggambarkan seberapa jernih atau keruh air tersebut. Turbiditas menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur keadaan air dengan skala *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU). Tingginya kadar turbiditas disebabkan karena adanya benda tercampur atau benda koloid dalam badan air (Ningrum, 2018).

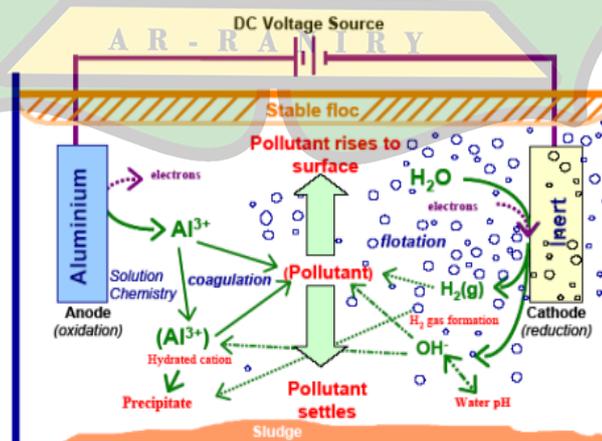
#### **2.4 Elektrokoagulasi**

Elektrokoagulasi merupakan salah satu proses elektrokimia yang sederhana (Mureth dkk., 2021) untuk menyisahkan polutan-polutan yang terkandung di dalam air limbah (Sandi dkk., 2019). Metode elektrokoagulasi merupakan salah satu metode yang tergolong efektif dan efisien dalam mengurangi senyawa berbahaya yang terdapat pada limbah cair (Hari dan Harsanti, 2010). Elektrokoagulasi merupakan gabungan proses koagulasi-flokulasi serta proses elektrokimia yang juga mempunyai efisiensi yang tinggi dalam penghilangan kontaminan dan biaya operasi yang rendah (Iswanto, 2010). Elektrokoagulasi juga diartikan sebagai destabilisasi koloid, padatan halus tersuspensi, emulsi, atau kontaminan terlarut dalam media berair dengan produksi elektrokimia dari koagulan dan agen flokulan seperti spesies aluminium atau besi dan gelembung gas (Merma dkk., 2020). Proses pada elektrokoagulasi mencakup pembuatan Koagulan *in situ* melalui proses pelarutan elektron dari anoda karbon biasanya terdiri dari besi atau aluminium (Adamovic dkk., 2016).

Mekanisme yang mungkin terjadi pada saat proses elektrokoagulasi berlangsung yaitu arus dialirkan melalui suatu elektroda logam, yang mengoksidasi logam (M) menjadi kationnya. Secara simultan, air tereduksi menjadi gas hidrogen dan ion hidroksil (OH<sup>-</sup>). Dengan demikian elektrokoagulasi memasukkan kation logam *in situ* secara elektrokimia dengan menggunakan

anoda yang berbentuk plat (biasanya aluminium atau besi). Kation terhidrolisis di dalam air yang membentuk hidroksida dengan spesies-spesies utama yang ditentukan oleh pH larutan. Kation bermuatan tinggi mendestabilisasi setiap partikel koloid dengan pembentukan kompleks *polihidroksida polivalen*. Komplek-komplek ini memiliki sifat-sifat penyerapan yang tinggi, yang membentuk agregat dengan polutan. Evolusi gas hidrogen membantu dalam percampuran sehingga membantu flokulasi. Begitu flok dihasilkan, gas elektrolitik menimbulkan efek pengapungan yang memindahkan polutan ke lapisan *floc-foam* pada permukaan cairan.

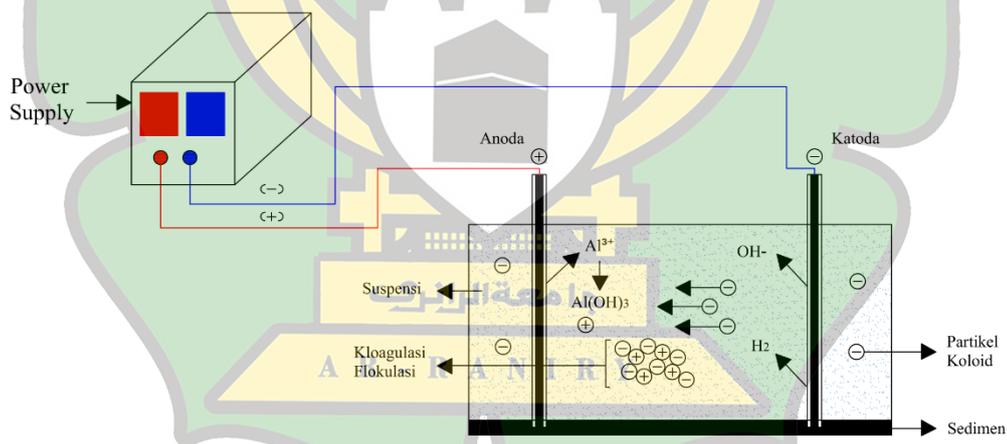
Reaksi kimia yang terjadi pada proses elektrokoagulasi yaitu reaksi oksidasi-reduksi. Aplikasi proses ini dilakukan dengan menginjeksikan oksigen ke dalam air, sedangkan pada proses reduksi dilakukan dengan penambahan reduktor. Proses ini timbul karena adanya reaksi pada elektroda, reaksi yang timbul diakibatkan oleh masuknya aliran arus listrik searah dengan tegangan tertentu. Apabila dalam suatu elektrolit ditempatkan dua elektroda dan dialiri arus listrik searah, maka akan terjadi peristiwa elektrokimia yang menyebabkan dekomposisi elektrolit dari ion positif (kation) yang bergerak ke katoda dan menerima elektron yang direduksi dari ion negatif (anion) yang bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron yang telah dioksidasi. Pada intinya mekanisme proses oksidasi-reduksi yaitu untuk melakukan destabilisasi ion sehingga mudah untuk dilakukan proses pengendapan serta dapat mengurangi sifat racun dari ion tersebut.



Gambar 2.1 Mekanisme elektrokoagulasi

Sumber: Holt, 2002

Prinsip kerja elektrokoagulasi yaitu menggunakan dua jenis elektroda (anoda dan katoda) yang ditempatkan pada sebuah wadah yang berisi sampel air (Nengsih, 2020). Elektrokoagulasi mengacu pada reaksi reduksi dan oksidasi (redoks) yang dapat mengurangi kandungan mikroorganisme dalam air (Iswanto, 2010). Pada anoda akan terjadinya proses oksidasi, sedangkan pada katoda akan terjadinya peristiwa reduksi (Harahap, 2016). Apabila pada suatu elektrolit ditempatkan dua elektroda yang kemudian dialiri arus listrik searah, maka akan terjadinya proses elektrokimia. Ion positif (kation) bergerak ke katoda (elektroda negatif) sehingga terjadinya proses reduksi, sedangkan ion negatif (anion) bergerak ke anoda (elektroda positif) sehingga terjadinya proses oksidasi. Anoda berfungsi sebagai koagulan dalam proses koagulasi-flokulasi yang terjadi di dalam sel tersebut. Sedangkan di katoda terjadi reaksi katodik dengan membentuk gelembung-gelembung gas hidrogen yang berfungsi untuk menaikkan flok-flok tersuspensi yang tidak dapat mengendap di dalam sel (Hanum dkk., 2015).



Gambar 2.2 Prinsip kerja elektrokoagulasi (modifikasi dari Purwaningsih, 2009)

Berdasarkan Gambar 2.2 anoda akan melepaskan koagulan aktif berupa ion Al ke dalam larutan, sedangkan pada katoda terjadinya pelepasan gas hidrogen dan ion hidroksida  $\text{OH}^-$  (Nugraha dkk., 2018). Pada proses elektrokimia terjadinya pelepasan  $\text{Al}^{3+}$  dari elektroda sehingga akan terbentuknya flok  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang akan mengikat bahan-bahan pencemar dalam limbah (Setianingrum dkk., 2017). Pada

proses elektrokoagulasi bahan pencemar akan teradsorpsi pada permukaan yang menyebabkan partikel naik ke atas permukaan dengan bantuan gelembung-gelembung gas yang dihasilkan sehingga mampu menyisih bahan-bahan pencemar yang terdapat dalam larutan (Hudori dan Soewondo, 2009).

Metode elektrokoagulasi memiliki beberapa kelebihan dalam mengolah limbah air. Adapun kelebihan metode elektrokoagulasi sebagai berikut:

1. Metode elektrokoagulasi mempunyai efisiensi yang tinggi dan menghasilkan ion terlarut lebih sedikit karena penambahannya hanya berasal dari logam aluminium yang terlarut menjadi ion  $Al^{3+}$  dibandingkan dengan koagulan lainnya.
2. Elektrokoagulasi mampu memisahkan berbagai macam polutan dalam air, seperti logam berat, partikel tersuspensi, zat pewarna dan sebagainya (Hanum dkk., 2015)
3. Metode elektrokoagulasi membutuhkan alat dan bahan-bahan yang sederhana, mudah didapat serta biaya yang cukup ekonomis (Fendriani dkk., 2020)
4. Gelembung gas yang dihasilkan dari proses elektrokoagulasi mampu membawa bahan polutan ke permukaan air (Hudori dan Soewondo, 2009).

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi elektrokoagulasi, diantaranya Jenis plat elektroda yang digunakan pada elektrokoagulasi sangat mempengaruhi terhadap penyisihan polutan dalam air limbah. Jenis plat elektroda yang biasanya dipakai berupa tembaga (Cu), aluminium (Al) dan besi (Fe) (Erawati dan Nazhifah, 2020). Semakin tinggi kuat arus yang dialirkan maka kerapatan gelombang semakin rapat, sehingga mempercepat penurunan polutan dan flotasi sludge (Yuliyani dan Widayatno, 2020). Semakin lama waktu yang digunakan saat proses elektrokoagulasi dapat antar partikel sehingga ukuran semakin meningkat dan kualitas air yang diolah semakin baik (Rachmawati dkk., 2014).

Faktor lain yang mempengaruhi elektrokoagulasi yaitu tegangan, dimana Semakin besar tegangan maka penyisihan polutan pun semakin besar (Kurniasih dkk., 2016). Jarak antara elektroda juga memberi pengaruh terhadap penurunan parameter air limbah. Jika jarak antara elektroda terlalu dekat akan menyebabkan

jumlah koagulan meningkat namun sistem akan mengalami gangguan akibat hubungan singkat antar elektroda (Saputra dan Hanum, 2016). Selain itu, semakin luas plat elektroda yang digunakan pada proses elektrokoagulasi maka akan semakin bagus hasil pengolahan air limbahnya dikarenakan luas plat elektroda dapat mereduksi keseluruhan air limbah (Riadi dkk., 2014).

Proses elektrokoagulasi juga dipengaruhi oleh pH limbah. Untuk mendapatkan suasana basa, maka pada air limbah sintetis ditambahkan NaOH dan untuk mendapatkan suasana asam, maka ditambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Tingkat penyisihan yang paling baik untuk kekeruhan, COD dan minyak lemak yaitu pada rentang pH 4-10 (Nur dan Jatnika, 2014). Menurut Harif (2012) pada rentang tersebut terjadi proses hidrolisis ion Al yang menghasilkan senyawa Al(OH)<sup>2+</sup>, Al<sub>2</sub>(OH)<sup>24+</sup>, Al(OH)<sup>3+</sup> dan senyawa polimer Al<sub>13</sub>(OH)<sub>32</sub><sup>7+</sup> yang efektif dalam proses koagulasi. Pada pH di bawah 4 senyawa yang terbentuk adalah ion Al<sup>3+</sup>, sedangkan pada pH di atas 10 senyawa yang terbentuk adalah Al(OH)<sup>4-</sup>. Kedua senyawa ini bersifat amfoter dan memiliki sifat kurang efektif dalam proses koagulasi.



Pengaturan kerapatan arus juga penting dalam proses elektrokoagulasi. Kerapatan arus sangat mempengaruhi kecepatan elektrolisis logam anoda dan produksi gelembung secara elektrolitik. Rapat arus (I) didefinisikan sebagai arus (i) yang mengalir pada elektroda dengan luas permukaan (s) dari elektroda. Jika dimensi arus adalah amper dan luas permukaan elektroda adalah cm<sup>-2</sup>, maka dimensi rapat arus adalah amper/cm<sup>2</sup>. Karena reaksi elektrolisis dapat berlangsung pada anoda dan katoda maka rapat arus pun dinyatakan pula sebagai rapat arus anoda dan rapat arus katoda. Eksperimen terdahulu dengan menggunakan metode elektrokoagulasi dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Hasil penelitian terdahulu

No	Penulis	Judul	Efektivitas Penyisihan
1.	Budiany Rachmawati, Yayok Surya P dan Mohamad Mirwan	Proses Elektrokoagulasi Pengolahan Limbah <i>Laundry</i>	TSS = 85% Surfaktan = 60,36%
2.	Hanif	Penurunan Kadar Pencemar Pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan (RPH) dengan Metode Elektrokoagulasi	COD = 76,81% TSS = 96,04%
3.	Salsabila Raiqa	Pengolahan Limbah Cair Pencucian Kendaraan Bermotor Menggunakan Metode Elektrokoagulasi dengan Pasangan Elektroda Aluminium Dan Besi	TSS = 82,89% COD = 98,43 Kekeruhan = 96,08% Surfaktan = 83,47%
4.	Anisa Nur dan Agus Jatnika	Aplikasi Elektrokoagulasi Pasangan Elektroda Aluminium Pada Proses Daur Ulang <i>Grey Water</i> Hotel	Kekeruhan = 87,73% COD = 87,48% Minyak Lemak = 89,79%
5.	Bambang Iswanto	Teknologi Elektrokoagulasi Hasil Penelitian untuk Pengolahan Limbah Domestik	COD = 97,92% Surfaktan = 86,60% Besi = 99,59%

## **BAB III**

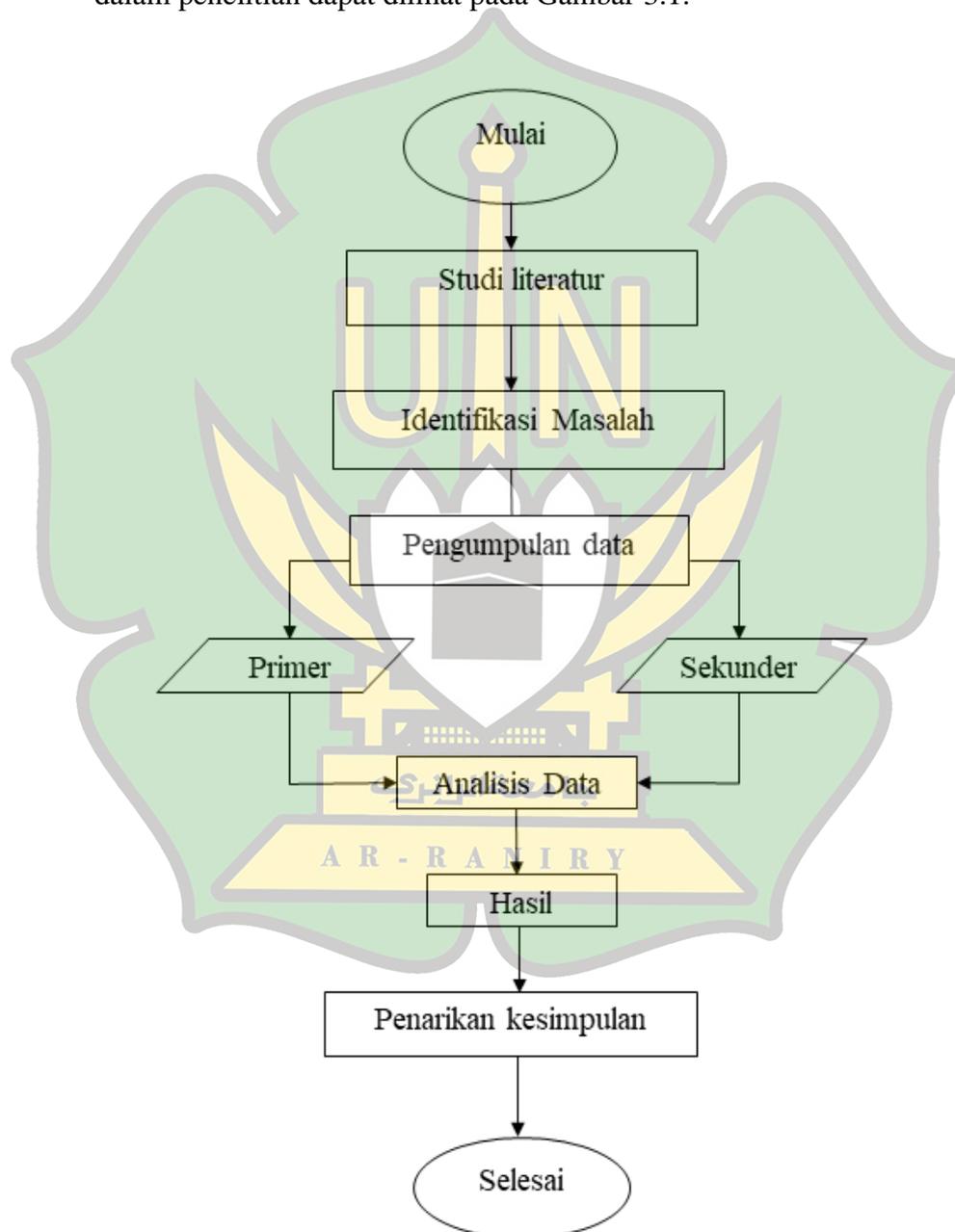
### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tahapan Umum**

Tahapan umum penelitian ini dibagi beberapa tahapan yaitu:

1. Tahap identifikasi masalah, yang bertujuan mengidentifikasi permasalahan yang berkaitan dengan pengolahan limbah cair pembekuan ikan berdasarkan hasil pengamatan dan fakta-fakta yang diperoleh.
2. Tahap mencari studi literatur, dengan tujuan mencari informasi dan mengumpulkan data terkait dengan penelitian baik dari jurnal, buku maupun skripsi.
3. Tahap observasi awal, yang bertujuan untuk mengetahui kondisi lapangan dari tempat pelelangan ikan (TPI) Lampulo tepatnya di salah satu pabrik pembekuan ikan yaitu PT. Yakin Pasifik Tuna, sehingga bisa ditentukan alternatif pengolahan limbah yang sesuai dan lebih inovatif serta lebih efisien.
4. Tahap persiapan, pada tahap ini dilakukan penyiapan alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian dengan tujuan agar waktu dan pekerjaan yang dilakukan bisa lebih efektif.
5. Tahap Pengambilan sampel, bertujuan untuk melakukan analisa awal pada pengujian nilai pH, COD, turbiditas serta TSS yang terdapat dalam limbah tersebut.
6. Tahap pembuatan prototipe reaktor elektrokoagulasi dengan elektroda plat aluminium yang akan digunakan untuk eksperimen penelitian.
7. Tahap eksperimen, adalah tahapan untuk mengetahui variabel yang terjadi selama proses pengolahan limbah cair pembekuan dengan metode elektrokoagulasi dengan menganalisis penurunan kandungan COD, TSS dan turbiditas serta menganalisis perubahan pada nilai pH dengan perbandingan antara hasil uji pendahuluan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

8. Tahap analisis data, tahap ini dilakukan setelah pengolahan sampel air limbah pembekuan ikan yang telah diuji parameternya sehingga menjadi informasi dan bisa dipergunakan untuk menarik kesimpulan.
9. Tahap penarikan kesimpulan, yaitu tahap menjawab pertanyaan-pertanyaan yang menjadi rumusan masalah penelitian. Diagram alir di dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

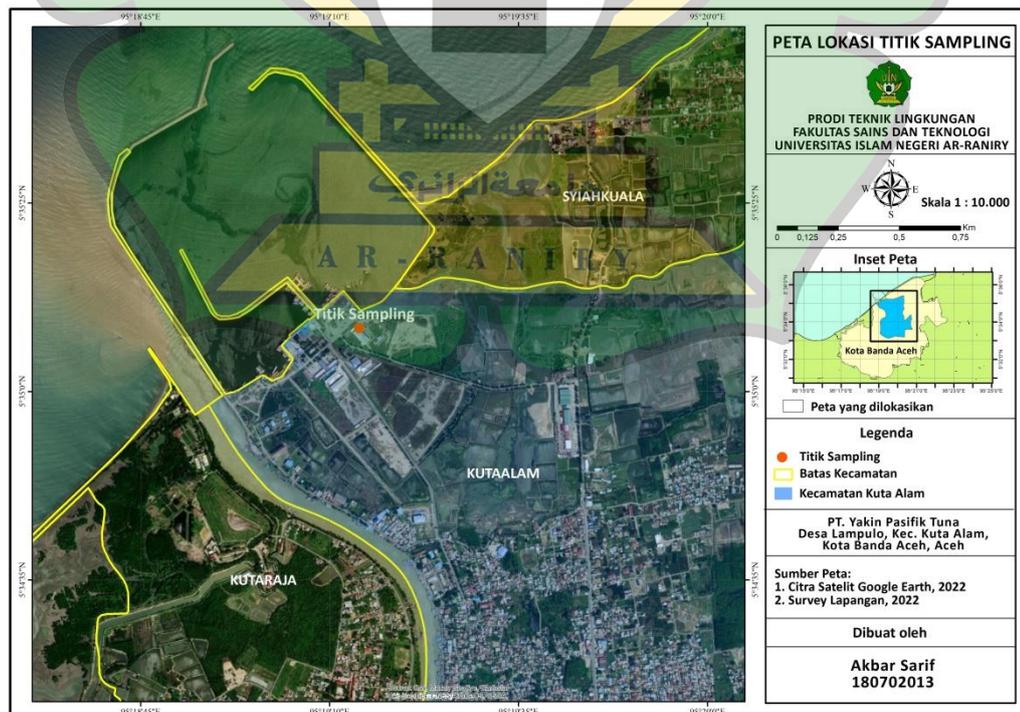


Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

## 3.2 Pengambilan Sampel

### 3.2.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Sampel limbah cair diambil di salah satu pabrik pembekuan ikan yang berada di Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Lampulo, Kecamatan Kuta Alam, Kota Banda Aceh tepatnya di PT. Yakin Pasifik Tuna pada hari senin tanggal 12 September 2022. TPI Lampulo merupakan salah satu pusat perdagangan ikan segar yang terletak di Kota Banda Aceh yang telah ada sejak tahun 2014 silam dan merupakan tempat pelelangan ikan segar yang paling besar di Aceh. Setiap harinya banyak kapal-kapal yang membawa puluhan ton ikan segar dan tak pernah sepi dari aktivitas jual beli. Para pembelinya tidak hanya berasal dari dalam kota, tetapi juga dari daerah lainnya dengan cara di ekspor. Salah satu perusahaan eksportir ikan di TPI Lampulo yaitu PT. Yakin Pasifik Tuna. Peningkatan jumlah pembelian ikan ini berbanding lurus dengan banyaknya limbah yang dihasilkan terutama limbah cair sehingga dapat berpotensi buruk bagi kesehatan lingkungan dan kesehatan manusia. Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.



Gambar 3.2 Peta lokasi pengambilan sampel



Gambar 3.3 Lokasi pabrik pembekuan ikan

### 3.2.2 Teknik pengambilan sampel

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair dari hasil pembekuan ikan di PT. Yakin Pasifik Tuna yang diambil dari saluran masuk tempat pembuangan limbah. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *grab sampling* atau sesaat. Sampel diambil pada saluran sebelum masuk ke tempat pembuangan (SNI 6989.59:2008) dengan tahapan:

1. Sampel diambil langsung dari saluran pembuangan akhir limbah cair PT. Yakin Pasifik Tuna yang berada di Lampulo, Kecamatan Kuta Alam, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh.
2. Sampel dimasukkan ke dalam wadah atau jeriken dengan ketentuan sesuai (SNI 6989.59:2008) sebagai berikut:
  - a. Tidak terbuat dari bahan yang mempengaruhi sifat.
  - b. Dapat dicuci dari bekas sebelumnya dengan mudah.
  - c. Mudah dan nyaman untuk dibawa.
  - d. Mudah dipisahkan kedalam botol penampung tanpa ada bahan sisa tersuspensi di dalamnya.
  - e. Kapasitas tergantung dari tujuan penelitian.

### 3.2.3 Hasil Uji Pendahuluan pada Limbah Cair Pembekuan ikan

Hasil uji pendahuluan pada limbah cair pembekuan ikan di PT. Yakin Pasifik Tuna, Kecamatan Kuta Alam, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil uji pendahuluan limbah cair pembekuan ikan

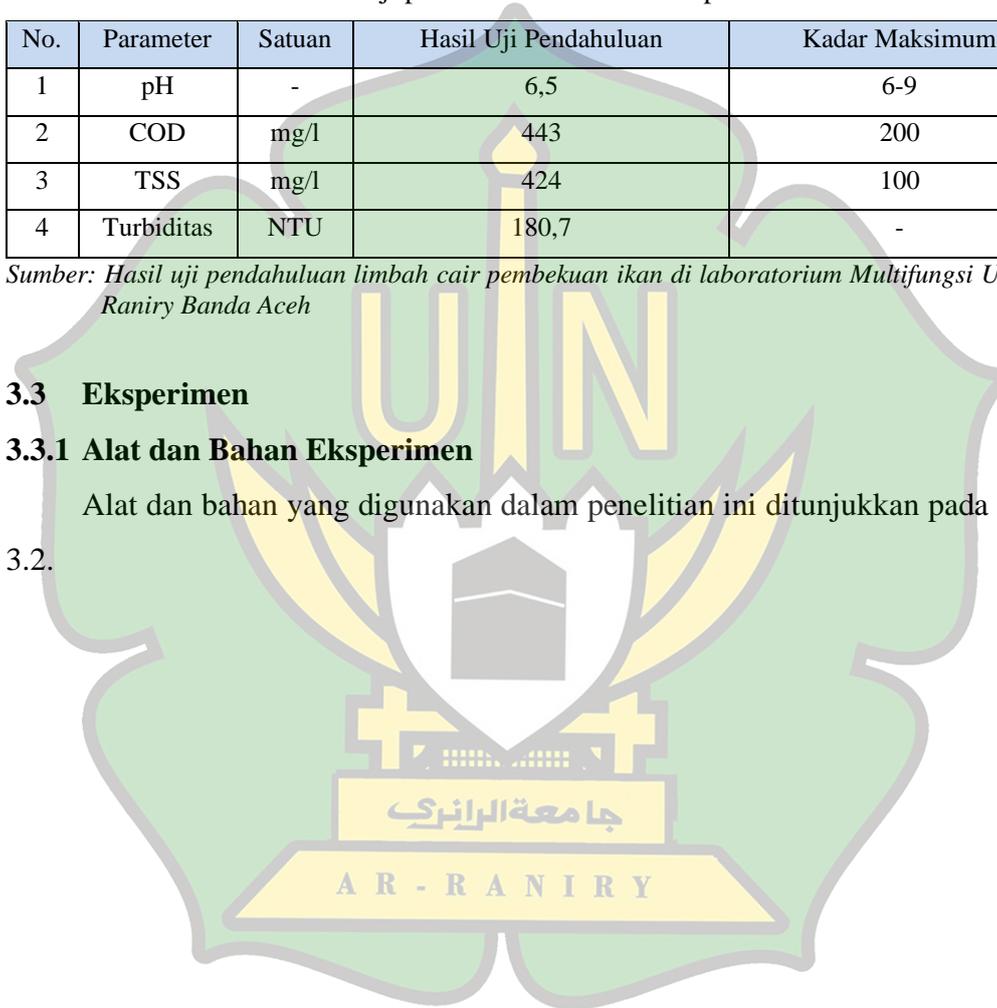
No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji Pendahuluan	Kadar Maksimum
1	pH	-	6,5	6-9
2	COD	mg/l	443	200
3	TSS	mg/l	424	100
4	Turbiditas	NTU	180,7	-

Sumber: Hasil uji pendahuluan limbah cair pembekuan ikan di laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh

## 3.3 Eksperimen

### 3.3.1 Alat dan Bahan Eksperimen

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.2.



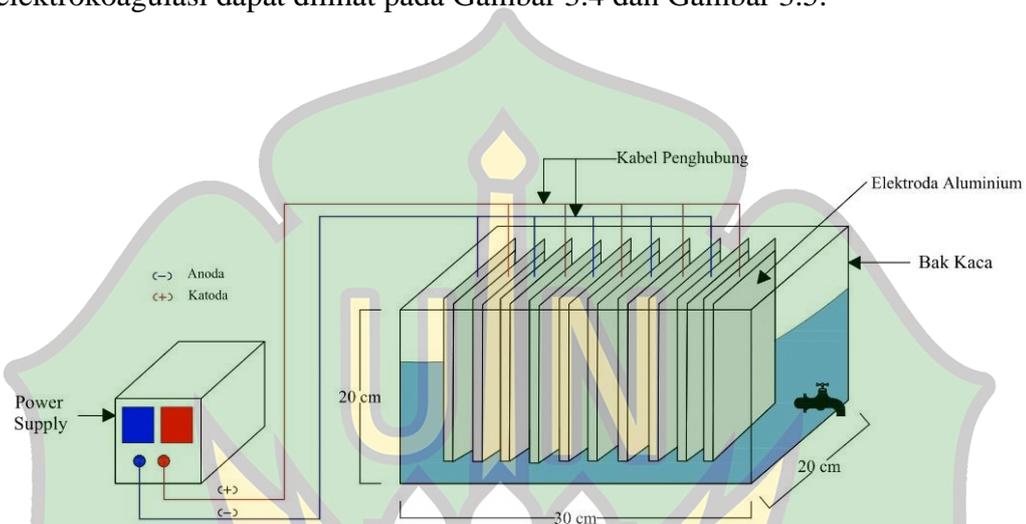
Tabel 3.2 Alat yang digunakan untuk eksperimen

No	Alat dan Bahan	Spesifikasi	Jumlah	Kegunaan
1.	Wadah sampel (jerigen)	1 × 20 L 1 × 10 L	3 buah	Alat penampung limbah
2.	<i>Power supply</i> merek <i>sunshine</i>	Tegangan 15 Volt, kuat arus 2 Ampere	1 buah	Sebagai sumber arus pada proses elektrokoagulasi
3.	Bak kaca	Ketebalan 5 mm, ukuran 30 cm × 20 cm × 20 cm	1 buah	Sebagai media pembuatan reaktor
4.	Plat Aluminium	Ketebalan 1 mm, ukuran 20 cm × 16 cm	10 buah	Sebagai plat elektroda pada proses elektrokoagulasi
5.	Kabel penghubung	Berbahan tembaga yang dibungkus dengan termoplastik	2,5 meter warna hitam dan 2,5 meter warna merah	Digunakan untuk menghubungkan antara plat elektroda dengan <i>power supply</i>
6.	Penjepit buaya	Berbahan dasar besi dengan pengaman berbahan termoplastik	5 buah warna hitam dan 5 buah warna merah	Sebagai penghubung antara kabel dan plat elektroda
7.	Keran	Berbahan dasar plastik dengan katup tekan	1 buah	Berfungsi sebagai saluran yang mengeluarkan sampel dari bak kaca

### 3.3.2 Desain Reaktor Elektrokoagulasi

Desain bak reaktor elektrokoagulasi terbuat berbahan kaca yang memiliki ketebalan 5 mm dengan ukuran 30 cm × 20 cm × 20 cm. Pemilihan material kaca dikarenakan kaca merupakan bahan yang transparan dan tidak menghantarkan

listrik. Reaktor elektrokoagulasi terdiri dari p lat aluminium dengan ketebalan plat 1 mm dan ukuran plat adalah 20 cm × 16 cm pada masing-masing elektroda. Pemilihan material elektroda aluminium dikarenakan logam ini relatif murah, mudah didapat, tidak beracun serta terbukti efektif. Reaktor ini dihubungkan dengan *power supply* untuk memberikan aliran listrik terhadap elektroda. Reaktor elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5.



Gambar 3.4 Desain reaktor elektrokoagulasi



Gambar 3.5 Reaktor elektrokoagulasi

### 3.3.3 Desain Eksperimen

Adapun desain eksperimen terdiri dari:

#### 1. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan beberapa faktor yang diamati serta diukur untuk menentukan pengaruh variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini terdiri dari limbah cair pembekuan ikan, nilai pH, penurunan nilai COD, TSS dan turbiditas.

#### 2. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi perubahan untuk menentukan antara fenomena yang diamati. Variabel bebas pada penelitian ini terdiri dari rapat arus dan waktu kontak dari limbah yang akan diolah. Semakin lama waktu yang digunakan pada proses elektrokoagulasi, maka akan terjadi interaksi antar partikel sehingga banyak ion-ion menempel pada elektroda dan kualitas air limbah yang diolah semakin baik. Waktu kontak yang di variasikan yaitu 30, 60, 90, 120, 150 dan 180 menit. Sedangkan rapat arus akan mempengaruhi perubahan kimia yang mengalir dalam elektrolit. Rapat arus yang di variasikan yaitu  $5 \text{ A/m}^2$ ,  $10 \text{ A/m}^2$  dan  $15 \text{ A/m}^2$  yang dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Variasi eksperimen elektrokoagulasi

Rapat Arus ( $\text{A/m}^2$ )	5	10	15
Waktu Kontak (menit)	30	30	30
	60	60	60
	90	90	90
	120	120	120
	150	150	150
	180	180	180

### 3.3.4 Prosedur Eksperimen Elektrokoagulasi

Prosedur eksperimen elektrokoagulasi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu:

1. Plat elektroda berupa plat Aluminium sebanyak 10 plat dipasang pada bak reaktor dengan ukuran 30 cm × 20 cm × 20 cm.
2. *Power supply* dihubungkan dengan plat elektroda yang telah dipasang pada bak reaktor, kemudian sampel air limbah hasil pembekuan ikan dimasukkan ke dalam bak reaktor sebanyak 8 liter.
3. *Power supply* dinyalakan dengan variasi rapat arus yaitu 5 A/m<sup>2</sup> 10 A/m<sup>2</sup> dan 15 A/m<sup>2</sup>.
4. Waktu kontak yang diberikan dalam pengolahan limbah cair pembekuan ikan dengan variasi waktu 30, 60, 90, 120 dan 180 menit.
5. Kegiatan 1-4 diulangi dengan memvariasikan rapat arus 5 A/m<sup>2</sup>, 10 A/m<sup>2</sup> dan 15 A/m<sup>2</sup> dengan waktu kontaknya selama 30, 60, 90, 120 dan 180 menit.

### 3.4 Pengukuran Parameter Limbah Cair Pembekuan ikan

#### 3.4.1 Bahan Pengukuran

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Bahan-bahan pengukuran

Bahan	Jumlah	Satuan	Kegunaan
Air limbah	16	liter	Sampel yang diuji
Kertas saring whatman 42 µm	19	lembar	Pengujian TSS
Aquadest	2	liter	Pelarut
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	100	ml	Pengujian COD
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	160	ml	Pengujian COD

#### 3.4.2 Prosedur Pengukuran Parameter Limbah Cair Perikanan

1. Pengukuran pH
  - a. Sampel air limbah dikocok hingga homogen.
  - b. Sebuah gelas *beaker pyrex* digunakan untuk menampung hingga 100 mL sampel.
  - c. pH meter diaktifkan dan ujung elektroda pH meter dicelupkan ke dalam sampel.

- d. Tunggu hingga angka yang ditunjukkan pada tampilan pH meter stabil.
- e. Nilai pH yang terbaca dicatat.

## 2. Pengukuran COD

- a. Masukkan 2,5 ml limbah cair ke dalam tabung reaksi menggunakan pipet ukur, diikuti dengan 1,5 ml larutan standar  $K_2Cr_2O_7$  dan 3,5 ml larutan pereaksi asam sulfat ( $H_2SO_4$ ).
- b. Tabung ditutup dan dikocok perlahan sampai isinya tercampur seragam.
- c. Tabung ditempatkan ke dalam *COD Reactor* yang telah dipanaskan hingga suhu  $150\text{ }^\circ\text{C}$  dan dipanaskan selama 2 jam.
- d. Setelah sampel direfluks, sampel didinginkan secara bertahap hingga suhu kamar. Untuk menghindari tekanan gas, penutup sampel uji kadang-kadang dibuka selama pendinginan.
- e. Setelah sampel didinginkan, sampel siap di uji di dalam alat *COD Analyzer Detector*.
- f. Nilai COD yang terbaca dicatat

## 3. Pengukuran TSS

- a. Penyaringan dilakukan melalui penggunaan peralatan penyaringan. Kertas saring dibasahi dengan sedikit air bebas mineral (*aquadest*).
- b. Sampel uji diaduk sampai homogen, kemudian sampel limbah dengan volume 100 ml diambil secara kuantitatif dan ditempatkan pada media filter. Sistem vakum harus dihidupkan.
- c. Bilas media filter tiga kali dengan 10 mL air bebas mineral setiap kali, kemudian vakum filter sampai air habis.
- d. Tempatkan filter serat kaca dengan hati-hati ke dalam media penimbangan setelah melepaskannya dari perangkat filter.
- e. Keringkan media timbang atau cawan yang berisi media saring dalam oven pada suhu  $103\text{ }^\circ\text{C}$  sampai dengan  $105\text{ }^\circ\text{C}$  selama minimal 1 jam, kemudian dinginkan dalam desikator sebelum ditimbang.
- f. Dihitung TSS dan dilaporkan hasil.

#### 4. Pengukuran turbiditas

- a. Kalibrasi alat dilakukan dengan menggunakan larutan standar 0 NTU, 100 NTU, 800 NTU dan 1000 NTU ke dalam turbidimeter, kemudian hasil turbiditas standar dibaca yang tertera pada tampilan turbidimeter.
- b. Tabung turbidimeter dibilas dengan menggunakan aquades dan sampel dimasukkan ke dalam tabung turbidimeter.
- c. Tabung turbidimeter ditutup dan dibersihkan menggunakan tisu sampai bersih dan dimasukkan ke dalam turbidimeter dengan posisi yang benar sesuai tanda.
- d. Tekan tombol *read* pada turbidimeter dan ditunggu beberapa saat hingga hasil turbiditas muncul pada tampilan turbidimeter.
- e. Nilai turbiditas yang terbaca dicatat.

### 3.5 Analisis Data

#### 3.5.1 Efektivitas Penyisihan

Efektivitas penyisihan setiap parameter pencemar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.1).

$$\% \text{ Efektivitas} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% \quad (3.1)$$

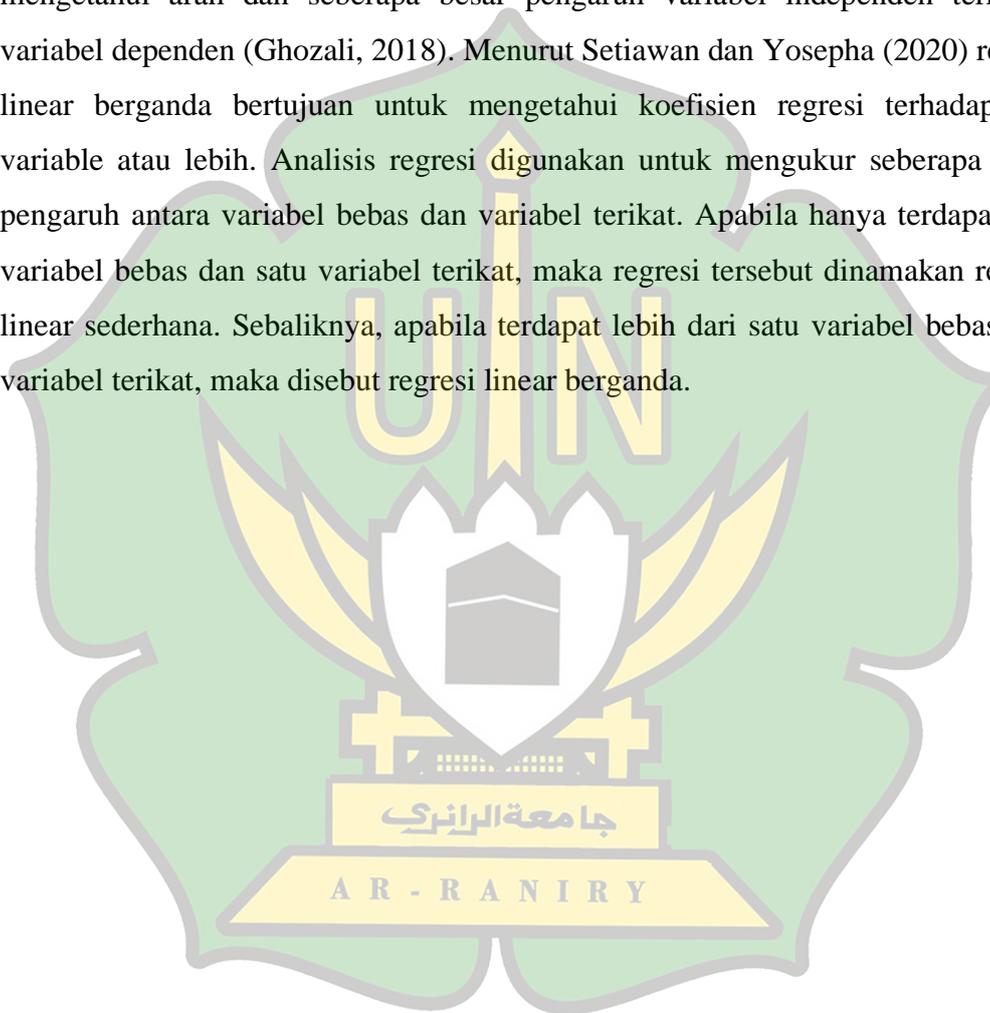
Dengan  $C_0$  adalah kadar sebelum pengolahan air limbah dan  $C_1$  adalah kadar setelah pengolahan air limbah menggunakan metode elektrokoagulasi.

#### 3.5.2 Analisis Statistik

Analisis statistik yang digunakan pada penelitian ini menggunakan sebuah *Software* yang bernama *Statistical Product and Service Solution* (SPSS). SPSS merupakan program komputer statistik yang mampu memproses data statistik dengan akurat (Fauziah dan Karhab, 2019). Untuk membuktikan suatu variabel berpengaruh terhadap variabel lainnya diperlukannya uji linearitas dengan menggunakan *Software* SPSS. Menurut Setiawan dan Yosepha (2020) uji linearitas bertujuan untuk mengetahui apakah dua variabel atau lebih yang diuji

mempunyai hubungan yang linear atau tidak secara signifikan. Uji ini biasanya digunakan sebagai persyaratan dalam analisis kolerasi atau regresi linear sederhana maupun yang berganda.

Regresi linear berganda merupakan model regresi yang melibatkan lebih dari satu variabel independen. Analisis regresi linear berganda dilakukan untuk mengetahui arah dan seberapa besar pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen (Ghozali, 2018). Menurut Setiawan dan Yosepha (2020) regresi linear berganda bertujuan untuk mengetahui koefisien regresi terhadap dua variabel atau lebih. Analisis regresi digunakan untuk mengukur seberapa besar pengaruh antara variabel bebas dan variabel terikat. Apabila hanya terdapat satu variabel bebas dan satu variabel terikat, maka regresi tersebut dinamakan regresi linear sederhana. Sebaliknya, apabila terdapat lebih dari satu variabel bebas atau variabel terikat, maka disebut regresi linear berganda.



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Eksperimen

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan terhadap sampel limbah cair pembekuan ikan dengan parameter COD, TSS, pH serta turbiditas (kekeruhan), limbah cair pembekuan ikan belum layak dibuang ke lingkungan karena beberapa parameter yang diukur tidak memenuhi batas baku mutu yang ditentukan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah sehingga dapat membahayakan lingkungan terutama perairan apabila tidak diolah terlebih dahulu. Hasil pengukuran sampel limbah cair pembekuan ikan sebelum dilakukannya pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil uji kualitas sampel awal limbah cair pembekuan ikan

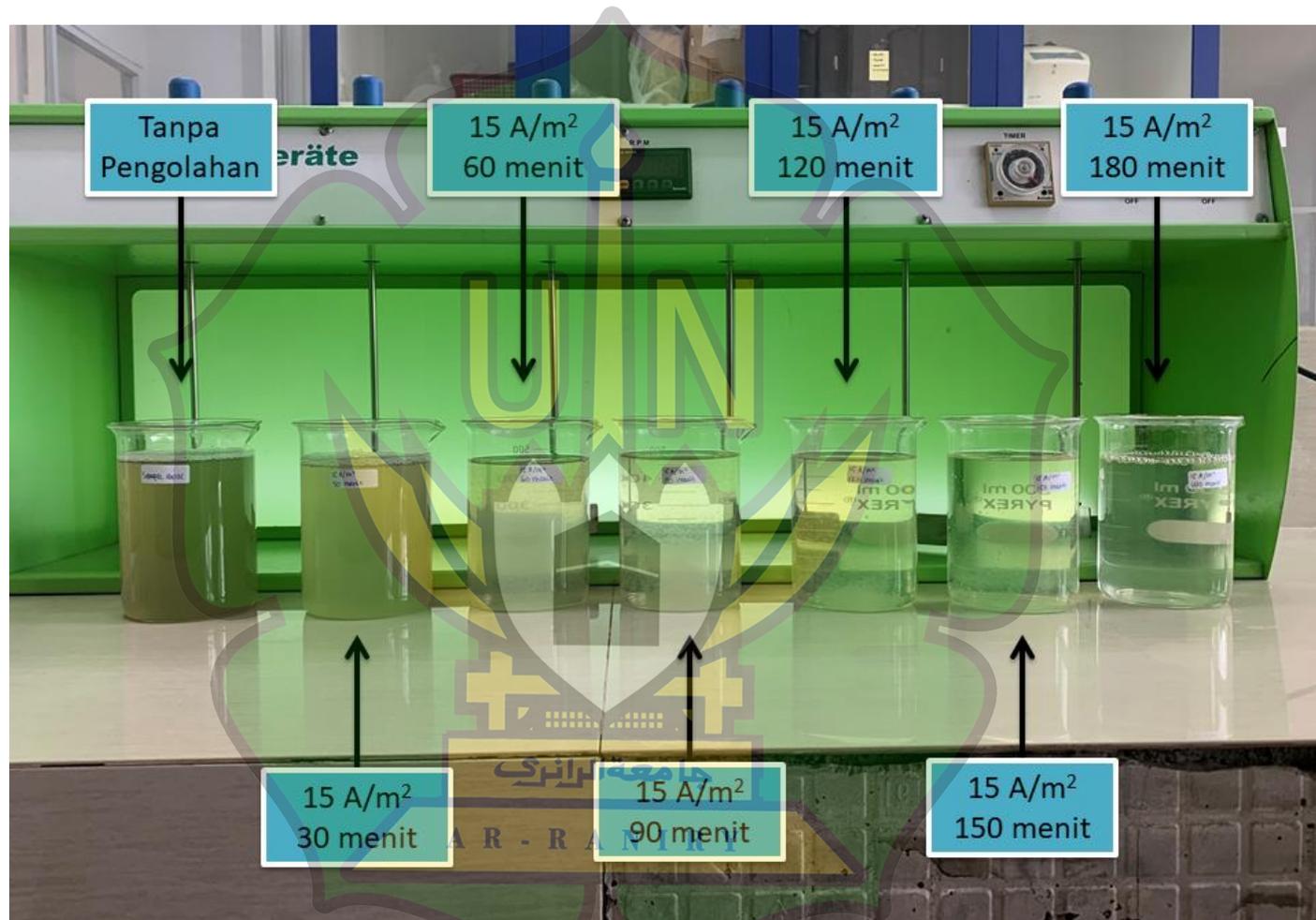
No	Parameter	Satuan	Hasil Pengukuran Awal	Baku Mutu	Batas Baku Mutu
	COD	mg/l	424	200	Tidak memenuhi
	TSS	mg/l	443	100	Tidak memenuhi
	pH	-	6,5	6-9	memenuhi
	Turbiditas	NTU	180,7	-	-

Tabel 4.2 adalah hasil pengujian sampel limbah cair pembekuan ikan setelah dilakukannya proses pengolahan dengan metode elektrokoagulasi berdasarkan variasi rapat arus dan waktu kontak dengan menganalisis parameter COD, TSS, pH serta turbiditas. Berdasarkan Tabel 4.2 hasil analisis parameter limbah cair pembekuan ikan sebelum dilakukannya pengolahan telah melewati batas baku mutu yang ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Setelah dilakukan pengolahan dengan metode elektrokoagulasi limbah cair pembekuan ikan mengalami perubahan yang cukup signifikan baik secara tampilan fisik maupun dari segi parameter pencemarnya. Tampilan fisik dari limbah cair pembekuan ikan yang telah melalui proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Tabel 4.2 Hasil analisis parameter COD, TSS, pH serta turbiditas pada limbah cair pembekuan ikan setelah dilakukannya pengolahan dengan metode elektrokoagulasi.

Rapat Arus ( A/m <sup>2</sup> )	Waktu (Menit)	COD (mg/l)				TSS (mg/L)				pH			Turbiditas (NTU)			
		BM	HPA	HPSE	EP (%)	BM	HPA	HPSE	EP(%)	BM	HPA	HPSE	BM	HPA	HPSE	EP (%)
5	30	200	424	357	15,80	100	443	345	22,12	6-9	6,5	7,1	-	80,7	141,3	21,80
	60			312	26,42			267	39,73			7,3			117,5	34,98
	90			290	31,60			220	50,34			7,5			98,2	45,66
	120			255	39,86			189	57,34			7,6			87,1	51,80
	150			227	46,46			160	63,88			7,7			79,6	55,95
	180			206	51,42			125	71,78			7,8			69,4	61,59
10	30	200	424	313	26,18	100	443	274	38,15	6-9	6,5	7,2	-	80,7	106,5	41,06
	60			286	32,55			199	55,08			7,6			86,2	52,30
	90			259	38,92			140	68,40			8,0			60,8	66,35
	120			228	46,23			92	79,23			8,2			49,1	72,83
	150			196	53,77			71	83,97			8,5			38,9	78,47
	180			183	56,84			53	88,04			8,7			25,3	86,00
15	30	200	424	275	35,14	100	443	196	55,76	6-9	6,5	7,2	-	80,7	90,7	49,81
	60			223	47,41			126	71,56			7,8			63,7	64,75
	90			194	54,25			80	81,94			8,3			45,0	75,10
	120			176	58,49			41	90,74			8,5			33,6	81,41
	150			165	61,08			34	92,33			8,7			27,4	84,84
	180			158	62,74			24	94,58			8,8			13,3	92,64

Keterangan: \*BM (Baku mutu), \*HPA (hasil pengukuran awal), \*HPSE (hasil pengukuran setelah eksperimen), \*EP (efektivitas penyisihan).  
 \*Warna kuning menunjukkan hasil pengolahan yang memenuhi batas baku mutu, \*warna biru menunjukkan efektivitas penyisihan tertinggi.



Gambar 4.1 Penampakan fisik limbah cair pembekuan ikan sebelum dan sesudah pengolahan menggunakan metode elektrokoagulasi dengan variasi rapat arus 15 A/m<sup>2</sup>

## 4.2 Pembahasan

Proses elektrokoagulasi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya ialah rapat arus dan waktu kontak. Pengaruh waktu kontak pada proses elektrokoagulasi yaitu semakin lama waktu kontak yang diberikan dalam proses elektrokoagulasi, maka semakin banyak  $\text{Al}^{3+}$  yang dihasilkan, sehingga semakin banyak pula terbentuknya  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang berfungsi untuk mengikat bahan pencemar (Yunitasari dkk., 2017). Rapat arus juga sangat mempengaruhi keefektifan proses degradasi parameter pencemar yang terdapat pada limbah cair. Penggunaan rapat arus yang besar dapat mempercepat dalam proses elektrokoagulasi. Rapat arus berbanding lurus dengan kuat arus yang mengalir. Semakin tinggi kuat arus yang diberikan maka semakin tinggi pelepasan ion  $\text{Al}^{3+}$  dari elektroda, sehingga membentuk flok  $\text{Al}(\text{OH})_3$  dan di katoda yang menciptakan gelembung gas hidrogen yang berfungsi untuk menaikkan flok tersuspensi yang tidak dapat mengendap di dalam sel (Hanum dkk., 2015). Reaksi reduksi oksidasi (redoks) yang terjadi pada proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada persamaan (4.1) sampai dengan persamaan (4.3).



Sehingga reaksi yang terjadi adalah:



Untuk membuktikan suatu variabel berpengaruh terhadap variabel lainnya diperlukannya uji linearitas dengan menggunakan *Software Statistical Product and Service Solutions* (SPSS). Uji ini digunakan sebagai persyarat dalam analisis kolerasi atau regresi linear. Hasil uji linearitas rapat arus dan waktu kontak terhadap penyisihan parameter pencemar pada limbah cair pembekuan ikan dapat dilihat pada Tabel 4.3 .

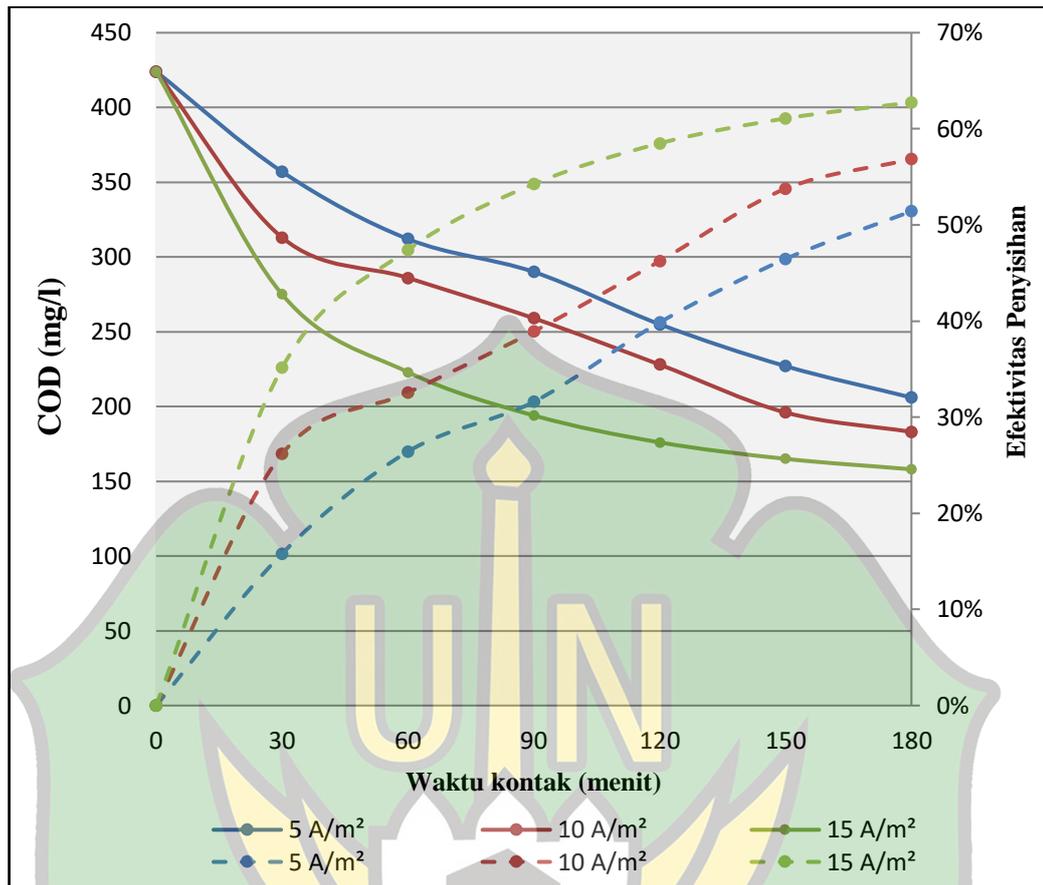
Tabel 4.3 Hasil uji linearitas menggunakan SPSS

Variabel Bebas	Signifikansi penyimpangan dari linearitas				Probabilitas signifikasi	Keterangan
	COD	TSS	pH	Turbiditas		
Raspar arus (A/m <sup>2</sup> )	0,869	0,866	0,655	0,688	>0,05	Rapat arus mempengaruhi penyisihan parameter COD, TSS, pH dan turbiditas
Waktu kontak (menit)	0,114	0,102	0,526	0,146		Waktu kontak mempengaruhi penyisihan parameter COD, TSS, pH dan turbiditas

Tabel 4.3 menunjukkan hasil uji linearitas dengan menggunakan *software* SPSS untuk melihat pengaruh rapat arus dan waktu kontak terhadap penyisihan parameter pencemar pada limbah cair pembekuan ikan. Menurut Setiawan dan Yosepha (2020) Jika nilai probabilitas  $> 0,05$  maka hubungan antara variable (X) dengan (Y) adalah linear sedangkan Jika nilai probabilitas  $< 0,05$  maka hubungan antara variable (X) dengan (Y) adalah tidak linear. Berdasarkan Tabel 4.3 rapat arus dan waktu kontak dapat mempengaruhi penyisihan parameter pencemar pada limbah cair pembekuan ikan.

#### 1. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, hasil pengukuran COD sebelum pengolahan adalah 442 mg/l. Setelah dilakukannya pengolahan dengan metode elektrokoagulasi terjadinya perubahan pada nilai COD yang semakin menurun. Grafik perubahan kadar pencemar COD pada limbah cair pembekuan ikan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



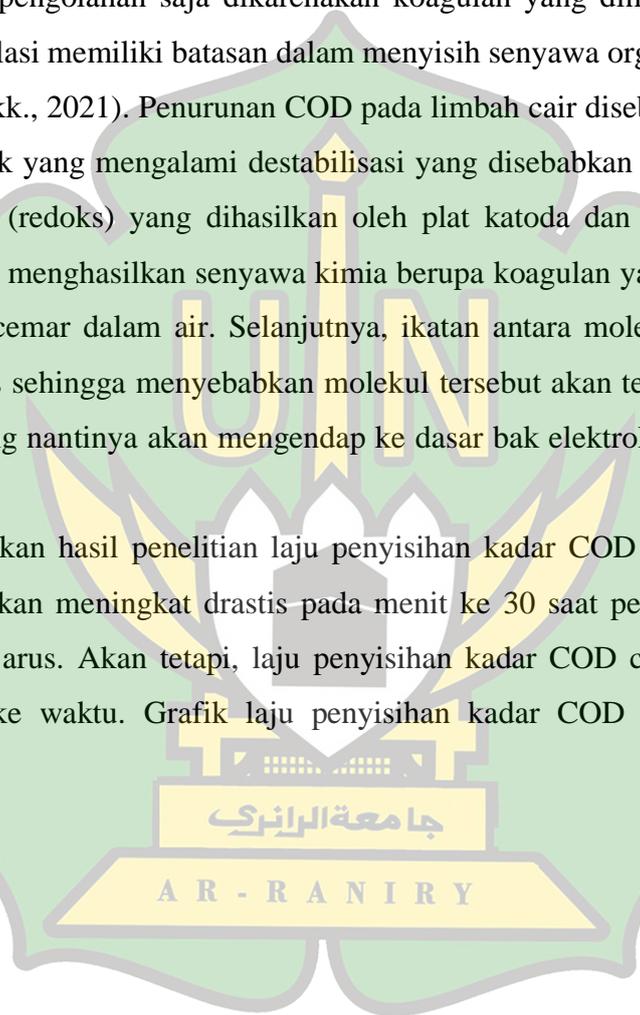
Gambar 4.2 Grafik perubahan kadar COD dalam limbah cair pembekuan ikan

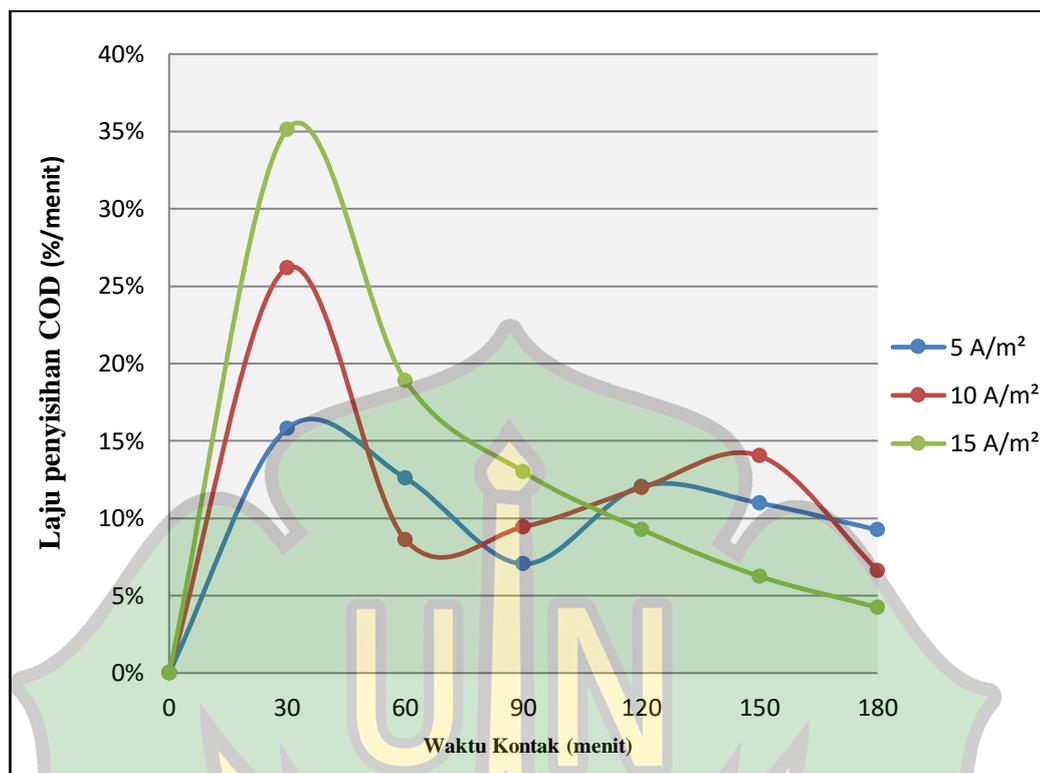
Berdasarkan Gambar 4.2 rapat arus dan waktu kontak dalam metode elektrokoagulasi dapat mendegradasi parameter COD yang terdapat pada limbah cair pembekuan ikan. Limbah kegiatan industri pembekuan ikan terutama pembekuan ikan umumnya berupa air dan darah ikan yang mengandung karbohidrat, protein, garam mineral dan sisa-sisa bahan kimia yang digunakan dalam pengolahan dan pembersihan (Saputra dkk., 2016). Penurunan konsentrasi COD disebabkan oleh reaksi reduksi dan oksidasi yang terjadi di anoda dan katoda. Pemberian arus listrik menyebabkan terjadinya perpindahan elektron dari elektroda ke larutan elektrolit yang kemudian mengikat zat dan senyawa organik dan anorganik dalam limbah cair (Prosperity dkk., 2021).

Gambar 4.2 juga menunjukkan efektivitas penurunan nilai COD tertinggi terdapat pada rapat arus  $15 \text{ A/m}^2$  dengan waktu kontak 180 menit dengan nilai sebesar  $158 \text{ mg/l}$  dan memiliki efektivitas penurunan kadar pencemar COD

mencapai 62,74% sedangkan efektifitas terendah pada waktu kontak 180 menit terdapat pada rapat arus  $5 \text{ A/m}^2$  dengan nilai sebesar 206 mg/l dan efektifitas penurunan kadar pencemar mencapai 51,42%. Penurunan kadar COD relatif lebih rendah dibandingkan dengan penurunan kadar TSS dan turbiditas. Hal ini disebabkan karena penyisihan senyawa organik tidak bisa dilakukan hanya dengan satu pengolahan saja dikarenakan koagulan yang dihasilkan dari proses elektrokoagulasi memiliki batasan dalam menyisih senyawa organik dalam larutan (Hidayanti dkk., 2021). Penurunan COD pada limbah cair disebabkan oleh bahan-bahan organik yang mengalami destabilisasi yang disebabkan oleh reaksi reduksi dan oksidasi (redoks) yang dihasilkan oleh plat katoda dan anoda yang dialiri listrik hingga menghasilkan senyawa kimia berupa koagulan yang dapat mengikat molekul pencemar dalam air. Selanjutnya, ikatan antara molekul bahan organik akan terputus sehingga menyebabkan molekul tersebut akan teradsorpsi oleh flok koagulan yang nantinya akan mengendap ke dasar bak elektrokoagulasi (Dewanti dkk., 2019).

Berdasarkan hasil penelitian laju penyisihan kadar COD dalam limbah cair pembekuan ikan meningkat drastis pada menit ke 30 saat pengolahan di semua variasi rapat arus. Akan tetapi, laju penyisihan kadar COD cenderung menurun dari waktu ke waktu. Grafik laju penyisihan kadar COD dapat dilihat pada Gambar 4.3.





Gambar 4.3 Laju penyisihan kadar COD

Berdasarkan Gambar 4.3 laju penyisihan kadar COD meningkat seiring dengan besarnya rapat arus yang digunakan. Akan tetapi laju penyisihan kadar COD cenderung berkurang dari waktu ke waktu yang mengakibatkan persentase penyisihannya relatif menurun. Berdasarkan hasil pengamatan hal ini disebabkan karena adanya penumpukan flok pada permukaan elektroda yang mengakibatkan pelepasan koagulan yang dihasilkan elektroda menjadi kurang optimal. Peristiwa ini disebut dengan pasivasi elektroda. Menurut Hidayanti dkk (2021) pasivasi elektroda merupakan peristiwa terbentuknya lapisan penghambat pada permukaan elektroda logam yang biasanya merupakan senyawa logam oksida  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Pasivasi pada elektroda dapat menghambat desolusi anoda dan transfer elektron sehingga produksi koagulan akan menurun. Peristiwa pasivasi elektroda dapat dipengaruhi oleh waktu operasi elektrokoagulasi dimana semakin lama waktu operasi elektrokoagulasi maka lapisan endapan (flok) pada permukaan elektroda akan mengalami penebalan sehingga dapat menurunkan laju efisiensi penyisihan terhadap polutan.

Berdasarkan Tabel 4.3 hasil analisis uji linearitas menunjukkan bahwa *output* nilai *sig. deviation from linearity* yang didapatkan yaitu  $0,869 > 0,05$  untuk rapat arus dengan COD dan  $0,114 > 0,05$  untuk waktu kontak dengan COD yang berarti rapat arus dan waktu kontak memiliki hubungan linear yang signifikan terhadap penyisihan parameter COD dalam limbah cair. Berdasarkan hasil uji regresi linear berganda diketahui seluruh variabel bebas dapat mempengaruhi perubahan variabel terikat sebesar 0,934 (93,4%) atau dengan kata lain rapat arus dan waktu kontak secara simultan (bersama-sama) dapat mempengaruhi nilai COD sebesar 93,4% sedangkan sisanya 6,6% dipengaruhi variabel diluar penelitian. Hasil analisis uji regresi linear berganda dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil analisis uji regresi linear berganda COD

Koefisien <sup>a</sup>					
Model	Koefisien tidak standar		Koefisien Standar	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Konstanta)	439,583	21,221		20,715	,000
Waktu Kontak	-1,211	,116	-,877	-10,411	,000
Rapat Arus	-6,514	1,709	-,321	-3,812	,001

Berdasarkan Tabel 4.4 didapatkan persamaan (4.4).

$$Y = a + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$$

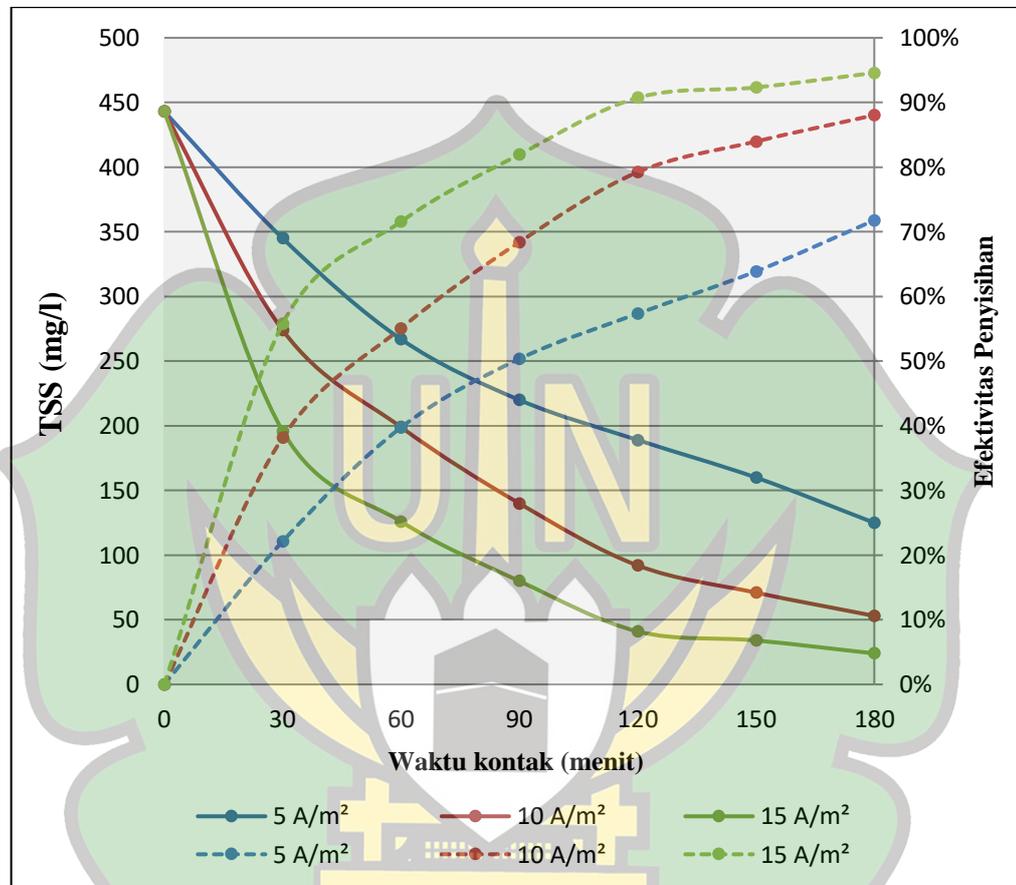
$$Y = 439,583 - 1,211x_1 - 6,514x_2 \quad (4.4)$$

Dari persamaan tersebut dapat diasumsikan apabila rapat arus bernilai tetap (tidak berubah), maka setiap peningkatan waktu kontak 1 menit akan menurunkan nilai COD sebesar 1,211 mg/l dan apabila diasumsikan waktu kontak tetap (tidak berubah) maka setiap peningkatan rapat arus 1 A/m<sup>2</sup> akan menurunkan nilai COD sebesar 6,514 mg/l.

## 2. Total Suspended Solid (TSS)

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan, hasil pengukuran TSS sebelum pengolahan adalah 443 mg/l. Setelah dilakukannya pengolahan dengan metode elektrokoagulasi terjadinya perubahan pada nilai TSS yang semakin

menurun hingga mencapai batas baku mutu yang ditentukan dalam PerMen LH No. 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah. Grafik perubahan kadar TSS dalam limbah cair pembekuan ikan dapat dilihat pada Gambar 4.4.

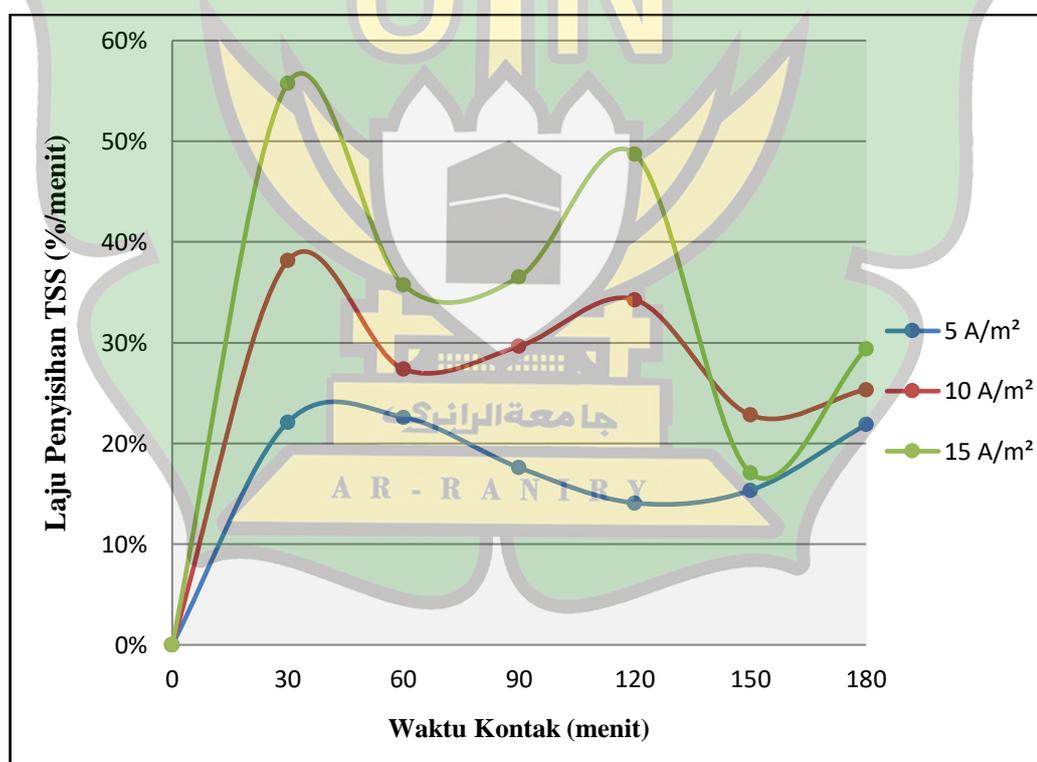


Gambar 4.4 Grafik perubahan kadar TSS dalam limbah cair pembekuan ikan

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa rapat arus dan waktu kontak dalam metode elektrokoagulasi dapat menurunkan kadar *Total Suspended Solid* (TSS) yang terdapat pada limbah cair pembekuan ikan. Nilai TSS yang awalnya 443 mg/l dapat diturunkan hingga nilai 24 mg/l pada variasi rapat arus 15 A/m<sup>2</sup> dengan waktu kontak 180 menit. Efektivitas degradasi parameter pencemar tertinggi terjadi pada rapat arus 15 A/m<sup>2</sup> dengan persentase mencapai 94,58%. Sedangkan efektivitas degradasi parameter pencemar terendah terjadi pada rapat arus 5 A/m<sup>2</sup> dengan persentase 71,78%. Penuruna kadar TSS disebabkan karena, anoda yang terdapat pada proses elektrokoagulasi melepaskan koagulan aktif berupa ion Al<sup>3+</sup>

ke dalam limbah cair, sedangkan pada katoda terjadinya pelepasan gas hidrogen ( $H_2$ ) dan ion hidroksida ( $OH^-$ ) yang dapat membentuk flok pada larutan berupa flok  $Al(OH)_3$  yang dapat mengikat padatan tersuspensi yang menjadi kontaminan pada limbah cair pembekuan ikan (Ni'am dkk., 2017).

Berdasarkan hasil penelitian, laju penyisihan kadar TSS dalam limbah cair pembekuan ikan meningkat drastis pada menit ke 30 saat pengolahan berlangsung di semua variasi rapat arus. Akan tetapi, laju penyisihan kadar TSS cenderung mengalami fluktuasi dimana laju penyisihan menurun pada menit ke 60 dan kembali mengalami sedikit peningkatan pada menit ke 120 pada rapat arus 10  $A/m^2$  dan 15  $A/m^2$ . Akan tetapi, laju penyisihan kadar TSS kembali mengalami peningkatan pada menit ke 180 waktu pengolahan pada semua variasi rapat arus. Grafik laju penyisihan kadar TSS dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Laju penyisihan kadar TSS

Berdasarkan Gambar 4.5 laju penyisihan kadar TSS mengalami fluktuasi peningkatan dan penurunan yang cukup signifikan. Laju penyisihan kadar TSS

yang berfluktuasi disebabkan oleh variabel diluar penelitian. Berdasarkan prosedur penelitian yang telah dikerjakan pengambilan sampel dilakukan melalui keran yang terdapat pada bak elektrokoagulasi. Hal ini menyebabkan masuknya flok yang melayang ke dalam botol sampel yang akan diuji sehingga hasil laju penyisihan kadar TSS menjadi berfluktuasi. Laju penyisihan pada setiap variasi rapat arus juga berbeda-beda di waktu kontak yang sama. Hal ini disebabkan karena besar tegangan yang digunakan dapat mempengaruhi laju penyisihan. Semakin besar tegangan elektrokoagulasi maka semakin besar pula pengurangan anoda sehingga semakin banyak koagulan yang dikeluarkan pada larutan. Laju penyisihan bergantung pada dosis koagulan yang dapat meningkatkan jumlah flok yang terikat sehingga polutan dapat tersisihkan (Hidayanti dkk., 2021).

Hasil analisis uji linearitas menunjukkan bahwa *output* nilai *sig. deviation from linearity* yang didapatkan yaitu  $0,866 > 0,05$  untuk rapat arus dengan TSS dan  $0,102 > 0,05$  untuk waktu kontak dengan TSS yang berarti rapat arus dan waktu kontak memiliki hubungan linear yang signifikan terhadap penyisihan parameter TSS dalam limbah cair.

Berdasarkan hasil uji regresi linear berganda diketahui seluruh variabel bebas dapat mempengaruhi perubahan variabel terikat sebesar 0,922 (92,2%) atau dengan kata lain rapat arus dan waktu kontak secara simultan (bersama-sama) dapat mempengaruhi nilai TSS sebesar 92,2% sedangkan sisanya 7,8% dipengaruhi variabel diluar penelitian. Hasil analisis uji regresi linear berganda dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil analisis uji regresi linear berganda TSS

Koefisien <sup>a</sup>					
Model	Koefisien tidak standar		Koefisien standar	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Konstanta)	473,488	36,843		12,851	,000
Waktu Kontak	-1,885	,202	-,852	-9,338	,000
Rapat Arus	-11,500	2,967	-,353	-3,876	,001

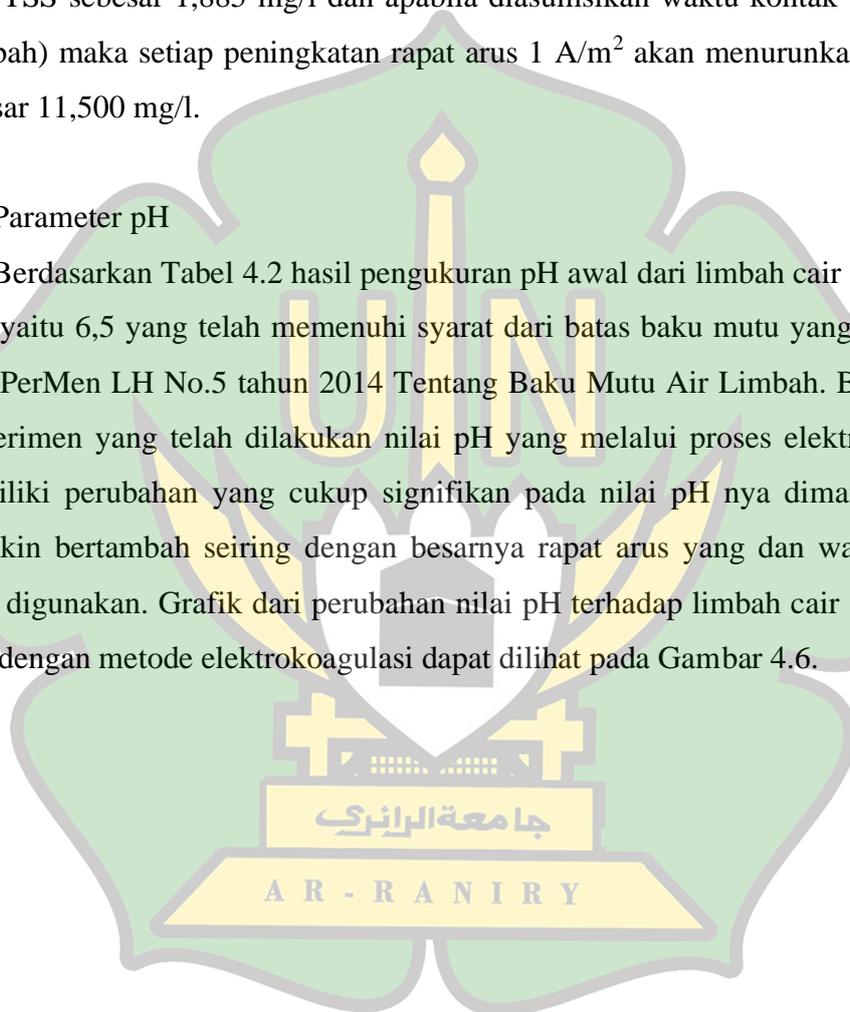
Berdasarkan Tabel 4.5 didapatkan persamaan (4.5).

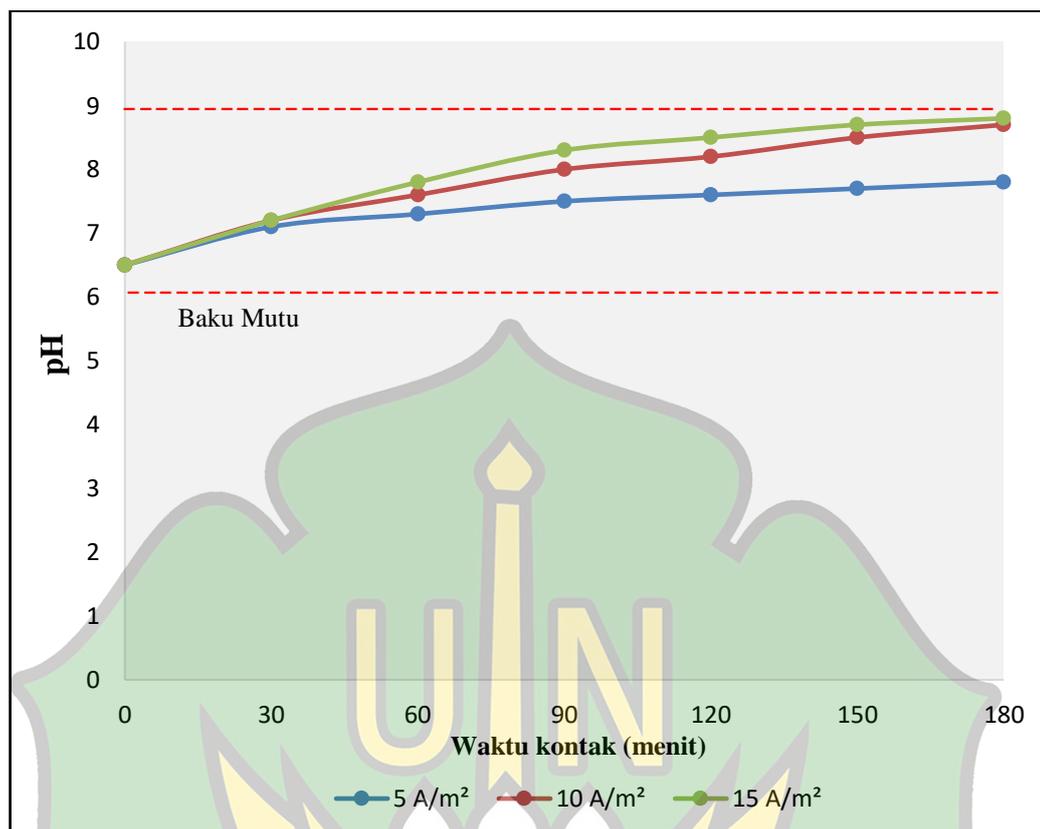
$$Y = a + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$$
$$Y = 473,488 - 1,885x_1 - 11,500x_2 \quad (4.5)$$

Dari persamaan tersebut dapat diasumsikan apabila rapat arus bernilai tetap (tidak berubah), maka setiap peningkatan waktu kontak 1 menit akan menurunkan nilai TSS sebesar 1,885 mg/l dan apabila diasumsikan waktu kontak tetap (tidak berubah) maka setiap peningkatan rapat arus 1 A/m<sup>2</sup> akan menurunkan nilai TSS sebesar 11,500 mg/l.

### 3. Parameter pH

Berdasarkan Tabel 4.2 hasil pengukuran pH awal dari limbah cair pembekuan ikan yaitu 6,5 yang telah memenuhi syarat dari batas baku mutu yang ditetapkan oleh PerMen LH No.5 tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan nilai pH yang melalui proses elektrokoagulasi memiliki perubahan yang cukup signifikan pada nilai pH nya dimana nilainya semakin bertambah seiring dengan besarnya rapat arus yang dan waktu kontak yang digunakan. Grafik dari perubahan nilai pH terhadap limbah cair pembekuan ikan dengan metode elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 4.6.





Gambar 4.6 Grafik perubahan nilai pH limbah cair pembekuan ikan

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa nilai pH pada limbah cair pembekuan ikan memiliki perubahan yang cenderung naik yaitu dari 6,5 menjadi 8,8 pada rapat arus 15 A/m<sup>2</sup> dengan waktu kontak 180 menit. Berdasarkan Gambar 4.4 diketahui bahwa selama proses elektrokoagulasi, pH larutan mengalami perubahan dan cenderung semakin meningkat pada setiap waktu. Hal ini disebabkan karena pada proses elektrokoagulasi peningkatan pH berbanding lurus peningkatan konsentrasi dari ion (OH<sup>-</sup>) didalam larutan yang terbentuk karena reduksi air pada katoda (Hidayanti dkk., 2021). Hasil analisis uji linearitas pada nilai pH menunjukkan bahwa *output* nilai *sig. deviation from linearity* yang didapatkan yaitu 0,655 > 0,05 untuk rapat arus dengan pH dan 0,526 > 0,05 untuk waktu kontak dengan pH yang berarti rapat arus dan waktu kontak memiliki hubungan linear yang signifikan terhadap perubahan nilai pH dalam limbah cair.

Berdasarkan hasil uji regresi linear berganda diketahui seluruh variabel bebas dapat mempengaruhi perubahan variabel terikat sebesar 0,934 (93,4%) atau

dengan kata lain rapat arus dan waktu kontak secara simultan (bersama-sama) dapat mempengaruhi nilai pH sebesar 93,4% sedangkan sisanya 6,6% dipengaruhi variabel diluar penelitian. Hasil analisis regresi linear berganda dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil analisis uji regresi linear berganda nilai pH

Koefisien <sup>a</sup>					
Model	Koefisien tidak standar		Koefisien standar	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Konstanta)	6,179	,182		33,859	,000
Waktu Kontak	,010	,001	,864	10,238	,000
Rapat Arus	,061	,015	,353	4,180	,001

Berdasarkan Tabel 4.6 didapatkan persamaan (4.6)

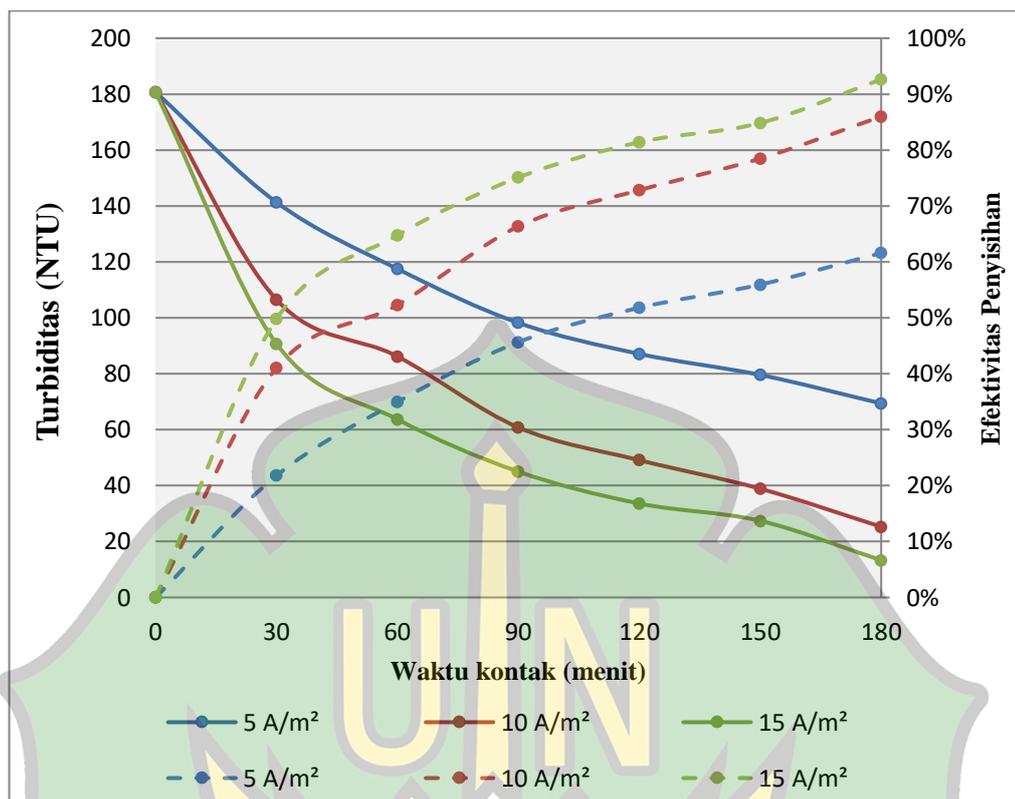
$$Y = a + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$$

$$Y = 6,179 + 0,010x_1 + 0,061x_2 \quad (4.6)$$

Dari persamaan tersebut dapat diasumsikan apabila rapat arus bernilai tetap (tidak berubah), maka setiap peningkatan waktu kontak 1 menit akan menaikkan nilai pH sebesar 0,010 dan apabila diasumsikan waktu kontak tetap (tidak berubah) maka setiap peningkatan rapat arus 1 A/m<sup>2</sup> akan menaikkan nilai pH sebesar 0,061.

#### 4. Turbiditas (Kekeruhan)

Berdasarkan Tabel 4.2 kadar turbiditas pada limbah cair pembekuan ikan mengalami perubahan yang cenderung menurun. Efektivitas penyisihan turbiditas tertinggi terjadi pada rapat arus 15 A/m<sup>2</sup> dan waktu kontak 180 menit dengan persentase mencapai 92,64%. Sedangkan efektivitas penyisihan turbiditas terendah terjadi pada rapat arus 5 A/m<sup>2</sup> dan waktu kontak 180 menit dengan persentase mencapai 61,59%. Grafik penurunan kadar turbiditas yang terjadi pada limbah pembekuan ikan dapat dilihat pada Gambar 4.7.

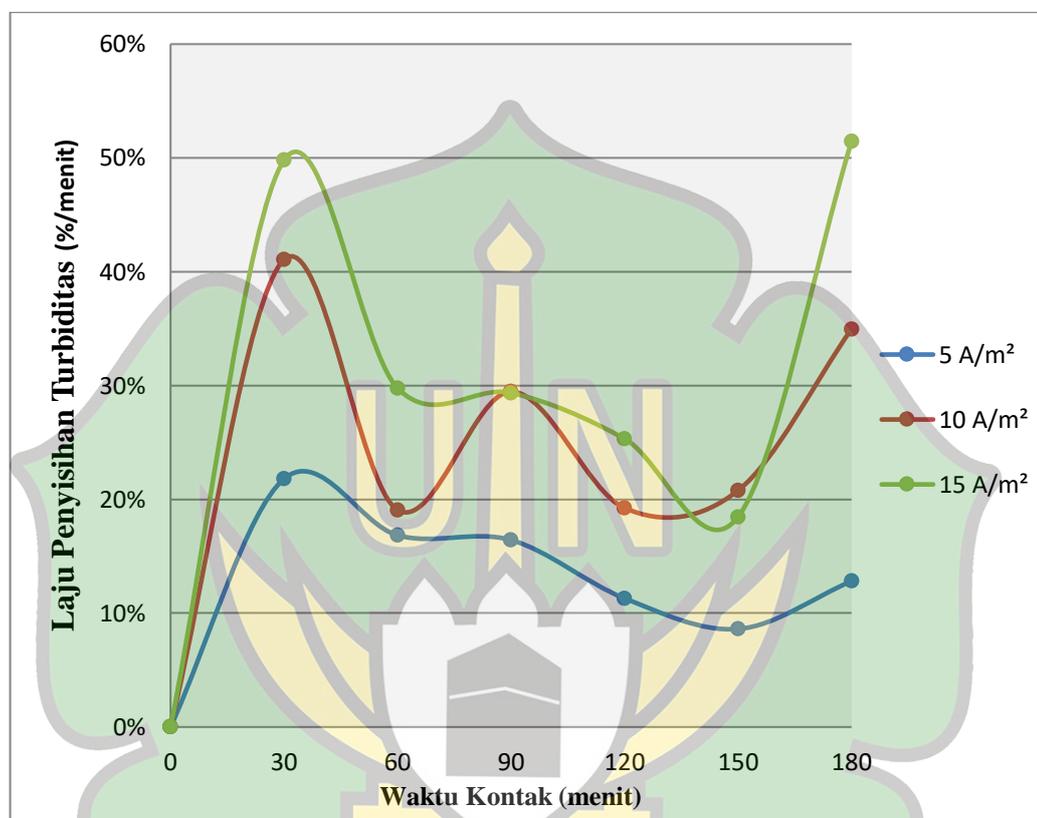


Gambar 4.7 Grafik perubahan kadar turbiditas limbah cair pembekuan ikan

Gambar 4.7 menunjukkan terjadinya perubahan yang signifikan terhadap kadar turbiditas yang semakin menurun seiring dengan penambahan rapat arus dan lama waktu kontak yang digunakan. Hal ini disebabkan karena proses elektrokoagulasi akan menghasilkan senyawa  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang merupakan senyawa koagulan yang dapat mengikat kadar pencemar didalam suatu larutan menjadi flok dan *foam*. semakin tinggi kuat arus yang diberikan maka semakin tinggi pelepasan ion  $\text{Al}^{3+}$  dari elektroda, sehingga membentuk flok  $\text{Al}(\text{OH})_3$  dan di katoda yang menciptakan gelembung gas hidrogen yang berfungsi untuk menaikkan flok tersuspensi yang tidak dapat mengendap di dalam sel menjadi *foam* (Hanum dkk., 2015). Berdasarkan pengamatan semakin banyak flok dan *foam* yang terbentuk maka semakin tinggi tingkat penyisihan polutan yang terjadi pada suatu larutan.

Berdasarkan hasil penelitian, laju penyisihan kadar turbiditas dalam limbah cair pembekuan ikan mengalami peningkatan pada menit ke 30 saat pengolahan berlangsung di semua variasi rapat arus. Akan tetapi, laju penyisihan kadar

turbiditas cenderung mengalami fluktuasi dimana laju penyisihan menurun dan kembali mengalami peningkatan pada menit ke 180 waktu pengolahan. Grafik laju penyisihan kadar turbiditas dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik laju penyisihan kadar turbiditas

Berdasarkan Gambar 4.8 menunjukkan laju penyisihan turbiditas mengalami fluktuasi. Laju penyisihan mengalami peningkatan yang drastis pada waktu kontak 30 menit dan cenderung menurun pada menit-menit berikutnya. Hal ini disebabkan karena jumlah partikel koloid yang dapat terikat dengan senyawa koagulan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  masih banyak sehingga laju penyisihan pada waktu kontak 30 menit relatif tinggi. Laju penyisihan turbiditas yang menurun pada menit-menit berikutnya disebabkan karena partikel koloid yang dapat terikat dengan koagulan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  terbatas yang mengakibatkan laju penyisihan cenderung menurun. Akan tetapi, laju penyisihan turbiditas kembali mengalami peningkatan pada waktu kontak 180 menit. Hal ini disebabkan karena massa jenis flok sudah lebit berat

dibandingkan dengan massa jenis air sehingga flok mudah mengendap. Berdasarkan hasil pengamatan sampel limbah cair yang dimasukkan kedalam tabung turbidimeter memiliki endapan pada dasar sampel yang menyebabkan tingkat turbiditas pada sampel relatif rendah sehingga laju penyisihan turbiditasnya menjadi tinggi.

Hasil analisis uji linearitas pada turbiditas (kekeruhan) menunjukkan bahwa *output* nilai *sig. deviation from linearity* yang didapatkan yaitu  $0,688 > 0,05$  untuk rapat arus dengan Turbiditas dan  $0,146 > 0,05$  untuk waktu kontak dengan turbiditas yang berarti rapat arus dan waktu kontak memiliki hubungan linear yang signifikan terhadap penyisihan parameter turbiditas dalam limbah cair.

Berdasarkan hasil uji regresi linear berganda diketahui seluruh variabel bebas dapat mempengaruhi perubahan variabel terikat sebesar 0,921 (92,1%) atau dengan kata lain rapat arus dan waktu kontak secara simultan (bersama-sama) dapat mempengaruhi nilai turbiditas sebesar 92,1% sedangkan sisanya 7,9% dipengaruhi variabel diluar penelitian. Hasil analisis regresi linear berganda dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil analisis uji regresi linear berganda turbiditas

Koefisien <sup>a</sup>					
Model	Koefisien tidak standar		Koefisien standar	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Konstanta)	193,939	14,114		13,741	,000
Waktu Kontak	-,708	,077	-,843	-9,159	,000
Rapat Arus	-4,563	1,137	-,370	-4,014	,001

Berdasarkan Tabel 4.7 didapatkan persamaan (4.7)

$$Y = a + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$$

$$Y = 193,939 - 0,708x_1 - 4,563x_2 \quad (4.7)$$

Dari persamaan tersebut dapat diasumsikan apabila rapat arus bernilai tetap (tidak berubah), maka setiap peningkatan waktu kontak 1 menit akan menurunkan nilai turbiditas sebesar 0,708 NTU dan apabila diasumsikan waktu kontak tetap (tidak berubah) maka setiap peningkatan rapat arus 1 A/m<sup>2</sup> akan menurunkan nilai turbiditas sebesar 4,563 NTU.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

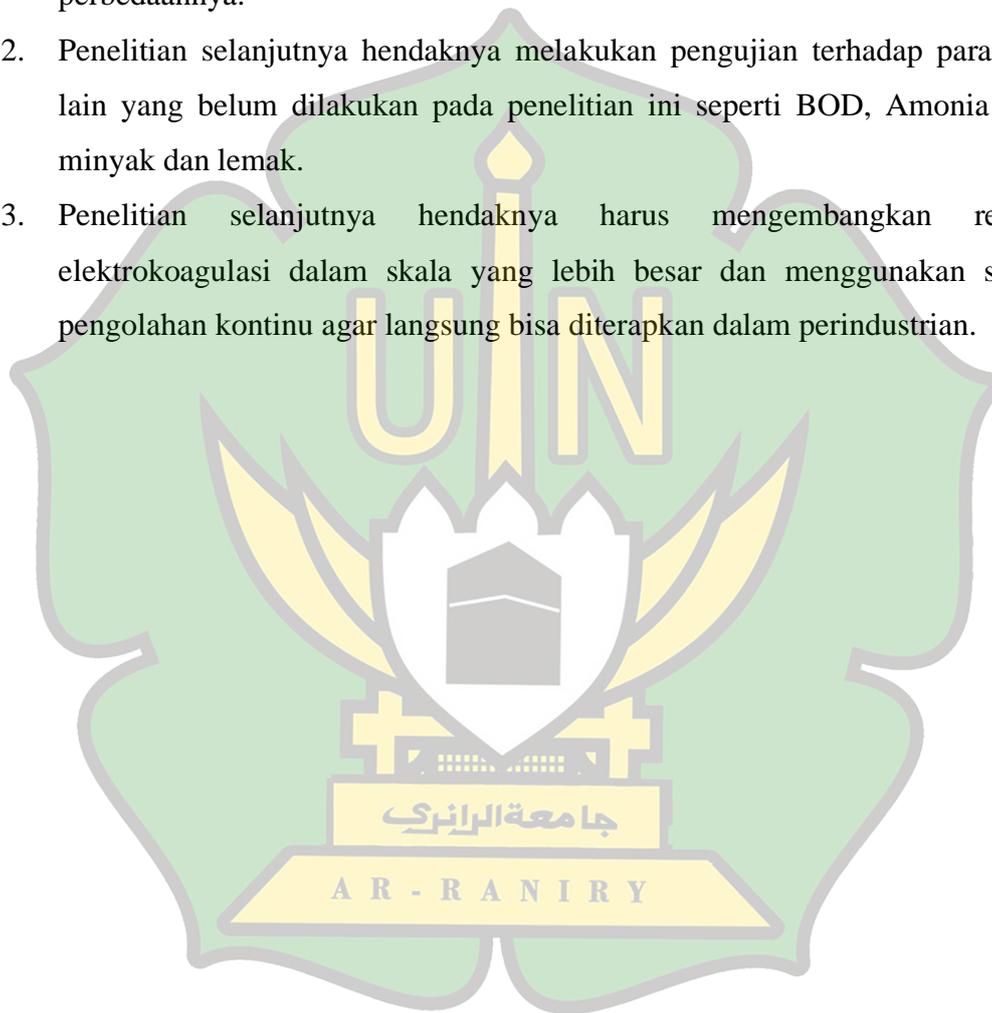
Adapun kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan penelitian adalah:

1. Metode elektrokoagulasi mampu menyisih kadar polutan yang terdapat dalam limbah cair pembekuan ikan. Efektivitas penyisihan tertinggi terdapat pada waktu kontak 180 menit dengan rapat arus 15 A/m<sup>2</sup> dengan hasil akhir pengolahan mencapai batas baku mutu yang ditentukan pada PerMen LH No.5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah dengan persentase penyisihan 62,74% untuk COD, 94,58% untuk TSS dan 92,64% untuk turbiditas. Sedangkan efektivitas penyisihan terendah terdapat pada rapat arus 5 A/m<sup>2</sup> yang hampir semua hasil akhir pengolahannya tidak mencapai batas baku mutu yang ditentukan dengan persentase penyisihan 51,42% untuk COD, 71,78% untuk TSS dan 61,59% untuk turbiditas.
2. Rapat arus pada metode elektrokoagulasi mampu mempengaruhi perubahan kadar polutan yang terdapat pada limbah cair pembekuan ikan. Berdasarkan hasil uji regresi linear berganda pada *Software* SPSS setiap peningkatan rapat arus sebesar 1 A/m<sup>2</sup> dapat menurunkan nilai COD sebesar 6,514 mg/l, menurunkan nilai TSS sebesar 11,500 mg/l, menaikkan nilai pH sebesar 0,061 dan menurunkan nilai turbiditas sebesar 4,563 NTU.
3. Waktu kontak pada metode elektrokoagulasi mampu mempengaruhi perubahan kadar polutan yang terdapat pada limbah cair pembekuan ikan. Berdasarkan hasil analisis uji regresi linear berganda pada *Software* SPSS setiap peningkatan waktu kontak sebesar 1 menit dapat menurunkan nilai COD sebesar 1,211 mg/l, menurunkan nilai TSS sebesar 1,885 mg/l, menaikkan nilai pH sebesar 0,010 dan menurunkan nilai turbiditas sebesar 0,708 NTU.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, penulis mengajukan beberapa saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan studi dan penelitian lebih lanjut mengenai metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda lainnya sehingga didapatkan perbedaannya.
2. Penelitian selanjutnya hendaknya melakukan pengujian terhadap parameter lain yang belum dilakukan pada penelitian ini seperti BOD, Amonia serta minyak dan lemak.
3. Penelitian selanjutnya hendaknya harus mengembangkan reaktor elektrokoagulasi dalam skala yang lebih besar dan menggunakan sistem pengolahan kontinu agar langsung bisa diterapkan dalam perindustrian.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adamovic, S., Prica, M., Dalmacija, B., Rapajic, S., Novakovic, D., Pavlovic, Z., & Maletic, S. 2016. Feasibility of electrocoagulation / flotation treatment of waste offset printing developer based on the response surface analysis. *Arabian Journal of Chemistry*, Vol. 9(1), hal. 152–162.
- Ambarini, N. S. B. 2016. Perlindungan dan Pengembangan Usaha Mikro Kecil Bidang Perikanan Sebagai Upaya Pengendalian Pencemaran Wilayah Pesisir dan Laut. *Jurnal Hukum Lingkungan*, Vol. 3(1), hal. 31–50.
- Amri, I., Destinefa, P., & Zultinar. 2020. Pengolahan limbah cair tahu menjadi air bersih dengan metode elektrokoagulasi secara kontinyu. *Chempublish Journal*, Vol. 5(1), hal. 57–67.
- Ashari, Budianta, D., & Setiabudidaya, D. 2015. Efektivitas Elektroda pada Proses Elektrokoagulasi untuk Pengolahan Air Asam Tambang. *Jurnal Penelitian Sains*, Vol. 17(2), hal. 45–50.
- Azmi, Z., Saniman, & Ishak. 2016. Sistem Penghitung pH Air Pada Tambak Ikan Berbasis Mikrokontroller. *Jurnal Ilmiah Sains Dan Teknologi*, Vol. 15(2), hal. 101–108.
- Badan Pusat Statistik Kota Banda Aceh. 2022. Statistik Indonesia Tahun 2022. Banda Aceh: Badan Pusat Statistik.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. SNI 6989.59:2008. Metoda pengambilan contoh air limbah. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Dewanti, B. S. D., Prastiwi, T. F., & Haji, A. T. S. 2019. Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Kombinasi Metode Netralisasi dan Elektrokoagulasi. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, Vol. 7(3), hal. 358–369.
- Erawati, E., & Nazhifah, N. 2020. Kinetika Reaksi pada Pengolahan Limbah Fe Sintesis dengan Metode Elektrokoagulasi. *Proceeding of The URECOL*, hal. 354–360.
- Fauziah, F., & Karhab, R. S. 2019. Pelatihan Pengolahan Data Menggunakan Aplikasi SPSS Pada Mahasiswa. *Jurnal Pesut: Pengabdian Untuk Kesejahteraan Umat*, Vol. 1(2), hal. 129–136.
- Fendriani, Y., Nurhidayah, Handayani, L., Rustan, & Samsidar. (2020). Waktu Terhadap Ph Dan Tds Limbah Cair Batik. *Journal Online of Physics*, Vol. 5(2), hal. 59–64.

- Hanum, F., Tambun, R., Ritonga, M. Y., & Kasim, W. W. 2015. Aplikasi Elektrokoagulasi Dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 4(4), hal. 13–17.
- Harahap, M. R. 2016. Sel Elektrokimia : Karakteristik dan Aplikasi. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, Vol. 2(1), hal. 177–180.
- Hari, B., & Harsanti, M. 2010. Pengolahan Limbah Cair Tekstil Menggunakan Proses Elektrokoagulasi Dengan Sel Al-Al. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”*. hal. 1–7.
- Hidayanti, A., Afifa, U. I., & Ismuyanto, B. 2021. Pengaruh Tegangan Elektrokoagulasi dan Konsentrasi Awal Pewarna terhadap Persentase Penyisihan Remazol Red RB. *Jurnal Rekayasa Bahan Dan Energi Berkelanjutan*, Vol. 5(2), hal. 1–9.
- Ibrahim, B. 2005. Kaji Ulang Sistem Pengolahan Limbah Cair Industri Hasil Perikanan Secara Biologis Dengan Lumpur Aktif. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan*, Vol. 8(1), hal. 31–41.
- Iswanto, B. 2010. Teknologi Elektrokoagulasi Hasil Penelitian Untuk Pengolahan Limbah Domestik. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 5(4), hal. 113–136.
- Jiyah, Sudarsono, B., & Sukmono, A. 2017. Studi Distribusi *Total Suspended Solid* (TSS) Di Perairan Pantai Kabupaten Demak Menggunakan Citra Landsat. *Jurnal Geodesi Undip*, Vol. 6(1), hal. 41–47.
- Kurniasih, R. F., Gunawan, R., & Panggabean, A. S. 2016. Aplikasi Metode Elektrokoagulasi Terhadap Penurunan Kadar Ion Logam Fe dan Mn, Kekeruhan Serta Warna Pada Pengolahan Air Gambut Secara Batch. *Jurnal Atomik*, Vol. 1(1), hal. 42–46.
- Lestari, A. P., Haerudin, & Ain, C. 2014. Karakteristik dan Toksisitas Limbah Cair dari Kegiatan Perikanan di Pasar Kobong, Semarang Terhadap *Chlorella* sp. *Diponegoro Journal Of Maquare*, Vol. 3(4), hal. 201–207.
- Merma, A. G., Santos, B. F., Rego, A. S. C., Hacha, R. R., & Torem, L. 2020. Treatment of oily wastewater from mining industry using electrocoagulation: Fundamentals and process optimization. *Journal of Materials Research and Tecnology*, Vol. 9(6).
- Mureth, R., Machunda, R., Njau, K. N., & Dodoo-arhin, D. 2021. Assessment of fluoride removal in a batch electrocoagulation process : A case study in the Mount Meru Enclave . *Scientific African*, Vol. 12.
- Nengsih, S. 2020. Pengaruh Metode Elektrokoagulasi Dalam Mendapatkan Air Bersih. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Fisika Terapan*, Vol. 2(1), hal. 2–5.

- Ni'am, A. C., Caroline, J., & Afandi, M. H. 2017. Variasi Jumlah Elektroda Dan Besar Tegangan Dalam Menurunkan Kandungan Cod Dan Tss Limbah Cair Tekstil Dengan Metode Elektrokoagulasi. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 3(1), hal. 21–26.
- Ningrum, S. O. 2018. Analisis Kualitas Badan Air dan Kualitas Air Sumur di Sekitar Pabrik Gula Rejo Agung Baru Kota Madiun. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, Vol. 10(1), hal. 1–12.
- Nugraha, A., Amri, I., & Hs, I. 2018. Pengaruh Pola dan Jarak Elektroda Pada Proses Elektrokoagulasi Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Fakultas Teknik*, Vol. 5, hal. 1–5.
- Nur, A., & Jatnika, A. 2014. Aplikasi Elektrokoagulasi Pasangan Elektroda Aluminium Pada Proses Daur Ulang Grey Water Hotel. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 20(1), hal. 58–67.
- Nurjanah, S., Zaman, B., & Syakur, A. 2017. Penyisihan BOD dan COD Limbah Cair Industri Karet dengan Sistem Biofilter Aerob dan Plasma *Dielectric Barrier Dischare (DBD)*. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 6(1), hal. 1–14.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesi Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Prosperity, G. H., Agustina, N. R., Wardhani, D. P., & Vitasari, D. 2021. Penurunan COD Dan TSS Pada Limbah Cair Tahu Dengan Metode Elektrokoagulasi. *In Seminar Nasional Rekayasa Proses Industri Kimia*, Vol. 5(1).
- Rachmawati, B., Surya, Y., & Mohamad, P. 2014. Proses Elektrokoagulasi Pengolahan Limbah Laundry. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, Vol. 6(1), hal. 15–22.
- Rahmawati, A. A., & Azizah, R. 2005. Perbedaan Kadar BOD, COD, TSS, Dan MPN Coliform Pada Air Limbah, Sebelum dan Sesudah Pengolahan di RSUD Nganjuk. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, Vol. 2(1), hal. 97–111.
- Riadi, L., Ferydhiwati, W., & Loeman, L. D. S. 2014. Pengolahan Primer Limbah Tekstil Dengan Elektrokoagulasi dan Analisis Biaya Operasi. *Reaktor*, Vol. 15(2), hal. 73-78.
- Salamah, U. H., & Rahmanto, T. A. 2021. Pengaruh Media Biofiltrasi Anaerob Untuk Mendegradasi COD, TSS, dan NH<sub>3</sub>-N Pada Limbah Cair Pencucian Ikan. *ESEC Teknik Lingkungan*, Vol. 2(1), hal. 117–121.
- Sandi, Nurdandi, D., Afriani, F., & Tiandho, Y. 2019. Pengaruh Jarak Antar Plat Dalam Penjernihan Limbah Batik Cual Dengan Metode Elektrokoagulasi. *In*

*Proceedings Of National Colloquium Research And Community Service*, Vol. 3, hal. 12–14.

- Santoso, A. A., Sudarsono, B., & Sukmono, A. 2017. Analisis Pengaruh Tingkat Bahaya Erosi Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo Terhadap *Total Suspended Solid* (TSS) Di Perairan Waduk Gajah Mungkur. *Jurnal Geodesi Undip*, Vol. 6(4), hal. 463–473.
- Saputra, A. D., Haeruddin, & Widyorini, N. 2016. Efektivitas Kombinasi Mikroorganisme dan Tumbuhan Air Lemna Minor Sebagai Bioremediator Dalam Mereduksi Senyawa Amoniak, Nitrit Dan Nitrat Pada Limbah Pencucian Ikan. *Diponegoro Journal of Maquares*, Vol. 5(3), hal. 80–90.
- Saputra, E., & Hanum, F. 2016. Pengaruh Jarak Antara Elektroda Pada Reaktor Elektrokoagulasi Terhadap Pengolahan *Effluent* Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 5(4), hal. 33–38.
- Sarwono, E., Harits, M., & Widarti, N. B. 2017. Penurunan Kadar TSS, BOD<sub>5</sub> dan Total *Coliform* Menggunakan *Horizontal Roughing Filter*. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 1(1), hal. 18–26.
- Setianingrum, N. P., Prasetya, A., & Sarto. 2017. Pengaruh Tegangan Listrik, Jarak Antar Elektroda dan Waktu Kontak Terhadap Penurunan Zat Warna Remazol Red RB Menggunakan Metode Elektrokoagulasi. *Jurnal Rekayasa Proses*, Vol. 11(2), hal. 147–156.
- Soewondo, P & Hudori. 2009. Pengolahan Deterjen Menggunakan Teknologi Elektrokoagulasi dengan Elektroda Aluminium. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, Vol. 1(2), hal. 117–125.
- Taher, J. H. T. 2015. BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemar Air dan Baku Mutu Air Limbah. *Jurnal Biology Science And Education*, Vol. 4(1), hal. 83–93.
- Thi, H., Anh, H., Shahsavari, E., Bott, N. J., & Ball, A. S. 2021. Bioaugmentation of seafood processing wastewater enhances the removal of inorganic nitrogen and chemical oxygen demand. *Aquaculture*, Vol. 542.
- Wiyanto, E., Harsono, B., Makmur, A., Pangputra, R., & Kurniawan, M. S. (2014). Penerapan Elektrokoagulasi Dalam Proses Penjernihan Limbah Cair. *JETri*, Vol. 12(1), hal. 19–36.
- Yuliyani, L., & Widayatno, T. 2020. Pengaruh Variasi Waktu Tinggal Dan Kuat Arus Terhadap Penurunan Kadar COD , TSS Dan BOD Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Elektrokoagulasi Secara Kontinyu. *Proceeding of The URECOL*, hal. 48–55.

Yunitasari, Y., Elystia, S., & Andesgur, I. 2017. Metode Elektrokoagulasi untuk Mengolah Limbah Cair Batik di Unit Kegiatan Masyarakat Rumah Batik Andalan PT. Riau Andalam *Pulp and Paper* (RAPP). *Jom F Teknik*, Vol. 4(1), hal. 1–9.



## LAMPIRAN A HASIL PERHITUNGAN

### Lampiran 1. Perhitungan Rapat Arus

- Penentuan kuat arus pada rapat arus  $5 \text{ A/m}^2$  dengan waktu kontak 30 menit:

$$J = \frac{I}{A}$$

$$5 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,02 (5)}$$

$$5 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,1}$$

$$I = 5 \text{ A/m}^2 \times 0,1 \text{ m}^2$$

$$I = 0,5 \text{ A}$$

- Penentuan kuat arus pada rapat arus  $5 \text{ A/m}^2$  dengan waktu kontak 60 menit:

$$J = \frac{I}{A}$$

$$5 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,0184 (5)}$$

$$5 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,092}$$

$$I = 5 \text{ A/m}^2 \times 0,092 \text{ m}^2$$

$$I = 0,46 \text{ A}$$

- Penentuan kuat arus pada rapat arus  $5 \text{ A/m}^2$  dengan waktu kontak 90 menit:

$$J = \frac{I}{A}$$

$$5 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,0168 (5)}$$

$$5 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,084}$$

$$I = 5 \text{ A/m}^2 \times 0,084 \text{ m}^2$$

$$I = 0,42 \text{ A}$$

- Penentuan kuat arus pada rapat arus  $5 \text{ A/m}^2$  dengan waktu kontak 120 menit:

$$J = \frac{I}{A}$$

$$5 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,0152 \text{ (5)}}$$

$$5 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,076}$$

$$I = 5 \text{ A/m}^2 \times 0,076 \text{ m}^2$$

$$I = 0,38 \text{ A}$$

- Penentuan kuat arus pada rapat arus  $5 \text{ A/m}^2$  dengan waktu kontak 150 menit:

$$J = \frac{I}{A}$$

$$5 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,0136 \text{ (5)}}$$

$$5 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,068}$$

$$I = 5 \text{ A/m}^2 \times 0,068 \text{ m}^2$$

$$I = 0,34 \text{ A}$$

- Penentuan kuat arus pada rapat arus  $5 \text{ A/m}^2$  dengan waktu kontak 180 menit:

$$J = \frac{I}{A}$$

$$5 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,012 \text{ (5)}}$$

$$5 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,06}$$

$$I = 5 \text{ A/m}^2 \times 0,06 \text{ m}^2$$

$$I = 0,3 \text{ A}$$

- Penentuan kuat arus pada rapat arus  $10 \text{ A/m}^2$  dengan waktu kontak 30 menit:

$$J = \frac{I}{A}$$

$$10 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,02 \text{ (5)}}$$

$$10 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,1}$$

$$I = 10 \text{ A/m}^2 \times 0,1 \text{ m}^2$$

$$I = 1 \text{ A}$$

- Penentuan kuat arus pada rapat arus  $10 \text{ A/m}^2$  dengan waktu kontak 60 menit:

$$J = \frac{I}{A}$$

$$10 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,0184 \text{ (5)}}$$

$$10 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,092}$$

$$I = 10 \text{ A/m}^2 \times 0,092 \text{ m}^2$$

$$I = 0,92 \text{ A}$$

- Penentuan kuat arus pada rapat arus  $10 \text{ A/m}^2$  dengan waktu kontak 90 menit:

$$J = \frac{I}{A}$$

$$10 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,0168 \text{ (5)}}$$

$$10 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,084}$$

$$I = 10 \text{ A/m}^2 \times 0,084 \text{ m}^2$$

$$I = 0,84 \text{ A}$$

- Penentuan kuat arus pada rapat arus  $10 \text{ A/m}^2$  dengan waktu kontak 120 menit:

$$J = \frac{I}{A}$$

$$10 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,0152 (5)}$$

$$10 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,076}$$

$$I = 10 \text{ A/m}^2 \times 0,076 \text{ m}^2$$

$$I = 0,76 \text{ A}$$

- Penentuan kuat arus pada rapat arus  $10 \text{ A/m}^2$  dengan waktu kontak 150 menit:

$$J = \frac{I}{A}$$

$$10 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,0136 (5)}$$

$$10 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,068}$$

$$I = 10 \text{ A/m}^2 \times 0,068 \text{ m}^2$$

$$I = 0,68 \text{ A}$$

- Penentuan kuat arus pada rapat arus  $10 \text{ A/m}^2$  dengan waktu kontak 180 menit:

$$J = \frac{I}{A}$$

$$10 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,012 (5)}$$

$$10 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,06}$$

$$I = 10 \text{ A/m}^2 \times 0,06 \text{ m}^2$$

$$I = 0,6 \text{ A}$$

- Penentuan kuat arus pada rapat arus  $15 \text{ A/m}^2$  dengan waktu kontak 30 menit:

$$J = \frac{I}{A}$$

$$15 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,02 \text{ (5)}}$$

$$15 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,1}$$

$$I = 15 \text{ A/m}^2 \times 0,1 \text{ m}^2$$

$$I = 1,5 \text{ A}$$

- Penentuan kuat arus pada rapat arus  $15 \text{ A/m}^2$  dengan waktu kontak 60 menit:

$$J = \frac{I}{A}$$

$$15 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,0184 \text{ (5)}}$$

$$15 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,092}$$

$$I = 15 \text{ A/m}^2 \times 0,092 \text{ m}^2$$

$$I = 1,38 \text{ A}$$

- Penentuan kuat arus pada rapat arus  $15 \text{ A/m}^2$  dengan waktu kontak 90 menit:

$$J = \frac{I}{A}$$

$$15 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,0168 \text{ (5)}}$$

$$15 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,084}$$

$$I = 15 \text{ A/m}^2 \times 0,084 \text{ m}^2$$

$$I = 1,26 \text{ A}$$

- Penentuan kuat arus pada rapat arus  $15 \text{ A/m}^2$  dengan waktu kontak 120 menit:

$$J = \frac{I}{A}$$

$$15 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,0152 (5)}$$

$$15 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,076}$$

$$I = 15 \text{ A/m}^2 \times 0,076 \text{ m}^2$$

$$I = 1,14 \text{ A}$$

- Penentuan kuat arus pada rapat arus  $15 \text{ A/m}^2$  dengan waktu kontak 150 menit:

$$J = \frac{I}{A}$$

$$15 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,0136 (5)}$$

$$15 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,068}$$

$$I = 15 \text{ A/m}^2 \times 0,068 \text{ m}^2$$

$$I = 1,02 \text{ A}$$

- Penentuan kuat arus pada rapat arus  $15 \text{ A/m}^2$  dengan waktu kontak 180 menit:

$$J = \frac{I}{A}$$

$$15 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,012 (5)}$$

$$15 \text{ A/m}^2 = \frac{I}{0,06}$$

$$I = 15 \text{ A/m}^2 \times 0,06 \text{ m}^2$$

$$I = 0,9 \text{ A}$$

## Lampiran 2. Perhitungan Nilai TSS

- Tanpa Pengolahan

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji}} \\ &= \frac{(0.2301 - 0.1858) \times 1000}{0.1} \\ &= 443 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

### 1. Rapat Arus 5 A/m<sup>2</sup>

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji}} \\ &= \frac{(0.2203 - 0.1858) \times 1000}{0.1} \\ &= 345 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji}} \\ &= \frac{(0.2125 - 0.1858) \times 1000}{0.1} \\ &= 267 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji}} \\ &= \frac{(0.2078 - 0.1858) \times 1000}{0.1} \\ &= 220 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji.ml}} \\ &= \frac{(0.2047 - 0.1858) \times 1000}{0.1} \\ &= 189 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 150 menit:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji}} \\ &= \frac{(0.2018 - 0.1858) \times 1000}{0.1} \\ &= 160 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 180 menit:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji}} \\ &= \frac{(0.1983 - 0.1858) \times 1000}{0.1} \\ &= 125 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

## 2. Rapat Arus 10 A/m<sup>2</sup>

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji}} \\ &= \frac{(0.2132 - 0.1858) \times 1000}{0.1} \\ &= 274 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji}} \\ &= \frac{(0.2057 - 0.1858) \times 1000}{0.1} \\ &= 199 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji}} \\ &= \frac{(0.1998 - 0.1858) \times 1000}{0.1} \\ &= 140 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji}} \\ &= \frac{(0.1950 - 0.1858) \times 1000}{0.1} \\ &= 92 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 150 menit:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji}} \\ &= \frac{(0.1929 - 0.1858) \times 1000}{0.1} \\ &= 71 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 180 menit:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji}} \\ &= \frac{(0.1911 - 0.1858) \times 1000}{0.1} \\ &= 53 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

### 3. Rapat Arus 15 A/m<sup>2</sup>

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji}} \\ &= \frac{(0.2054 - 0.1858) \times 1000}{0.1} \\ &= 196 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji}} \\ &= \frac{(0.1984 - 0.1858) \times 1000}{0.1} \\ &= 126 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji}} \\ &= \frac{(0.1938 - 0.1858) \times 1000}{0.1} \\ &= 80 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji}} \\ &= \frac{(0.1899 - 0.1858) \times 1000}{0.1} \\ &= 41 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 150 menit:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji}} \\ &= \frac{(0.1892 - 0.1858) \times 1000}{0.1} \\ &= 34 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 180 menit:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji}} \\ &= \frac{(0.1882 - 0.1858) \times 1000}{0.1} \\ &= 24 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

### Lampiran 3. Perhitungan Persentase Efektivitas Penurunan Bahan pencemar

**a. Mencari efektifitas penurunan COD dalam limbah cair pengolahan ikan**

1. Rapat arus 5 A/m<sup>2</sup>

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(424 - 357)}{424} \times 100 \\ &= 15,80 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(424 - 312)}{424} \times 100 \\ &= 26,42 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(424 - 290)}{424} \times 100 \\ &= 31,60 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(424 - 255)}{424} \times 100 \\ &= 39,86 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 150 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(424 - 227)}{424} \times 100 \\ &= 46,46 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 180 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(424 - 206)}{424} \times 100 \\ &= 51,42 \% \end{aligned}$$

## 2. Rapat arus 10 A/m<sup>2</sup>

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(424 - 313)}{424} \times 100 \\ &= 26,18 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(424 - 286)}{424} \times 100 \\ &= 32,55 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(424 - 259)}{424} \times 100 \\ &= 38,92 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(424 - 228)}{424} \times 100 \\ &= 46,23 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 150 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(424 - 196)}{424} \times 100 \\ &= 53,77 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 180 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(424 - 183)}{424} \times 100 \\ &= 56,84 \%\end{aligned}$$

### 3. Rapat arus 15 A/m<sup>2</sup>

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(424 - 275)}{424} \times 100 \\ &= 35,14 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(424 - 223)}{424} \times 100 \\ &= 47,41 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(424 - 194)}{424} \times 100 \\ &= 54,25 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(424 - 176)}{424} \times 100 \\ &= 58,49 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 150 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(424 - 165)}{424} \times 100 \\ &= 61,08 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 180 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(424 - 158)}{424} \times 100 \\ &= 62,74 \%\end{aligned}$$

**b. Mencari efektifitas penurunan TSS dalam limbah cair pengolahan ikan**

1. Rapat arus 5 A/m<sup>2</sup>

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(443 - 345)}{443} \times 100 \\ &= 22,11 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(443 - 267)}{443} \times 100 \\ &= 39,73 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(443 - 220)}{443} \times 100 \\ &= 50,34 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(443 - 189)}{443} \times 100 \\ &= 57,34 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 150 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(443 - 160)}{443} \times 100 \\ &= 63,88 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 180 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(443 - 125)}{443} \times 100 \\ &= 71,78 \%\end{aligned}$$

## 2. Rapat arus 10 A/m<sup>2</sup>

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(443 - 274)}{443} \times 100 \\ &= 38,15 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(443 - 199)}{443} \times 100 \\ &= 55,08 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(443 - 140)}{443} \times 100 \\ &= 68,40 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(443 - 92)}{443} \times 100 \\ &= 79,23 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 150 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(443 - 71)}{443} \times 100 \\ &= 83,97 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 180 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(443 - 53)}{443} \times 100 \\ &= 88,04 \%\end{aligned}$$

3. Rapat arus 15 A/m<sup>2</sup>

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(443 - 196)}{443} \times 100 \\ &= 55,76 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(443 - 126)}{443} \times 100 \\ &= 71,56 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(443 - 80)}{443} \times 100 \\ &= 81,94 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(443 - 41)}{443} \times 100 \\ &= 90,74 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 150 menit.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(443 - 34)}{443} \times 100 \\ &= 92,33 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 180 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(443 - 24)}{443} \times 100 \\ &= 94,58 \% \end{aligned}$$

**c. Mencari efektifitas penurunan Turbiditas dalam limbah cair pengolahan ikan**

1. Rapat arus 5 A/m<sup>2</sup>

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(180.7 - 141.3)}{180.7} \times 100 \\ &= 21,80 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(180.7 - 117.5)}{180.7} \times 100 \\ &= 34,98 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(180.7 - 98.2)}{180.7} \times 100 \\ &= 45,66 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(180.7 - 87.1)}{180.7} \times 100 \end{aligned}$$

$$= 51,80 \%$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 150 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(180.7 - 79.6)}{180.7} \times 100 \\ &= 55,95 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 180 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(180.7 - 69.4)}{180.7} \times 100 \\ &= 61,59 \% \end{aligned}$$

## 2. Rapat arus 10 A/m<sup>2</sup>

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(180.7 - 106.5)}{180.7} \times 100 \\ &= 41,06 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(180.7 - 86.2)}{180.7} \times 100 \\ &= 52,30 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(180.7 - 60.8)}{180.7} \times 100 \end{aligned}$$

$$= 66,35 \%$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(180.7 - 49.1)}{180.7} \times 100 \\ &= 72,83 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 150 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(180.7 - 38.9)}{180.7} \times 100 \\ &= 78,47 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 180 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(180.7 - 25.3)}{180.7} \times 100 \\ &= 86 \% \end{aligned}$$

### 3. Rapat arus 15 A/m<sup>2</sup>

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(180.7 - 90.7)}{180.7} \times 100 \\ &= 49,81 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(180.7 - 63.7)}{180.7} \times 100 \end{aligned}$$

$$= 64,75 \%$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(180.7 - 45)}{180.7} \times 100 \\ &= 75,10 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(180.7 - 33.6)}{180.7} \times 100 \\ &= 81,41 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 150 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(180.7 - 27.4)}{180.7} \times 100 \\ &= 84,84 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 180 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \\ &= \frac{(180.7 - 13.3)}{180.7} \times 100 \\ &= 92,64 \% \end{aligned}$$

## Lampiran 4. Analisis Data Menggunakan SPSS

### a. Uji Linearitas

- Uji linearitas Rapat Arus dengan COD

Case Processing Summary						
	Cases					
	Included		Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
COD * Rapat Arus	21	100,0%	0	0,0%	21	100,0%

Report			
COD			
Rapat Arus	Mean	N	Std. Deviation
5	295,86	7	76,310
10	269,86	7	82,412
15	230,71	7	94,276
Total	265,48	21	84,874

ANOVA Table				
			Sum of Squares	df
COD * Rapat Arus	Between Groups	(Combined)	15054,095	2
		Linearity	14852,571	1
		Deviation from Linearity	201,524	1
	Within Groups	129017,143	18	
	Total	144071,238	20	

ANOVA Table				
			Mean Square	F
COD * Rapat Arus	Between Groups	(Combined)	7527,048	1,050
		Linearity	14852,571	2,072
		Deviation from Linearity	201,524	,028
	Within Groups	7167,619		
	Total			

ANOVA Table				Sig.
COD * Rapat Arus	Between Groups	(Combined)		,370
		Linearity		,167
		Deviation from Linearity		,869
	Within Groups			
	Total			

Measures of Association				
	R	R Squared	Eta	Eta Squared
COD * Rapat Arus	-,321	,103	,323	,104

- Uji linearitas Waktu Kontak dengan COD

Case Processing Summary						
	Cases					
	Included		Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
COD * waktu kontak	21	100,0%	0	0,0%	21	100,0%

Report			
COD			
waktu kontak	Mean	N	Std. Deviation
0	424,00	3	,000
30	315,00	3	41,037
60	273,67	3	45,764
90	247,67	3	48,993
120	219,67	3	40,154
150	196,00	3	31,000
180	182,33	3	24,007
Total	265,48	21	84,874

ANOVA Table			
		Sum of Squares	df
COD * waktu kontak	Between Groups	(Combined) 125414,571	6
		Linearity 110816,679	1
		Deviation from Linearity 14597,893	5
	Within Groups	18656,667	14
Total		144071,238	20

ANOVA Table			
		Mean Square	F
COD * waktu kontak	Between Groups	(Combined) 20902,429	15,685
		Linearity 110816,679	83,157
		Deviation from Linearity 2919,579	2,191
	Within Groups	1332,619	
Total			

ANOVA Table			
			Sig.
COD * waktu kontak	Between Groups	(Combined)	,000
		Linearity	,000
		Deviation from Linearity	,114
	Within Groups		
Total			

Measures of Association				
	R	R Squared	Eta	Eta Squared
COD * waktu kontak	-,877	,769	,933	,871

• **Uji linearitas Rapat Arus dengan TSS**

Case Processing Summary						
	Cases					
	Included		Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
TSS * Rapat Arus	21	100,0%	0	0,0%	21	100,0%

Report			
TSS			
Rapat Arus	Mean	N	Std. Deviation
5	249,86	7	,111,735
10	181,71	7	,138,864
15	134,86	7	,148,912
Total	188,81	21	,136,102

ANOVA Table				
			Sum of Squares	df
TSS * Rapat Arus	Between Groups	(Combined)	46816,095	2
		Linearity	46287,500	1
		Deviation from Linearity	528,595	1
	Within Groups	323657,143	18	
	Total	370473,238	20	

ANOVA Table				
			Mean Square	F
TSS * Rapat Arus	Between Groups	(Combined)	23408,048	1,302
		Linearity	46287,500	2,574
		Deviation from Linearity	528,595	,029
	Within Groups		17980,952	
Total				

ANOVA Table			
			Sig.
TSS * Rapat Arus	Between Groups	(Combined)	,296
		Linearity	,126
		Deviation from Linearity	,866
	Within Groups		
Total			

Measures of Association				
	R	R Squared	Eta	Eta Squared
TSS * Rapat Arus	-,353	,125	,355	,126

- **Uji linearitas Waktu Kontak dengan TSS**

Case Processing Summary						
	Cases					
	Included		Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
TSS * Waktu Kontak	21	100,0%	0	0,0%	21	100,0%

Report			
TSS			
Waktu Kontak	Mean	N	Std. Deviation
0	443,00	3	,000
30	271,67	3	74,527
60	197,33	3	70,515
90	146,67	3	70,238
120	107,33	3	75,182
150	88,33	3	64,764

180	67,33	3	52,003
Total	188,81	21	136,102

ANOVA Table				
			Sum of Squares	df
TSS * Waktu Kontak	Between Groups	(Combined)	314451,238	6
		Linearity	268714,298	1
		Deviation from Linearity	45736,940	5
	Within Groups		56022,000	14
	Total		370473,238	20

ANOVA Table				
			Mean Square	F
TSS * Waktu Kontak	Between Groups	(Combined)	52408,540	13,097
		Linearity	268714,298	67,152
		Deviation from Linearity	9147,388	2,286
	Within Groups		4001,571	
	Total			

ANOVA Table				Sig.
TSS * Waktu Kontak	Between Groups	(Combined)		,000
		Linearity		,000
		Deviation from Linearity		,102
	Within Groups			
	Total			

Measures of Association				
	R	R Squared	Eta	Eta Squared
TSS * Waktu Kontak	-,852	,725	,921	,849

- Uji linearitas Rapat Arus dengan pH

#### Case Processing Summary

	Cases					
	Included		Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
pH * Rapat Arus	21	100,0%	0	0,0%	21	100,0%

Report			
pH			
Rapat Arus	Mean	N	Std. Deviation
5	7,36	7	,447
10	7,81	7	,773
15	7,97	7	,856
Total	7,71	21	,728

ANOVA Table				
			Sum of Squares	df
pH * Rapat Arus	Between Groups	(Combined)	1,426	2
		Linearity	1,321	1
		Deviation from Linearity	,105	1
	Within Groups		9,180	18
	Total		10,606	20

ANOVA Table					
			Mean Square	F	Sig.
pH * Rapat Arus	Between Groups	(Combined)	,713	1,398	,273
		Linearity	1,321	2,590	,125
		Deviation from Linearity	,105	,206	,655
	Within Groups		,510		
	Total				

Measures of Association				
	R	R Squared	Eta	Eta Squared
pH * Rapat Arus	,353	,125	,367	,134

- Uji linearitas Waktu Kontak dengan pH

Case Processing Summary						
	Cases					
	Included		Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
pH * Waktu Kontak	21	100,0%	0	0,0%	21	100,0%

Report			
pH			
Waktu Kontak	Mean	N	Std. Deviation
0	6,500	3	,0000
30	7,167	3	,0577
60	7,567	3	,2517
90	7,933	3	,4041
120	8,100	3	,4583
150	8,300	3	,5292
180	8,433	3	,5508
Total	7,714	21	,7282

ANOVA Table				
			Sum of Squares	df
pH * Waktu Kontak	Between Groups	(Combined)	8,559	6
		Linearity	7,924	1
		Deviation from Linearity	,635	5
	Within Groups		2,047	14
	Total		10,606	20

ANOVA Table					
			Mean Square	F	Sig.
pH * Waktu Kontak	Between Groups	(Combined)	1,427	9,758	,000
		Linearity	7,924	54,205	,000
		Deviation from Linearity	,127	,868	,526
	Within Groups		,146		
	Total				

Measures of Association				
	R	R Squared	Eta	Eta Squared
pH * Waktu Kontak	,864	,747	,898	,807

• Uji linearitas Rapat Arus dengan Turbiditas

Case Processing Summary						
	Cases					
	Included		Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Turbiditas * Rapat Arus	21	100,0%	0	0,0%	21	100,0%

Report			
Turbiditas			
Rapat Arus	Mean	N	Std. Deviation
5	110,543	7	39,3034
10	78,214	7	53,0151
15	64,914	7	57,0398
Total	84,557	21	51,6540

ANOVA Table				
			Sum of Squares	df
Turbiditas * Rapat Arus	Between Groups	(Combined)	7709,317	2
		Linearity	7286,883	1
		Deviation from Linearity	422,434	1
	Within Groups		45653,374	18
	Total		53362,691	20

ANOVA Table				
			Mean Square	F
Turbiditas * Rapat Arus	Between Groups	(Combined)	3854,659	1,520
		Linearity	7286,883	2,873
		Deviation from Linearity	422,434	,167
	Within Groups		2536,299	
	Total			

ANOVA Table			
			Sig.
Turbiditas * Rapat Arus	Between Groups	(Combined)	,246
		Linearity	,107
		Deviation from Linearity	,688
	Within Groups		
Total			

Measures of Association				
	R	R Squared	Eta	Eta Squared
Turbiditas * Rapat Arus	-,370	,137	,380	,144

• Uji linearitas Waktu Kontak dengan Turbiditas

Case Processing Summary						
	Cases					
	Included		Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Turbiditas * Waktu Kontak	21	100,0%	0	0,0%	21	100,0%

Report			
Turbiditas			
Waktu Kontak	Mean	N	Std. Deviation
0	180,700	3	,0000
30	112,833	3	25,8877
60	89,133	3	27,0197
90	68,000	3	27,3211
120	56,600	3	27,5273
150	48,633	3	27,4274
180	36,000	3	29,5410
Total	84,557	21	51,6540

ANOVA Table				
			Sum of Squares	df
Turbiditas * Waktu Kontak	Between Groups	(Combined)	44303,971	6
		Linearity	37935,500	1
		Deviation from Linearity	6368,471	5

	Within Groups	9058,720	14
	Total	53362,691	20

ANOVA Table				
			Mean Square	F
Turbiditas * Waktu Kontak	Between Groups	(Combined)	7383,995	11,412
		Linearity	37935,500	58,628
		Deviation from Linearity	1273,694	1,968
	Within Groups		647,051	
	Total			

ANOVA Table			
			Sig.
Turbiditas * Waktu Kontak	Between Groups	(Combined)	,000
		Linearity	,000
		Deviation from Linearity	,146
	Within Groups		
	Total		

Measures of Association				
	R	R Squared	Eta	Eta Squared
Turbiditas * Waktu Kontak	-,843	,711	,911	,830

## b. Uji Regresi Linear Berganda

c. Variables Entered/Removed <sup>a</sup>			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Rapat Arus, Waktu Kontak <sup>b</sup>		Enter

a. Dependent Variable: COD

b. All requested variables entered.

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,934 <sup>a</sup>	,872	,858	31,974

a. Predictors: (Constant), Rapat Arus, Waktu Kontak

ANOVA <sup>a</sup>						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	125669,250	2	62834,625	61,462	,000 <sup>b</sup>
	Residual	18401,988	18	1022,333		
	Total	144071,238	20			

a. Dependent Variable: COD

b. Predictors: (Constant), Rapat Arus, Waktu Kontak

Coefficients <sup>a</sup>						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	439,583	21,221		20,715	,000
	Waktu Kontak	-1,211	,116	-,877	-10,411	,000
	Rapat Arus	-6,514	1,709	-,321	-3,812	,001

a. Dependent Variable: COD

Variables Entered/Removed <sup>a</sup>			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Rapat Arus, Waktu Kontak <sup>b</sup>	.	Enter

a. Dependent Variable: TSS

b. All requested variables entered.

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,922 <sup>a</sup>	,850	,834	55,513

a. Predictors: (Constant), Rapat Arus, Waktu Kontak

ANOVA <sup>a</sup>						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	315001,798	2	157500,899	51,108	,000 <sup>b</sup>
	Residual	55471,440	18	3081,747		
	Total	370473,238	20			

a. Dependent Variable: TSS

b. Predictors: (Constant), Rapat Arus, Waktu Kontak

Coefficients <sup>a</sup>						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	473,488	36,843		12,851	,000
	Waktu Kontak	-1,885	,202	-,852	-9,338	,000
	Rapat Arus	-11,500	2,967	-,353	-3,876	,001

a. Dependent Variable: TSS

Variables Entered/Removed <sup>a</sup>			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Rapat Arus, Waktu Kontak <sup>b</sup>	.	Enter

a. Dependent Variable: pH

b. All requested variables entered.

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,934 <sup>a</sup>	,872	,857	,2749

a. Predictors: (Constant), Rapat Arus, Waktu Kontak

ANOVA <sup>a</sup>						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	9,245	2	4,623	61,148	,000 <sup>b</sup>
	Residual	1,361	18	,076		
	Total	10,606	20			

a. Dependent Variable: pH

b. Predictors: (Constant), Rapat Arus, Waktu Kontak

Coefficients <sup>a</sup>						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	6,179	,182		33,859	,000
	Waktu Kontak	,010	,001	,864	10,238	,000
	Rapat Arus	,061	,015	,353	4,180	,001

a. Dependent Variable: pH

Variables Entered/Removed <sup>a</sup>			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Rapat Arus, Waktu Kontak <sup>b</sup>	.	Enter

a. Dependent Variable: Turbiditas

b. All requested variables entered.

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,921 <sup>a</sup>	,847	,831	21,2659

a. Predictors: (Constant), Rapat Arus, Waktu Kontak

ANOVA <sup>a</sup>						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	45222,383	2	22611,191	49,998	,000 <sup>b</sup>
	Residual	8140,308	18	452,239		
	Total	53362,691	20			

a. Dependent Variable: Turbiditas

b. Predictors: (Constant), Rapat Arus, Waktu Kontak

Coefficients <sup>a</sup>						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	193,939	14,114		13,741	,000
	Waktu Kontak	-,708	,077	-,843	-9,159	,000
	Rapat Arus	-4,563	1,137	-,370	-4,014	,001

a. Dependent Variable: Turbiditas



**LAMPIRAN B**  
**DOKUMENTASI PENELITIAN**

<b>GAMBAR</b>	<b>KETERANGAN</b>
	<p>Pengambilan Sampel limbah cair pembekuan ikan di PT. Yakin Pasifik Tuna</p>
	<p>Pemasangan plat aluminium pada penyangga</p>
	<p>Pemasukan sampel limbah limbah cair pembekuan ikan ke dalam reaktor</p>



Pemasukan plat elektroda  
kedalam reaktor



Pemasangan penjepit buaya  
pada elektroda aluminium



Proses penyesuain tegangan pada  
*power supply* berdasarkan variasi  
rapat arus yang digunakan

	<p>Proses pengolahan menggunakan elektrokoagulasi</p>
	<p>Pengambilan sampel yang sudah diolah untuk pengecekan parameter COD, TSS, pH dan DO</p>
	<p>Proses analisis nilai pH menggunakan pH meter di Lab Teknik Lingkungan</p>



Proses analisa nilai turbiditas menggunakan Turbidimeter di Lab Teknik Lingkungan



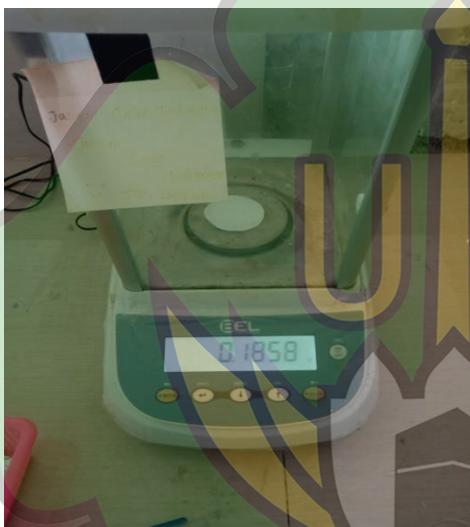
Proses pengecekan TSS menggunakan vacum filtrasi di Lab Teknik Lingkungan



Proses oven kertas saring whatman pada suhu 105°C selama 1 jam



Proses penimbangan kertas saring yang telah di oven



Hasil penimbangan kertas saring aquades



Hasil penimbangan kertas saring setelah pengolahan



Proses Pengujian COD di  
Lab Teknik Lingkungan



Sampel COD yang sudah  
dilakukan proses pemanasan  
dengan suhu  $150^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam



Proses Analisis nilai COD di  
laboratorium Biologi