

**PENYISIHAN COD, BOD, AMONIA DAN TSS MENGGUNAKAN
METODE ELEKTROKOAGULASI DENGAN KOMBINASI
ELEKTRODA ALUMINIUM (Al) DAN BESI (Fe) PADA AIR LIMBAH
HASIL PENGOLAHAN IKAN**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Oleh :
SYAHNA MUNAWARAH
NIM. 190702100**

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



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2024 M/1445 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**PENYISIHAN COD, BOD, AMONIA DAN TSS
MENGUNAKAN METODE ELEKTROKOAGULASI
DENGAN KOMBINASI ELEKTRODA ALUMINIUM (Al) DAN
BESI (Fe) PADA AIR LIMBAH HASIL PENGOLAHAN IKAN**

TUGAS AKHIR

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

Oleh:
SYAHNA MUNAWARAH
NIM. 190702100

Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry

Disetujui untuk dimunaqasyahkan Oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Juhansyah Harahap, S.T., M.Sc.

NIDN. 2031078204

Aulia Rohendi, M.Sc.

NIDN. 2010048202

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan



Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.

NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**PENYISIHAN COD, BOD, AMONIA DAN TSS
MENGUNAKAN METODE ELEKTROKOAGULASI
DENGAN KOMBINASI ELEKTRODA ALUMINIUM (Al) DAN
BESI (Fe) PADA AIR LIMBAH HASIL PENGOLAHAN IKAN**

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 Persyaratan Kelulusan Program Sarjana Teknik
(S-1) dalam Ilmu Teknik Lingkungan


Pada Hari/Tanggal: Senin, 18 Desember 2023
05 Jumadil Akhir 1445 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

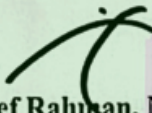
Sekretaris,

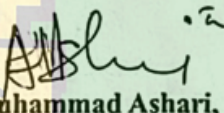

Dr. Ir. Julfansyah Harahap, S.T., M.Sc.
NIDN. 2031078204


Aulia Rohendi, M.Sc.
NIDN. 2010048202

Penguji I,

Penguji II,


Arief Rahman, M.T.
NIDN. 2010038901


Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc.
NIDN. 2002028301

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UTN Ar-Raniry Banda Aceh



Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Nama : Syahna Munawarah
NIM : 190702100
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-raniry Banda Aceh
Judul Tugas Akhir : Penyisihan COD, BOD, Amonia Dan TSS Menggunakan Metode Elektrokoagulasi Dengan Kombinasi Elektroda Aluminium (Al) Dan Besi (Fe) Pada Air Limbah Hasil Pengolahan Ikan

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dosen pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

Bila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang benar 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.

Banda Aceh, 18 Desember 2023



saya menyatakan,

Syahna Munawarah

ABSTRAK

Nama : Syahna Munawarah
NIM : 190702100
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Penyisihan COD, BOD, Amonia Dan TSS Menggunakan Metode Elektrokoagulasi Dengan Kombinasi Elektroda Aluminium (Al) Dan Besi (Fe) Pada Air Limbah Hasil Pengolahan Ikan
Tanggal Sidang : 18 Desember 2023
Pembimbing 1 : Dr. Ir. Juliansyah Harahap S.T., M.Sc.,
Pembimbing 2 : Aulia Rohendi, M.Sc.,
Kata Kunci : Air Limbah. Metode Elektrokoagulasi, Tegangan, COD

Air limbah hasil pengolahan ikan yang telah terakumulasi dari pencucian, pemotongan dan pengolahan ikan mengandung polutan organik yang sangat tinggi sehingga menyebabkan pencemaran bagi badan air. Metode elektrokoagulasi digunakan dalam pengolahan air limbah perikanan dikarenakan sederhana dan mudah untuk dilakukan, tetapi dapat mencapai efektivitas tinggi dalam penyisihan polutan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas penurunan polutan dan pengaruh dari variasi tegangan listrik serta waktu kontak dengan metode elektrokoagulasi yang menggunakan elektroda aluminium (Al) silinder sebagai anoda dan besi (Fe) spiral sebagai katoda dalam penyisihan COD, BOD, amonia, TSS, pH pada air limbah hasil pengolahan ikan. Dalam penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental dengan pendekatan kuantitatif yang menggunakan variabel terikat yaitu COD, BOD, amonia, TSS serta pH dan variabel bebas yaitu tegangan listrik 3, dan 5 volt serta waktu kontak 60, 90 dan 120 menit. Hasil dari proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda Al dan Fe menunjukkan efektivitas penurunan konsentrasi nilai COD, BOD dan TSS sebesar 96,34%, 95,2%, dan 73,22% dengan kemampuan optimum tegangan sebesar 5V dan waktu kontak 120 menit. Efektivitas penurunan konsentrasi amonia terjadi pada kemampuan optimum tegangan 3V dengan waktu kontak 60 menit yaitu sebesar 98,75%. Konsentrasi pH meningkat dari basa menjadi asam. Berdasarkan hasil penelitian ini, besar tegangan pada metode elektrokoagulasi dapat mempengaruhi konsentrasi COD, BOD, amonia serta TSS yang terdapat pada air limbah hasil dari pengolahan ikan. Hasil yang diperoleh menunjukkan sesuai dengan baku mutu yang telah ditentukan.

ABSTRACT

Name : Syahna Munawarah
ID : 190702100
Study Program : Environmental Engineering
Title : Removal of COD, BOD, Ammonia, and TSS Using Electrocoagulation Method with Combination of Aluminum (Al) and Iron (Fe) Electrodes in Fish Processing Wastewater
Session Date : 18 Desember 2023
Supervisor 1 : Dr. Ir. Juliansyah Harahap S.T., M.Sc.,
Supervisor 2 : Aulia Rohendi, M.Sc.,
Keyword : Wastewater, Electrocoagulation Method, Voltage, COD

Wastewater resulting from fish processing which has accumulated from washing, cutting and processing fish contains very high levels of organic pollutants, causing pollution to water bodies. The electrocoagulation method is applied in fisheries wastewater treatment because it is simple and easy to do, but can achieve high effectiveness in removing pollutants. The aim of this research is to determine the effectiveness of reducing pollutants and the effect of variations in electric voltage and contact time using the electrocoagulation method which uses a cylindrical aluminum (Al) electrode as an anode and iron (Fe) spiral as a cathode in removing COD, BOD, ammonia, TSS, pH in wastewater resulting from fish processing. This research uses an experimental methods with a quantitative approach using dependent variables, namely COD, BOD, ammonia, TSS and pH and independent variables, namely electrical voltage of 3 and 5 volts and contact time of 60, 90 and 120 minutes. The results of the electrocoagulation process using Al and Fe electrodes show the effectiveness of reducing the concentration of COD, BOD and TSS values by 96.34%, 95.2% and 73.22% with an optimum voltage capability of 5V and a contact time of 120 minutes. The effectiveness of reducing ammonia concentration occurs at the optimum capacity of 3V voltage with a contact time of 60 minutes, namely 98.75%. The pH concentration increases from alkaline to acidic. Based on the results of this research, the amount of voltage used in the electrocoagulation method can affect the concentration of COD, BOD, ammonia and TSS contained in wastewater resulting from fish processing. The results obtained show that they comply with the determined quality standards.

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah Swt. yang telah melimpahkan segala karuniaNya yang tidak terhingga, khususnya nikmat Iman dan Islam, yang dengan keduanya diperoleh kebahagiaan dunia dan akhirat. Sholawat dan Salam semoga selalu tercurah kepada Baginda Nabi Muhammad saw. dan atas keluarga dan sahabat beliau serta orang-orang yang mengikuti jejak langkah mereka itu hingga akhir zaman.

Dengan mengucapkan rasa syukur kepada Allah Swt. Tugas akhir ini telah dapat penulis selesaikan. Penulis mengambil judul tugas akhir yaitu “Penyisihan COD, BOD, Amonia Dan TSS Menggunakan Metode Elektrokoagulasi Dengan Kombinasi Elektroda Aluminium (Al) Dan Besi (Fe) Pada Air Limbah Hasil Pengolahan Ikan”. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu (1) pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Tugas Akhir ini telah penulis susun dengan maksimal yang melibatkan bantuan dari berbagai pihak sehingga dapat memperlancar pembuatan tugas akhir dari awal sampai dengan selesai. Penulis juga mengucapkan banyak terimakasih kepada Ayahanda Syarifuddin dan Ibunda Rahmina S.Sos., selaku orang tua dari penulis yang telah senantiasa mendukung dan memberikan semangat dalam pembuatan tugas akhir ini. Kemudian, penulis tak lupa mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc., selaku ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Bapak Aulia Rohendi, M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh dan selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

4. Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis.
5. Bapak Dr. Ir. Juliansyah Harahap S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-raniry.
6. Ibu Ir. Yeggi Darnas, M.T., selaku Dosen Prodi Teknik Lingkungan yang telah membantu, memberikan ilmu dan motivasi terhadap saya selama menjalani perkuliahan.
7. Seluruh Dosen Prodi Teknik Lingkungan yang telah memberikan ilmunya selama ini dan Staf Prodi Teknik Lingkungan.
8. Asti, Salsa, Halyssa, Ricco, Qabil, Nasar, Asrul dan semua teman-teman yang turut membantu dan mendukung dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
9. Teman-teman seperjuangan yang telah membantu, mendukung dan memberi semangat dalam pelaksanaan kuliah dan penyusunan Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

Penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan manfaat serta menambah wawasan berbagai pihak, khususnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan di Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Penulis menyadari tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Maka dari itu, kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan tugas akhir ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Banda Aceh, 18 Desember 2023

Penulis,

Syahna Munawarah

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Batasan Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Air limbah Perikanan.....	6
2.2. Karakteristik Air limbah Perikanan	7
2.2.1. <i>Biochemical Oxygen Demand (BOD)</i>	8
2.2.2. <i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	8
2.2.3. Amonia	9
2.2.4. <i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	9
2.2.5. Derajat Keasaman Air (pH)	10
2.3. Metode Elektrokimia	10
2.3.1. Elektrokoagulasi	11
2.3.2. Faktor Yang Mempengaruhi Proses Elektrokoagulasi.....	13
2.3.3. Penelitian Terdahulu	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Lokasi dan Pengambilan Sampel.....	17

3.1.1. Lokasi Pengambilan dan Penelitian Sampel.....	17
3.1.2. Metode Pengambilan Sampel	19
3.1.3. Hasil Uji Pendahuluan	19
3.2. Penelitian	19
3.2.1. Alat dan Bahan Penelitian	19
3.2.3. Prosedur Penelitian	20
3.2.4. Desain Reaktor.....	20
3.3. Metode Pengumpulan Data.....	21
3.4. Pengukuran.....	22
3.4.1. Bahan Pengukuran	22
3.4.2. Prosedur Pengukuran Parameter.....	22
3.5. Analisis Data	25
3.5.1. Efektivitas	25
3.5.2. Analisis Statistik	25
3.6. Tahapan Umum Penelitian	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1. Efektivitas Penurunan Parameter Pencemar Pada Air Limbah	28
4.1.1. COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	33
4.1.2. BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>)	34
4.1.3. Amonia.....	36
4.1.4. TSS (<i>Total Suspended Solid</i>)	38
4.1.5. Derajat Keasaman Air (pH)	40
4.2. Pengaruh Waktu dan Tegangan Terhadap Penurunan Parameter Pencemar.....	41
BAB V PENUTUP	45
5.1. Kesimpulan	45
5.2. Saran	45
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR GAMBAR

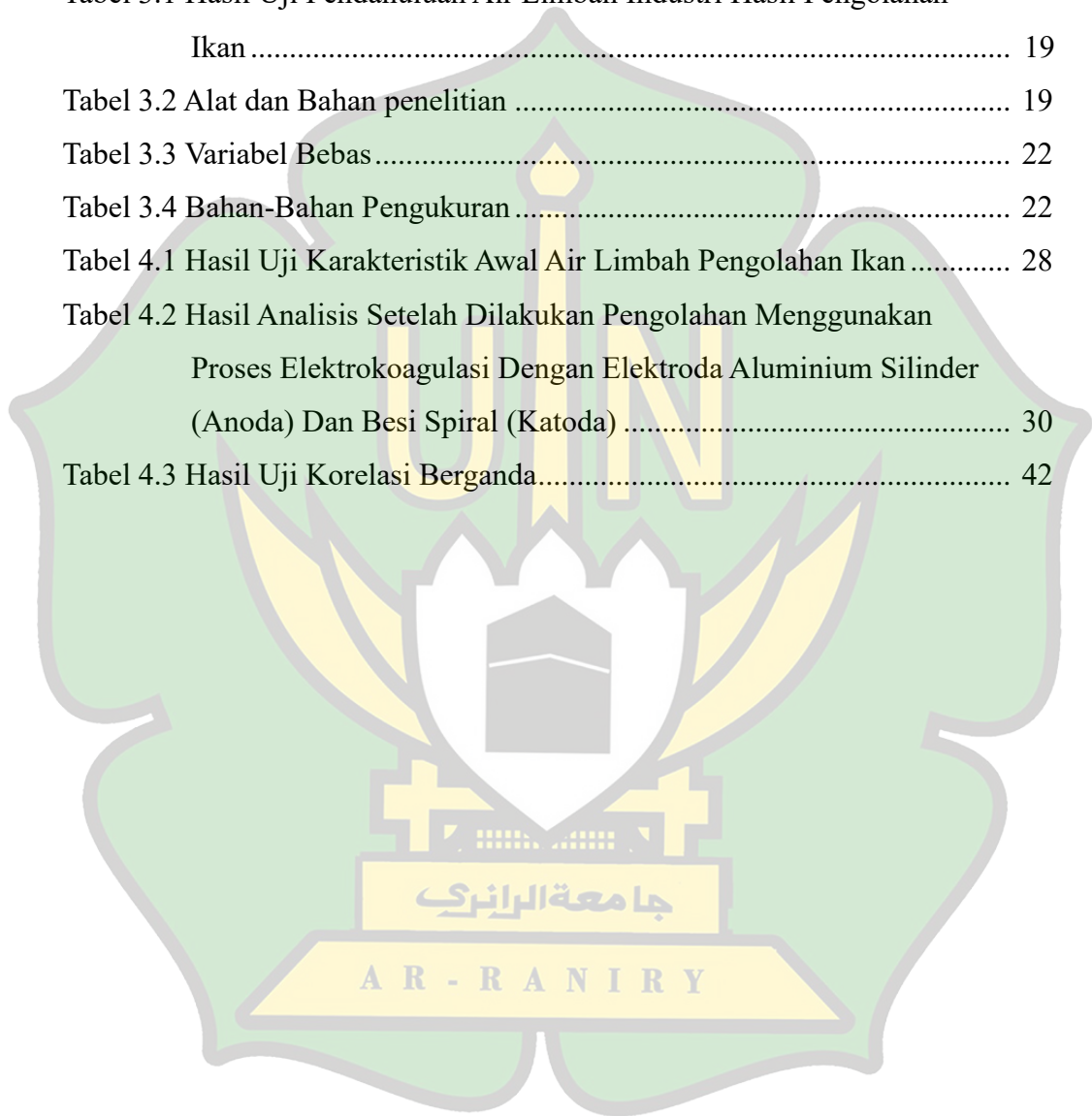
Gambar 3.1	Peta Lokasi Pengambilan Sampel.....	18
Gambar 3.2	Desain Reaktor Elektrokoagulasi.....	21
Gambar 3.4	Diagram Alir Tahapan Umum Penelitian.....	27
Gambar 4.1	Penampakan Fisik Limbah Awal Hasil Pengolahan Ikan Sebelum dan Setelah Proses Elektrokoagulasi Variasi Tegangan 3v Waktu Kontak 60, 90 dan 120 Menit.....	31
Gambar 4.2	Penampakan Fisik Limbah Awal Hasil Pengolahan Ikan Sebelum dan Setelah Proses Elektrokoagulasi Variasi Tegangan 4v Waktu Kontak 60, 90 dan 120 Menit.....	31
Gambar 4.3	Penampakan Fisik Limbah Awal Hasil Pengolahan Ikan Sebelum dan Setelah Proses Elektrokoagulasi Variasi Tegangan 5v Waktu Kontak 60, 90 dan 120 Menit	32
Gambar 4.4	Proses Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Silinder dan Besi Spiral	32
Gambar 4.5	Hasil Penurunan Kadar COD Pada Air Limbah Hasil Pengolahan Ikan Menggunakan Proses Elektrokoagulasi	33
Gambar 4.6	Efektivitas Penurunan Kadar COD Menggunakan Proses Elektrokoagulasi	34
Gambar 4.7	Hasil Penurunan Kadar BOD Pada Air Limbah Hasil Pengolahan Ikan Menggunakan Proses Elektrokoagulasi	35
Gambar 4.8	Efektivitas Penurunan Kadar BOD Menggunakan Proses Elektrokoagulasi	35
Gambar 4.9	Hasil Penurunan Kadar Amonia Pada Air Limbah Hasil Pengolahan Ikan Menggunakan Proses Elektrokoagulasi	36
Gambar 4.10	Efektivitas Penurunan Kadar Amonia Menggunakan Proses Elektrokoagulasi	37
Gambar 4.11	Hasil Penurunan Kadar TSS Pada Air Limbah Hasil Pengolahan Ikan Menggunakan Proses Elektrokoagulasi	39
Gambar 4.12	Efektivitas Penurunan Kadar TSS Menggunakan Proses	

Elektrokoagulasi..... 40
Gambar 4.13 Perubahan Kadar pH Pada Air Limbah Hasil Pengolahan Ikan
Menggunakan Metode Elektrokoagulasi 41



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Hasil Pengolahan Perikanan	7
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu	16
Tabel 3.1 Hasil Uji Pendahuluan Air Limbah Industri Hasil Pengolahan Ikan	19
Tabel 3.2 Alat dan Bahan penelitian	19
Tabel 3.3 Variabel Bebas	22
Tabel 3.4 Bahan-Bahan Pengukuran	22
Tabel 4.1 Hasil Uji Karakteristik Awal Air Limbah Pengolahan Ikan	28
Tabel 4.2 Hasil Analisis Setelah Dilakukan Pengolahan Menggunakan Proses Elektrokoagulasi Dengan Elektroda Aluminium Silinder (Anoda) Dan Besi Spiral (Katoda)	30
Tabel 4.3 Hasil Uji Korelasi Berganda	42



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia menjadi salah satu negara dengan potensi perikanan terbesar di dunia dan hasil produksi dari industri ini cenderung meningkat dikarenakan adanya peningkatan permintaan akan konsumsi ikan laut (Arsandi dkk., 2022). Hasil laut yang dihasilkan umumnya dikonsumsi baik dalam bentuk olahan maupun dalam bentuk segar. Industri olahan perikanan umumnya berada dekat dengan Tempat Pelelangan Ikan (TPI) sebagai tempat penyediaan sumber bahan baku olahan sehingga menimbulkan dampak terhadap lingkungan sekitar (Oktavia dkk., 2012). Industri perikanan termasuk salah satu industri yang memberikan kontribusi yang signifikan terhadap jumlah limbah di Indonesia.

Industri perikanan dapat menghasilkan limbah hingga 20-30 persen, hal ini menjadikan industri ini termasuk salah satu industri terbesar penyumbang limbah yang cukup tinggi di Indonesia sehingga akan berdampak negatif bagi lingkungan (Afrianisa dan Ningsih, 2021). Dalam proses pengolahan dan penangkapan ikan, Industri perikanan menghasilkan air limbah maupun padat. Limbah ini dihasilkan dari proses pengalengan, pembekuan (*cold storage*), produksi tepung ikan dan proses lainnya (Marta dan Nursyam, 2021).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Banda Aceh tahun 2023, kota Banda Aceh memproduksi ikan mencapai 17.736 ton pada tahun 2021 dan mengalami peningkatan produksi mencapai 23.548 ton pada tahun 2022. Peningkatan ini terjadi akibat banyaknya kebutuhan dan permintaan dari konsumen. Sehingga menimbulkan dampak dari produksi yang meningkat dan menghasilkan kuantitas air limbah dalam jumlah yang signifikan. Air limbah perikanan ini cenderung mengandung tingkat polutan organik yang sangat tinggi. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan agar memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan (Yuliasni dkk., 2019). Karakteristik pada air limbah hasil pengolahan ikan pada salah satu perusahaan pengolahan dan penyimpanan ikan beku pada kawasan Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Lampulo, Kota Banda Aceh berada di atas baku mutu

dengan nilai COD sebesar 520 mg/L, BOD sebesar 354,5 mg/L, Amonia sebesar 20 mg/L dan pH sebesar 6,1.

Air limbah perikanan yang dihasilkan menyebabkan penurunan kandungan oksigen terlarut dalam air, sehingga menyebabkan berkurangnya ketersediaan oksigen bagi biota perairan dan menghasilkan bau tidak sedap. Dari permasalahan diatas, maka dibutuhkan pengolahan yang bertujuan untuk menurunkan bahan pencemar yang disebabkan air limbah perikanan agar memenuhi baku mutu. Air limbah dapat diolah secara fisik, kimia dan biologis (Marta dan Nursyam, 2021). Pengolahan air limbah perikanan dapat dilakukan dengan proses pemisahan mekanik maupun pengendapan dalam *microscreen* secara tetap dan berputar, *rapid sand filter*, fitoremediasi, elektrokimia dan biofiltrasi anaerob. Hal ini terkait dengan penataan terhadap Pasal 20 dalam Undang-Undang Pengelolaan Lingkungan Hidup Nomor 32 Tahun 2009 yang menyatakan bahwa setiap usaha diizinkan untuk membuang limbah ke lingkungan, namun harus memenuhi baku mutu lingkungan dan sesuai kewenangan pemerintah setempat.

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam pengolahan air limbah perikanan yang sesuai dengan karakteristik polutan organik yang tinggi adalah metode elektrokoagulasi (Sugito dkk., 2022). Elektrokoagulasi adalah sebuah metode dalam pengolahan air yang melibatkan reaksi elektrokimia dengan terjadinya pelepasan dari koagulan aktif berupa ion-ion logam ke dalam larutan pada anoda dan di katoda akan terjadi reaksi elektrolisis yang menghasilkan pelepasan gas hidrogen (Takwanto dkk., 2018).

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, antara lain Raiqa (2022), yang mengkaji pengolahan air cucian kendaraan bermotor dengan metode elektrokoagulasi yang menggunakan elektroda aluminium dan besi, COD, BOD, TSS, kekeruhan dan surfaktan menurun sebesar 98,43%, 53,46%, 96,07%, 82,88% dan 83,47% (Raiqa, 2022). Berdasarkan penelitian Sarif (2022), yang telah melakukan pengujian terhadap air limbah pembekuan ikan menggunakan metode elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium (Al) dan telah membandingkan efisiensi variasi rapat arus serta variasi waktu kontak dalam penurunan polutan pencemar. Hasil penelitian yang diperoleh adalah dengan menggunakan elektroda

Aluminium (Al) dapat menyisihkan kadar polutan COD sebesar 62,74% dengan rapat arus 15 A/m^2 dan waktu kontak 180 menit. Belum ada yang melakukan pengolahan air limbah hasil pengolahan ikan dengan metode elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium (Al) dan besi (Fe).

Metode elektrokoagulasi termasuk salah satu pengolahan limbah alternatif sederhana dan mudah untuk dilakukan, tetapi mencapai efisiensi tinggi dalam penyisihan polutan. Metode elektrokoagulasi dapat menurunkan beberapa parameter diantaranya adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), fosfat, *Total Suspended Solid* (TSS), *Total Dissolved Solid* (TDS), kekeruhan, amonia, minyak dan lemak, serta surfaktan. Keunggulan metode ini juga terletak pada tidak adanya kebutuhan akan bahan kimia sebagai koagulan, sehingga tidak perlu dilakukan pengolahan lanjutan, biaya operasional dan perawatan yang relatif murah (Kalsum dkk., 2021). Maka dari itu, dilakukan penelitian ini dengan kombinasi desain elektroda berbentuk silinder dan spiral serta memvariasikan tegangan listrik dan waktu kontak.

1.2 Rumusan Masalah

Air limbah hasil perikanan menghasilkan polutan organik yang tinggi, maka dari itu harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air (Yuliasni dkk., 2019). Metode elektrokoagulasi yang menggunakan elektroda pasangan aluminium (Al) terbukti dapat menurunkan kadar amonia pada air limbah industri perikanan khususnya pembekuan udang (Sugito dkk., 2022). Sejalan dengan terus berkembangnya teknologi pengolahan air limbah menggunakan metode elektrokoagulasi, maka dirasakan perlu untuk melakukan suatu penelitian yang terkait dengan penggunaan kombinasi elektroda aluminium berbentuk silinder dan besi berbentuk spiral, serta penambahan variasi pada tegangan listrik dan waktu kontak. Berdasarkan rumusan masalah diatas maka pertanyaan penelitian pada Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana efektivitas pengolahan untuk air limbah hasil pengolahan ikan dengan metode elektrokoagulasi yang menggunakan elektroda aluminium (Al) silinder dan besi (Fe) spiral dalam penyisihan COD, BOD, amonia dan TSS?

2. Bagaimana pengaruh variasi tegangan listrik dan waktu kontak dalam penyisihan COD, BOD, amonia dan TSS pada air limbah hasil pengolahan ikan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan, tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui efektivitas pengolahan air limbah hasil pengolahan ikan dengan metode elektrokoagulasi yang menggunakan elektroda aluminium (Al) silinder dan besi (Fe) spiral dalam penyisihan COD, BOD, amonia dan TSS.
2. Untuk mengetahui pengaruh dari variasi tegangan listrik dan waktu kontak dalam penyisihan COD, BOD, amonia dan TSS pada air limbah perikanan.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan dari penelitian yang ingin dicapai, maka manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi masyarakat, metode elektrokoagulasi dapat digunakan dalam pengolahan air limbah industri hasil pengolahan ikan sebelum dibuang ke badan air.
2. Bagi peneliti, hasil dari penelitian ini untuk dapat menjadi pengetahuan baru tentang metode elektrokoagulasi dengan kombinasi elektroda aluminium (Al) silinder dan besi (Fe) spiral dalam mendegradasi polutan pencemar COD, BOD, Amonia, TSS dan pH menggunakan.
3. Diharapkan penelitian ini akan bermanfaat menjadi bahan rujukan terhadap penelitian yang lebih lanjut terkait pengolahan air limbah untuk industri hasil perikanan.

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini memiliki fokus pada permasalahan dan tujuan penelitian yang telah disampaikan sebelumnya, untuk menghindari disorientasi dan bias, maka penelitian ini dibatasi pada:

1. Hanya menguji parameter COD, BOD, Amonia, TSS dan pH dengan merujuk pada Baku Mutu yang terdapat dalam Lampiran XIV Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.
2. Penelitian ini menggunakan sistem pengolahan metode elektrokoagulasi dengan jenis elektroda berbahan aluminium (Al) berbentuk silinder yang dikombinasikan dengan elektroda dari material besi (Fe) berbentuk spiral.
3. Variabel yang ditinjau dalam penelitian ini dibatasi hanya menggunakan 3 variasi untuk tegangan (3, 4, 5 volt) dan 3 variasi untuk waktu kontak (60, 90, 120 menit) dalam perlakuan pengolahan air limbah industri perikanan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air limbah Perikanan

Di Indonesia, perikanan terbagi menjadi tiga yaitu perikanan untuk air laut, air payau dan air tawar. Produk dari perikanan umumnya terdapat dalam berbagai tipe perairan yang berbeda. Pengolahan dari hasil perikanan adalah penanganan setelah tangkap dengan sarana, prasarana dan teknologi (Athirafitri dkk., 2021). Industri hasil pengolahan ikan memiliki berbagai pengolahan dan teknologi dalam mengembangkan metode pengolahan dan penangkapan ikan, sehingga dihasilkan air limbah maupun limbah padat. Air limbah yang dihasilkan dari perikanan berasal dari proses pengalengan, pembekuan (*cold storage*), proses tepung ikan dan sebagainya. Konsumsi air yang terlalu tinggi dilakukan saat pengolahan, pencucian peralatan dan bahan baku (Marta dan Nursyam, 2021). Industri pengolahan ikan di Indonesia masih termasuk konvensional karena berada dekat dengan lokasi penangkapan ikan.

Industri perikanan menjadi salah satu penghasil air limbah yang dapat menimbulkan permasalahan bagi lingkungan, dikarenakan air limbah banyak mengandung bahan organik yang sangat tinggi seperti darah, sisik ikan, potongan ikan, minyak dan lemak yang menimbulkan bau tidak sedap sehingga menjadi pencemar bagi lingkungan bila tidak adanya pengolahan yang tepat (Ibrahim dkk., 2017). Produk perikanan yang diproduksi setiap ton produk akan menghasilkan air limbah sebesar 20 m³ dan akan meningkat sejalan dengan peningkatan produksi. Air limbah perikanan mengandung *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), Total Kjeldahl Nitrogen (TKN), nitrat (NO₃), sulfida (H₂S), fosfat (PO₄), Amonia (NH₃) dan klorin bebas (Ibrahim dkk., 2019).

COD dan BOD menjadi terlalu tinggi dikarenakan banyak bahan organik terlarut dan tersuspensi, serta peningkatan kadar lemak maupun minyak. Air limbah hasil perikanan menimbulkan bau busuk dikarenakan dekomposisi laju protein yang mengandung asam amino bersulfur, sehingga menghasilkan amonia dan asam

sulfida. Asam lemak rantai pendek yang dihasilkan dari penguraian bahan organik juga menjadi penyebab munculnya bau tidak sedap. Pada permukaan air akan menghasilkan gas yang berbau dan menghambat proses biologi dalam air dikarenakan adanya minyak dan lemak (Oktavia dkk., 2012).

Limbah hasil pengolahan ikan harus diolah agar sesuai dengan baku mutu sebelum dibuang ke lingkungan terutama badan air. Limbah ini juga dapat dimanfaatkan kembali namun harus melalui pengolahan agar menurunkan maupun menghilangkan kadar bahan pencemar yang terkandung didalamnya.

2.2 Karakteristik Air limbah Perikanan

Air limbah hasil pengolahan ikan dicirikan dengan tingginya konsentrasi bahan organik seperti protein, nutrisi, minyak dan lemak. Air limbah berasal dari sisik, darah, tulang, kulit, kepala ikan dan potongan ikan, sehingga menyebabkan adanya polutan organik yang terlarut, berbentuk koloid maupun partikulat. Hal ini akan menimbulkan peningkatan COD, BOD dan TSS dalam perairan (Ayyoub dkk., 2023). Selain itu, limbah hasil pengolahan ikan menghasilkan bau yang disebabkan Amonia dan hidrogen sulfida (Jamal dan Pugazhendi, 2021).

Berdasarkan baku mutu air limbah menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2014 pada Lampiran XIV dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Hasil Pengolahan Perikanan

Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
pH	6-9
TSS	100
Amonia	10
Klor Bebas	1
BOD	100
COD	200
Minyak-Lemak	15

(Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2014 Lampiran XIV)

2.2.1 *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

Kontaminan utama dari air limbah umumnya diklasifikasi menjadi tiga kategori yaitu karbon organik, nitrogen dan fosfor. Karbon organik adalah substrat yang menyebabkan kekurangan oksigen dan menimbulkan masalah bagi keberadaan biota air. *Biochemical oxygen demand* atau BOD adalah kebutuhan oksigen biologis yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk menghancurkan bahan organik secara aerobik. Mikroorganisme mendapatkan energi melalui proses oksidasi dan memakan bahan organik di perairan atau disebut proses dekomposisi bahan organik. Nilai BOD pada perairan harus diketahui agar mendapatkan informasi mengenai jumlah beban pencemar pada perairan baik dari air buangan ataupun industri (Daroini dan Arisandi, 2020).

Pengukuran BOD dipilih pada tahun 1908 sebagai indikator pencemaran organik sungai oleh Komisi Kerajaan Inggris untuk mengetahui pencemaran sungai. Pada tahun 1936, *American Public Health Association Standard Methods Committee* mengadopsi parameter ini sebagai indikator acuan dalam mengevaluasi biodegradasi berbagai bahan kimia dan zat berbahaya (Jouanneau dkk., 2014). BOD merujuk jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk pemecahan biotik dari bahan organik dalam badan air. BOD adalah jumlah oksigen terlarut di dalam air untuk digunakan oleh berbagai mikroba (Rachman dkk., 2022).

2.2.2 *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD atau *Chemical Oxygen Demand* merupakan suatu ukuran pada pencemaran air yang disebabkan zat organik secara alami yang dapat dioksidasi dengan proses biologis dan akan berdampak negatif sehingga akan mengurangi oksigen terlarut di dalam air. Biasanya nilai konsentrasi COD memiliki nilai lebih besar dibandingkan nilai konsentrasi BOD. COD adalah jumlah total oksigen yang dibutuhkan dalam mengoksidasi bahan organik secara kimiawi (Pungut dkk., 2021). COD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik dalam satu liter air dengan menggunakan $K_2Cr_2O_7$ sebagai pengoksidasi dalam keadaan asam yang mendidih dengan suhu optimum (Ramadani dkk., 2021).

Kandungan COD juga menunjukkan tingkat pencemaran air yang disebabkan oleh zat pereduksi kimia seperti besi dan sulfida. Dalam mendeteksi kadar COD sebagian besar masih menggunakan cara konvensional seperti metode indeks kromat berat dan kalium permanganat atau disebut reagen kimia yang dilakukan di laboratorium (Han dkk., 2022).

2.2.3 Amonia

Amonia yang berlebihan dapat menyebabkan eutrofikasi yang merusak perairan dan kelebihan paparan polutan ini juga dapat membahayakan manusia. Amonia merupakan gas yang tidak memiliki warna dan menyebabkan iritasi dengan bau yang menyengat. Keberadaan amonia dipengaruhi oleh suhu dan pH dengan nilai yang relatif lebih tinggi (Hamonangan dan Yuniarto, 2022).

Amonia merupakan bentuk sisa nutrisi pakan yang tidak dapat diserap oleh ikan dikarenakan ikan hanya mampu menyerap 20-30% nutrisi dan selebihnya diekskresikan sebagai produk akhir metabolisme protein. Kelebihan amonia dalam perairan akan menimbulkan penurunan dalam proses reproduksi, laju pertumbuhan dan kekebalan dari tubuh biota air (Putri dkk, 2022). Kadar amonia dalam perairan yang melebihi batas baku mutu yang disebabkan dari limbah kegiatan manusia seperti domestik dan industri akan menimbulkan sifat toksik terhadap biota laut dan menjadi salah satu polutan pencemar di perairan (Sehol dan Mangesa, 2023).

2.2.4 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) merupakan sebagian dari padatan zat organik dan anorganik yang memiliki ukuran 2 μm atau lebih kecil. Bahan yang tersuspensi terdiri atas lumpur, pasir halus dan jasad-jasad renik. Kadar padatan tersuspensi yang terlalu tinggi akan menyebabkan penurunan pada kejernihan air sehingga sinar matahari dapat terhalang masuk ke dalam badan air (Saputra dan Hanum, 2017).

Kurangnya intensitas cahaya matahari yang mencapai perairan karena kandungan TSS yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan fitoplankton. Padatan tersuspensi ini juga dapat memiliki dampak negatif pada ekosistem perairan secara keseluruhan. Ketika konsentrasi TSS dalam suatu perairan tinggi, maka produktivitas pada perairan tersebut akan lebih rendah. Hal ini berhubungan erat

dengan proses fotosintesis dan respirasi organisme di dalam perairan (Kamajaya dkk., 2021).

2.2.5 Derajat Keasaman Air (pH)

Derajat keasaman air atau *power of hydrogen* (pH) adalah suatu indikator untuk menentukan tingkat keasaman dan kebasaan dari suatu larutan. Skala yang dimiliki pH berkisar dari 1 hingga 14 dengan nilai 7 dianggap netral. Nilai pH yang kurang dari 7 dianggap asam dan nilai pH yang melebihi nilai 7 dianggap basa. Asam dan basa adalah besaran dalam pengolahan suatu zat yang dihasilkan kegiatan domestik dan industri (Karangan dkk., 2019). Kadar pH yang tinggi akan menjadi permasalahan terhadap lingkungan.

2.3 Metode Elektrokimia

Metode elektrokimia adalah metode dengan menggunakan proses reduksi-oksidasi, yaitu elektroda positif (anoda) yang akan mengalami reaksi oksidasi sehingga elektron pada permukaan anoda dilepaskan dan ion elektrolit membawanya menuju elektroda positif. Proses elektrokimia termasuk salah satu teknik yang paling efektif dalam mendegradasi berbagai jenis polutan. Proses elektrokimia memiliki beberapa kelebihan diantaranya yaitu memerlukan sedikit bahkan tidak sama sekali reagen kimia sehingga mencegah terbentuknya polutan baru dan menggunakan biaya energi serendah mungkin. Tetapi terdapat kerugian dalam metode ini yaitu terjadinya pengotoran pada elektroda dan investasi awal yang tinggi. Efektivitas dari proses elektrokimia bergantung pada elektrolit dalam sampel, pH dan potensial yang diterapkan serta elektroda yang digunakan (Rajoria dkk., 2021).

Proses elektrokimia mampu menyesuaikan dengan cepat terhadap perubahan dari air limbah hanya dengan menghidupkan dan mematikan daya atau mengubah kerapatan arus. Umumnya, terdapat 2 (dua) elektroda pada elektrokimia yaitu anoda dan katoda dengan celah diantaranya menggunakan elektrolit. Terdapat beberapa metode pengolahan air dengan menggunakan proses elektrokimia salah satunya adalah metode elektrokoagulasi (Yadav dan Kamsonlian, 2022).

2.3.1 Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi memiliki prinsip elektrolisis yang diperkenalkan oleh Michael Faraday pada tahun 1820. Proses terjadi pada larutan elektrolit yang mengirimkan ion antar elektroda (Boinpally dkk., 2023). Prinsip mendasar dari teknologi elektrokoagulasi ialah reaksi reduksi dan oksidasi, dimana peristiwa oksidasi terjadi pada anoda sebagai elektroda (+) dan reduksi yang terjadi pada katoda sebagai elektroda (-). Sehingga terbentuk flokulan yang akan mengikat partikel-partikel atau kontaminan yang terkandung pada sampel. Proses ini dikenal sebagai elektrolisis gelombang pendek (Masrullita dkk., 2021).

Pada tahun 1909, J.T Harries diberikan hak paten di Amerika Serikat untuk teknologi elektrolisis dengan memanfaatkan aluminium (Al) dan besi (Fe) sebagai elektroda untuk pengolahan air limbah. Tetapi, elektrokoagulasi tidak dipraktekkan secara luas dalam pengolahan air dikarenakan biaya listrik dan investasi yang tinggi. Metode elektrokoagulasi menunjukkan efisiensi dibandingkan dengan koagulasi kimia konvensional dalam menghilangkan kontaminan organik dan anorganik dari tanah dan air permukaan (Boinpally dkk., 2023).

Sesuai dengan prinsip elektrokoagulasi, teknologi ini mampu mengurangi beban pencemar dikarenakan adanya pelepasan koagulan alami secara elektrolisis pada elektroda dan pelepasan dari elektroda yang berfungsi sebagai flokulan. Umumnya pengaplikasian teknologi elektrokoagulasi menggunakan dua pasang atau lebih plat untuk aliran listrik sehingga elektroda akan melepaskan ion-ion sebagai koagulan. Elektroda yang dapat digunakan seperti besi, baja, aluminium dan lainnya (Mulyadi dan Sowohy, 2020).

Elektrokoagulasi merupakan suatu metode dalam pengolahan air secara elektrokimia, dimana anoda akan melepaskan koagulan aktif ke larutan dalam bentuk ion logam dan terjadi reaksi elektrolisis yaitu pelepasan gas hidrogen pada katoda (Trisnaawati dan Purnama, 2021). Arus listrik dalam proses elektrokoagulasi menerapkan arus listrik rendah untuk menginduksi pembubaran logam secara serentak pada anoda besi serta aluminium, ion hidroksil dan pembentukan gas hidrogen pada katoda (Abbasi dkk., 2022).

Elektrokoagulasi digunakan untuk menghilangkan beberapa jenis polutan air limbah seperti kandungan minyak, COD, BOD, logam berat, pewarna dan

salinitas. Proses elektrokoagulasi terjadi tiga proses yang terjadi disaat bersamaan diantaranya pembentukan koagulan yang diakibatkan arus listrik (koagulasi), terjadinya oksidasi dari arus listrik di sekitar anoda dan melarutkan logam (elektrooksidasi), serta pembentukan busa atau buih akibat arus listrik (elektroflotasi). Pada anoda terjadi pelarutan elektroda, sehingga terjadi penipisan elektroda pada anoda namun pada katoda tidak ada perubahan. Pada anoda menghasilkan ion Fe^{2+} dan Al^{3+} yang bereaksi dengan ion hidroksida (OH^-) dan membentuk $\text{Fe}(\text{OH})_2$ atau $\text{Al}(\text{OH})_3$. Senyawa inilah yang akan mengikat koloid-koloid dan membentuk koagulan. Pada katoda akan membentuk gelembung gas hidrogen yang berfungsi untuk menaikkan flok-flok tersuspensi yang tidak dapat mengendap di dalam sel (Sihombing dan Sarungu, 2022).

Menurut Hari dkk. (2015), dari prinsip elektrokoagulasi maka ionisasi logam yang dihasilkan elektroda berbentuk spiral dipercepat dengan dipengaruhi dari banyak sudut-sudut tajam sehingga akan mempercepat proses elektrokoagulasi karena koagulan yang dihasilkan semakin banyak. Dalam mempersiapkan proses elektrokoagulasi terdiri atas sel elektrolitik dan serangkaian elektroda logam yang umumnya menggunakan besi (Fe) atau aluminium (Al) yang digabungkan pada arus listrik searah yang dikontrol. Katoda dan anoda yang digunakan dalam proses elektrokoagulasi dapat dibuat menggunakan bahan yang sama maupun berbeda.

Pada proses elektrokoagulasi terdapat beberapa faktor yang mempengaruhinya seperti luas permukaan elektroda, jenis elektroda, kuat arus, tegangan, jarak antar elektroda yang jika semakin pendek jaraknya maka akan semakin kuat medan elektrostatis sehingga semakin rendah efektivitas elektrokoagulasi, konsentrasi awal larutan, konduktivitas larutan dan pH awal larutan (Gustiana dan Widayatno, 2020). Pola elektroda juga menjadi faktor yang dapat mempengaruhi proses elektrokoagulasi dikarenakan berdampak pada jumlah saat pelepasan koagulan aktif dan pelepasan gas hidrogen saat berlangsungnya proses elektrokoagulasi (Nugraha dkk., 2018). Konduktivitas dan pH adalah dua parameter yang harus dipertimbangkan dalam proses elektrokoagulasi, hal ini dikarenakan konduktivitas, potensial zeta dan pembubaran logam dalam air limbah dipengaruhi oleh pH. Sebaliknya, pH cenderung berfluktuasi selama terjadinya

proses elektrokoagulasi. Hal ini akan mempersulit hubungan pH dan efisiensi elektrokoagulasi (Yadav dan Kamsonlian, 2022).

Elektroda berbentuk silinder akan melepaskan arus yang lebih tinggi dibandingkan elektroda berbentuk lempeng, hal ini disebabkan oleh pengaruh dari luas permukaan yang lebih besar saat berinteraksi dengan kontaminan. Sehingga seluruh permukaan elektroda akan berpartisipasi dalam proses oksidasi selama proses elektrokoagulasi. Semakin banyak aluminium yang mengalami oksidasi, semakin banyak koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang dihasilkan untuk mengikat polutan dalam air limbah (Marlina, 2023). Elektroda berbentuk spiral lebih banyak melepaskan jumlah ion dibandingkan dengan elektroda berbentuk persegi sehingga akan lebih banyak menghasilkan gas hidrogen dan ion hidroksida. Apabila ion hidroksida yang dihasilkan lebih banyak maka akan menaikkan pH dalam larutan. Hal ini dikarenakan, pH larutan akan mempengaruhi keseluruhan efisiensi dan efektivitas dari proses elektrokoagulasi (Hari P dkk., 2015).

Proses elektrokoagulasi memiliki beberapa keunggulan diantaranya tidak memerlukan bahan kimia yang berlebihan sehingga tidak diperlukan pengolahan selanjutnya terhadap air (Sukmawardani dan Amalia, 2019). Memiliki nilai efisiensi yang cukup tinggi, ramah lingkungan, ekonomi dalam pengolahan air (Nugraha dkk., 2022). Dan elektrokoagulasi dapat beroperasi menggunakan arus rendah sehingga dapat bekerja pada sel surya, sel bahan bakar serta kincir (Boinpally dkk., 2023).

2.3.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Proses Elektrokoagulasi

Proses elektrokoagulasi dipengaruhi dengan beberapa faktor saat berlangsungnya proses ini sebagai berikut:

1. Tegangan

Tegangan menjadi faktor dasar yang mempengaruhi terjadinya elektrokoagulasi, dengan meningkatnya tegangan akan menyebabkan kenaikan dari efisiensi dalam penyisihan polutan. Tegangan elektrokoagulasi mempunyai pengaruh kuat untuk densitas arus karena semakin meningkat tegangan maka densitas arus akan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan, densitas arus akan

menentukan dosis koagulan, jumlah produksi flok, laju dan ukuran gelembung yang dilepaskan saat proses yang terjadi pada elektroda (Afifa dkk., 2021).

2. Waktu

Pengaruh waktu dalam proses elektrokoagulasi, dimana semakin lama terjadinya elektrokoagulasi, maka akan semakin banyak terjadinya proses oksidasi dan reduksi. Dalam setiap elektroda akan terbentuk gas oksigen dan hidrogen yang akan mengikat koloid-koloid sehingga membentuk flok yang dengan ukuran besar dan terflotasi (Trisnaawati dan Purnama, 2021).

3. Pola Elektroda

Pola elektroda menjadi salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam proses elektrokoagulasi dikarenakan dapat berpengaruh pada pelepasan jumlah koagulan aktif dan pelepasan gas hidrogen selama proses elektrokoagulasi berlangsung. Umumnya penggunaan elektroda pola seimbang katoda dan anoda dikarenakan jumlah koagulan dan hidrogen yang dihasilkan akan seimbang dengan jumlah polutan yang terdapat pada air limbah sehingga polutan akan membentuk flok dan terflotasi ke permukaan cairan (Nugraha dkk., 2018).

4. Jarak Antar Elektroda

Jarak antar elektroda akan berdampak dalam mentransfer elektron antara anoda yang menerima elektron dan katoda menjadi tempat proses reduksi. Efisiensi penurunan pada pengolahan terjadi saat jarak dari antar elektroda semakin diperbesar sehingga menyebabkan hambatan arus yang besar dan menyebabkan konduktivitas akan menurun. Dari interaksi yang terjadi, molekul-molekul ini akan menjadi lemah ketika jarak antar elektroda lebih dari 1 cm. Tetapi, jika jarak antar elektroda terlalu dekat akan menyebabkan jumlah koagulan menjadi sangat meningkat, hal ini akan mengganggu sistem dan berakibat hubungan yang singkat antar elektroda (Saputra dan Hanum, 2017).

5. Ketebalan Plat

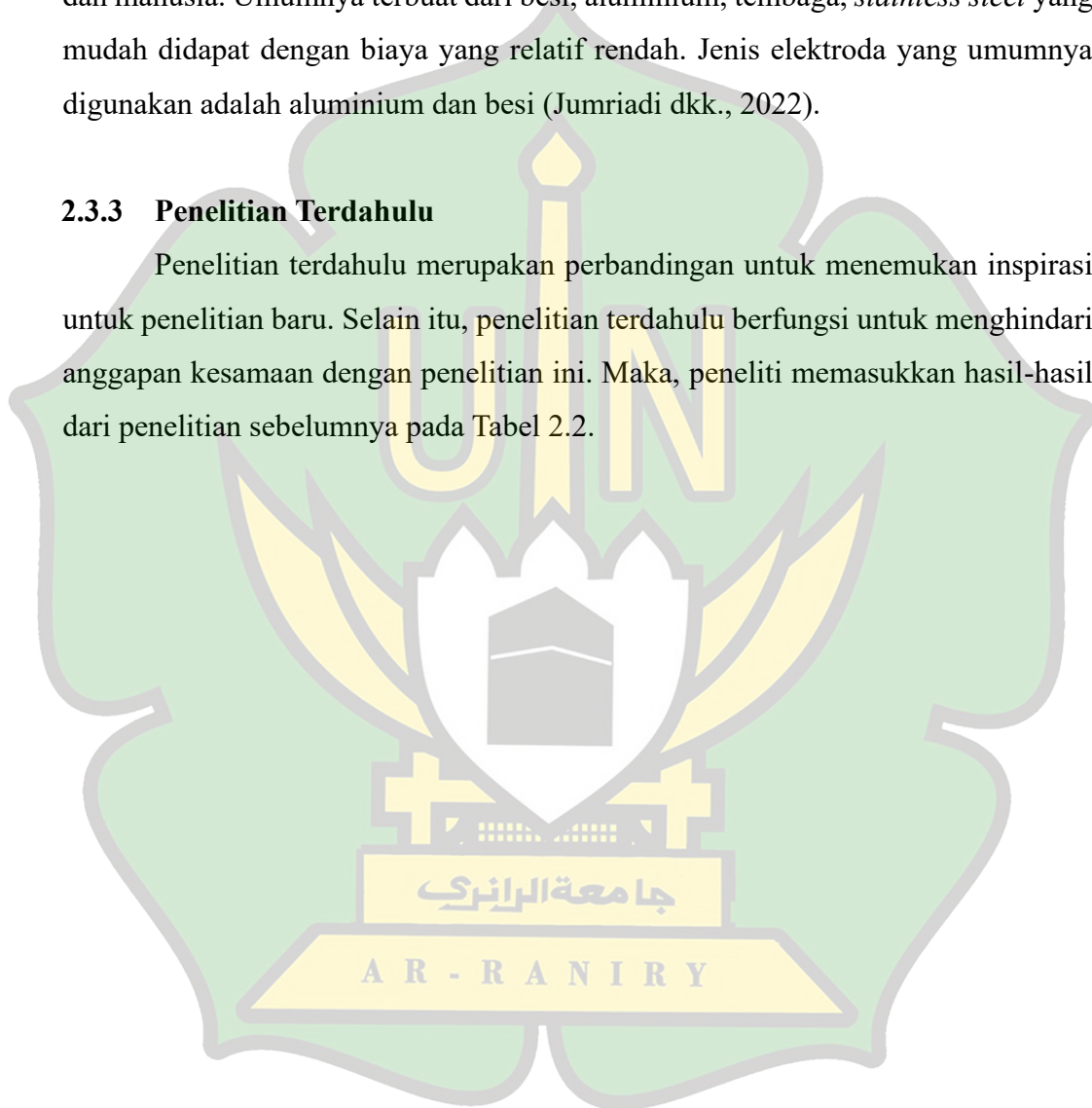
Ketebalan plat yang digunakan mengakibatkan adanya daya tarik elektrostatis pada saat mereduksi dan mengoksidasi ion-ion logam yang terdapat pada larutan, sehingga menjadi sangat besar (Amri dkk., 2020).

6. Jenis Elektroda

Bahan elektroda terbagi menjadi *inert* dan non inert, dimana inert adalah elektroda yang tidak reaktif atau tidak ikut dalam reaksi redoks elektrolisis. Sedangkan elektroda *non inert* adalah elektroda yang ikut dalam reaksi redoks elektrolisis. Jenis yang digunakan harus tidak berbahaya bagi kesehatan lingkungan dan manusia. Umumnya terbuat dari besi, aluminium, tembaga, *stainless steel* yang mudah didapat dengan biaya yang relatif rendah. Jenis elektroda yang umumnya digunakan adalah aluminium dan besi (Jumriadi dkk., 2022).

2.3.3 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan perbandingan untuk menemukan inspirasi untuk penelitian baru. Selain itu, penelitian terdahulu berfungsi untuk menghindari anggapan kesamaan dengan penelitian ini. Maka, peneliti memasukkan hasil-hasil dari penelitian sebelumnya pada Tabel 2.2.



Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

Judul Penelitian	Variasi dan Elektroda Yang Digunakan	Hasil
Amri, I., dan Destinefa, P. (2020). Pengolahan Limbah Cair Tahu Menjadi Air Bersih Dengan Metode Elektrokoagulasi Secara Kontinyu.	Elektroda Al dan Al Voltase Listrik = 8, 10, 12 V Kecepatan Alir = 0.439 L/min; 0.243 L/min; 0.087 L/min	Voltase Listrik = 12 V Kecepatan alir = 0.087 L/menit pH dari 3,6 menjadi 6,7 COD = 72,17% BOD = 71,53%
Hanif. (2022). Penurunan Kadar Pencemar Pada Air limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Dengan Metode Elektrokoagulasi	Elektroda Al dan Al Rapat Arus = 40, 45 dan 50 A/m ² Waktu = 30, 60, 90, 120, 150 dan 180 menit	Rapat Arus = 50A/m ² Waktu = 180 menit COD = 76,81% pH dari 5,9 menjadi 8,1
Sugito, Kholif, M. Al, Tyas, Y. A. N., dan Sutrisno, J. (2022). Pengaruh Elektrokoagulasi pada Penurunan Kadar BOD, COD, dan Amonia untuk Mengolah Limbah Cair Industri Pembekuan Udang (<i>Cold Storage</i>)	Elektroda Al dan Al Tegangan = 15, 18 dan 24 volt Waktu = 90, 120 dan 180 menit Jarak plat = 2 cm dan 4 cm	Tegangan = 24 volt Waktu = 180 menit Jarak Plat = 2 cm BOD = 55,90% COD = 51,29% Amonia = 48,86%
Raiqa, S. (2022). Pengolahan Limbah Cair Pencucian Kendaraan Bermotor Menggunakan Metode Elektrokoagulasi dengan Pasangan Elektroda Aluminium dan Besi.	Elektroda Al dan Fe Tegangan = 2, 3, 4, dan 5 V Waktu = 30, 60, dan 90 menit Jarak Elektroda = 2 cm dan 3 cm	Tegangan = 5 V Waktu = 90 menit Jarak Plat = 2 cm COD = 98,43% pH dari 7,8 menjadi 8,2
Sarungu, Y. T., dan Sihombing, R. P. (2023). Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil dengan Metoda Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Besi (Fe) dan Aluminum (Al).	Elektroda Al dan Fe Rapat Arus = 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25 A/m ² Waktu elektroda Fe = 5 s.d 35 menit Waktu Elektroda Al = 5 s.d 45 menit	Elektroda Fe Rapat Arus = 1,0 A/m ² Waktu = 30 menit COD = 94,05% Elektroda Al Rapat Arus = 0,75 A/m ² Waktu = 35 menit COD = 97,01%

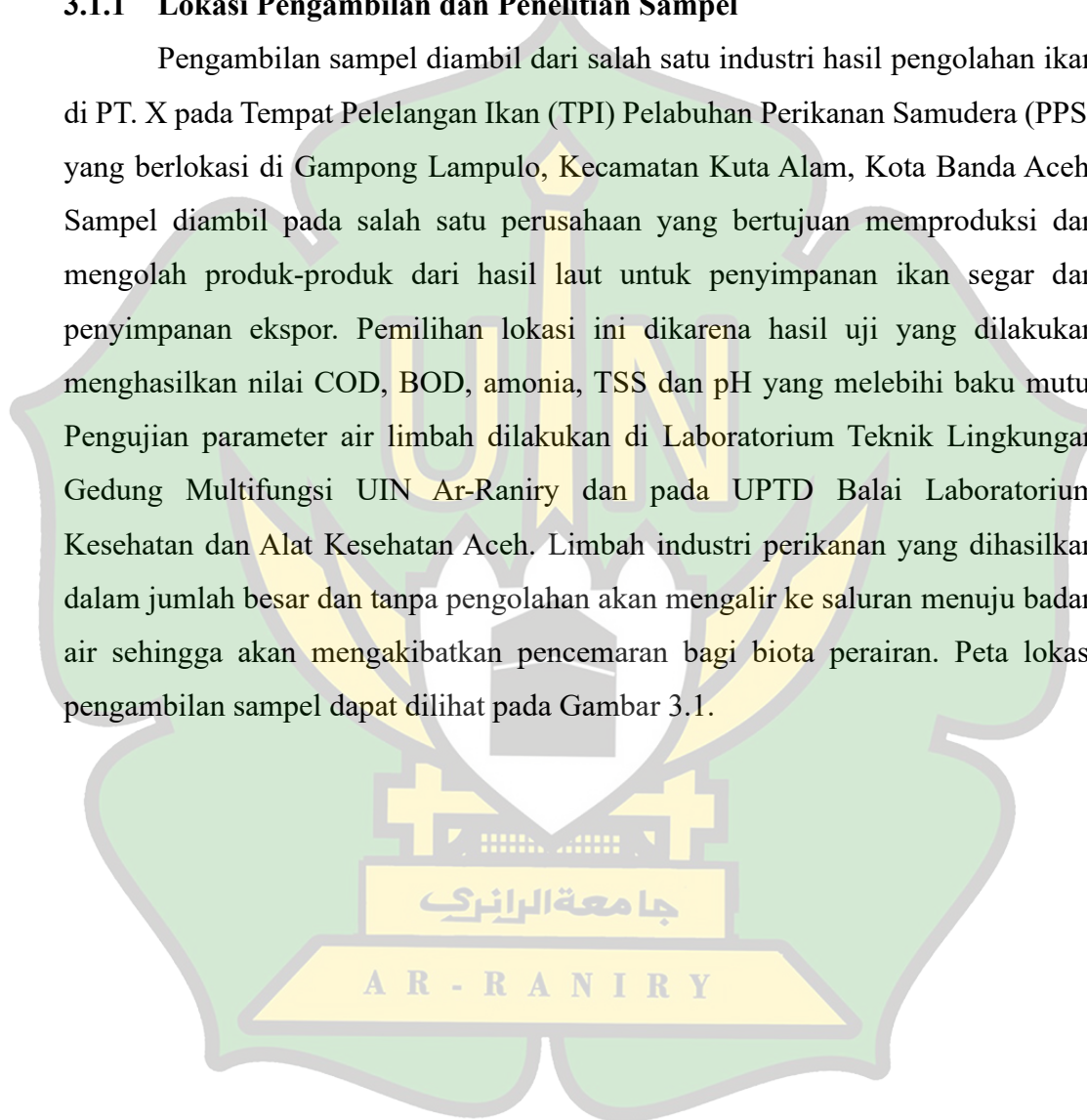
BAB III

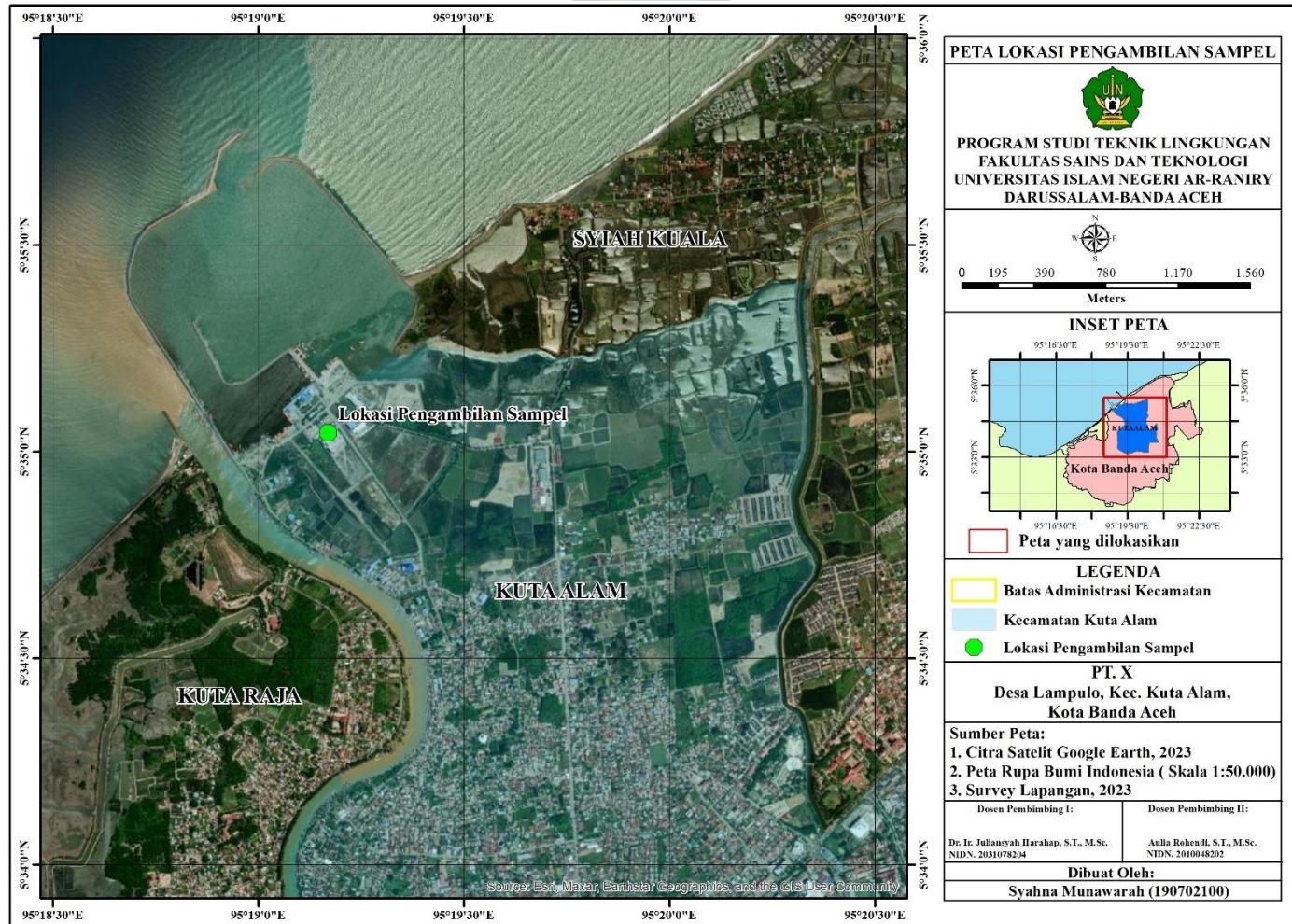
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Pengambilan Sampel

3.1.1 Lokasi Pengambilan dan Penelitian Sampel

Pengambilan sampel diambil dari salah satu industri hasil pengolahan ikan di PT. X pada Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) yang berlokasi di Gampong Lampulo, Kecamatan Kuta Alam, Kota Banda Aceh. Sampel diambil pada salah satu perusahaan yang bertujuan memproduksi dan mengolah produk-produk dari hasil laut untuk penyimpanan ikan segar dan penyimpanan ekspor. Pemilihan lokasi ini dikarena hasil uji yang dilakukan menghasilkan nilai COD, BOD, amonia, TSS dan pH yang melebihi baku mutu. Pengujian parameter air limbah dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Gedung Multifungsi UIN Ar-Raniry dan pada UPTD Balai Laboratorium Kesehatan dan Alat Kesehatan Aceh. Limbah industri perikanan yang dihasilkan dalam jumlah besar dan tanpa pengolahan akan mengalir ke saluran menuju badan air sehingga akan mengakibatkan pencemaran bagi biota perairan. Peta lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel
(Sumber : Google Earth dan ArcGis)

3.1.2. Metode Pengambilan Sampel

Pengambilan terhadap sampel air limbah industri hasil pengolahan ikan dilakukan dengan metode contoh sesaat atau *grab sampler*. Pengambilan sampel dilakukan pada saluran pembuangan limbah di PT. X yang berada pada TPI Lampulo, Kecamatan Kuta Alam, Banda Aceh dengan merujuk pada SNI 6989.59:2008 Bagian 59 tentang metode pengambilan contoh air limbah. Sampel diambil menggunakan gayung bertangkai dan dimasukkan ke dalam wadah yang terbuat dari bahan plastik yang ditutup dengan kuat dan rapat.

3.1.3. Hasil Uji Karakteristik Air Limbah

Berdasarkan uji karakteristik yang telah dilakukan terhadap air limbah industri hasil pengolahan ikan, maka hasil uji dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil Uji Karakteristik Air Limbah Industri Hasil Pengolahan Ikan

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisis	Baku Mutu (Permen LH No 5 Tahun 2014)
1.	COD	mg/l	520	200
2.	BOD	mg/l	354,5	100
3.	Amonia	mg/l	20	10
4.	pH	-	6,1	6-9
5.	TSS	mg/l	262	100

(Sumber: Hasil Uji Laboratorium, 2023)

3.2 Penelitian

3.2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, bahan-bahan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Alat dan Bahan Penelitian

No.	Alat dan Bahan	Spesifikasi	Jumlah	Kegunaan
1.	Air limbah dari Industri Hasil Pengolahan Ikan	-	15 Liter	Sampel yang akan diteliti
2.	<i>Power Supply</i>	Tegangan 15 V dan kuat arus 2 A	1 buah	Sebagai pengalir listrik
3.	Bak Kaca	Ukuran 30 cm x 15 cm x 15 cm	1 buah	Sebagai media reaktor

No.	Alat dan Bahan	Spesifikasi	Jumlah	Kegunaan
4.	Aluminium Silinder	Diameter 6 cm dan 10 cm	2 buah	Sebagai media pengaduk
5.	Besi Spiral	Diameter 3 cm dan 10 cm	2 buah	Sebagai media pengaduk
6.	Kabel Penghubung dan <i>Alligator Clip</i>	-	6 buah	Sebagai penyambung dan pengalir listrik ke elektroda
7.	Gayung	-	1 buah	Sebagai media pengambil sampel
8.	Jeriken	20 liter	1 buah	Sebagai wadah penampung sampel
9.	BOD	-	1 set	Sebagai alat untuk mengukur kadar BOD
10.	COD	-	1 set	Sebagai alat untuk mengukur kadar COD
11.	pH meter	-	1 set	Sebagai alat untuk mengukur kadar pH
12.	Vakum Filtrasi	-	1 set	Sebagai alat untuk pengukuran TSS

3.2.3. Prosedur Penelitian

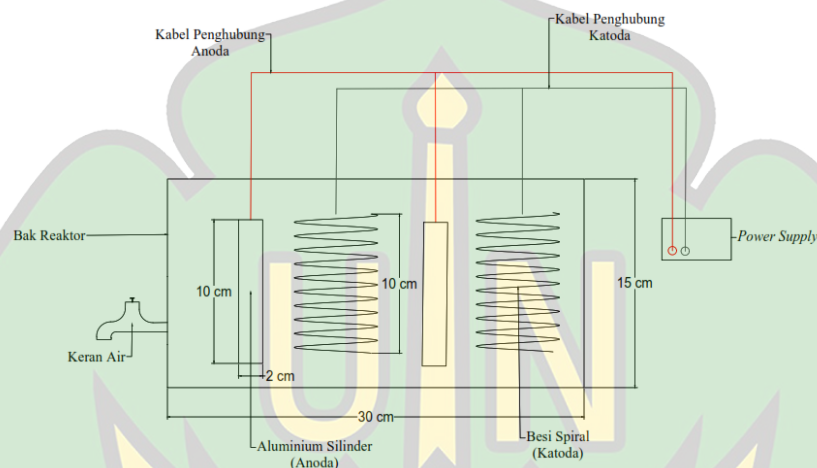
Dalam penelitian ini dilakukan eksperimen menggunakan prosedur sebagai berikut:

1. Masukkan dan susun elektroda ke dalam bak kaca sejauh 1,5 cm.
2. Masukkan sampel sebanyak 4 liter ke dalam reaktor elektrokoagulasi.
3. Memasang *alligator clip* yang tersambung pada *power supply* ke setiap elektroda di dalam bak kaca.
4. Mengalirkan arus listrik dari *power supply* tegangan dalam waktu yang telah ditentukan.
5. Mengambil sampel dan mengukur nilai BOD, COD, Amonia, TSS dan pH akhir untuk mengetahui kadar penyisihan dengan variasi yang telah ditentukan.

3.2.4. Desain Reaktor

Dalam penelitian ini menggunakan rancangan reaktor elektrokoagulasi yang terbuat dari bak kaca dengan tebal 2 mm dengan ukuran 30 cm x 15 cm x 15 cm. Anoda (Al) berukuran 10 cm dengan diameter 2 cm berbentuk silinder dan katoda

(Fe) spiral dengan ukuran dimensi 10 cm dan tinggi 10 cm masing-masing sebanyak 2 buah yang dimasukkan ke dalam reaktor dengan jarak efektif 1,5 cm antar plat. Menggunakan Power Supply DC dengan menggunakan kabel penghubung dan penjepit buaya dengan kuat arus 2 A.



Gambar 3.2 Desain Reaktor Elektrokoagulasi

3.3. Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, dua jenis data yang digunakan yaitu data primer dan data sekunder. Data primer ialah informasi atau data yang didapatkan secara langsung dari keadaan yang sebenarnya. Data primer yang digunakan pada penelitian ini adalah observasi atau pengamatan langsung di lapangan dan pengujian terhadap karakteristik sampel yang digunakan. Sedangkan data sekunder didapatkan dari BPS Kota Banda Aceh dan jurnal-jurnal penelitian terkait yang didapatkan bukan langsung dari lapangan. Pada penelitian ini menggunakan beberapa variabel, diantaranya variabel bebas dan variabel terikat sebagai berikut:

1. Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini ialah air limbah industri hasil pengolahan ikan yang akan diturunkan nilai BOD, COD, Amonia, TSS dan pH yang terkandung.

2. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini ialah variasi terhadap waktu kontak dengan variasi 60, 90 dan 120 menit dan variasi tegangan dengan variasi 3, 4 dan 5 volt yang dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Variabel Bebas

Tegangan (volt)	Waktu (Menit)
3	60
	90
	120
4	60
	90
	120
5	60
	90
	120

3.4 Pengukuran

3.4.1 Bahan Pengukuran

Dalam melakukan pengukuran dalam penelitian ini menggunakan bahan-bahan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Bahan-Bahan Pengukuran

No.	Bahan	Jumlah	Satuan	Kegunaan
1.	Air limbah industri hasil pengolahan ikan	10	Liter	Sampel yang akan diuji
2.	H ₂ SO ₄ 98%	100	ml	Pengujian COD
3.	K ₂ Cr ₂ O ₇	50	ml	Pengujian COD
4.	Alkohol 95%	50	ml	Pelarut
5.	Aquades	2000	ml	Pelarut
6.	pH Meter	1	buah	Pengujian pH

3.4.2 Prosedur Pengukuran Parameter

1. Pengukuran BOD

Pengukuran BOD dilakukan berdasarkan SNI 6989.72-2009 sebagai berikut:

- a. Disiapkan 2 buah botol DO dan ditandai masing-masing botol sebagai Botol A2, kemudian simpan di lemari inkubator dengan suhu $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 5 hari.

- b. Lakukan pengukuran oksigen terlarut pada botol A1 dan catat nilainya sebagai nilai dari oksigen terlarut nol hari.
- c. Lalu, lakukan pengukuran oksigen terlarut pada botol A2 setelah diinkubasi selama 5 hari, catat hasil sebagai nilai dari oksigen terlarut pada hari ke 5 dari botol A2.
- d. Bagian a sampai f lakukan penetapan pada blanko dengan menggunakan larutan pengencer tanpa contoh uji. Catat nilai oksigen terlarut nol hari (B1) dan nilai oksigen terlarut 55 hari (B2).
- e. Pada bagian a sampai f, tetapkan ketetapan kontrol standar dengan larutan glukosa-asam glutamat. Dapatkan nilai oksigen terlarut nol hari (C1) dan nilai oksigen terlarut 5 hari (C2).
- f. Diulangi bagian a sampai f terhadap beberapa macam contoh uji A1 dan A2.
- g. Kemudian sampel air limbah dimasukkan ke dalam botol hingga meluap, dan botol ditutup dengan hati-hati agar tidak menimbulkan gelembung udara
- h. Homogenkan dan tambahkan air bebas mineral di sekitar mulut botol DO yang telah ditutup.

2. Pengukuran COD

Pengukuran COD dilakukan berdasarkan SNI 6989.2-2019 sebagai berikut:

- a. Dimasukkan sampel ke dalam tabung COD 2,5 ml, selanjutnya campurkan sebanyak 1,5 ml larutan $K_2Cr_2O_7$ dan larutan H_2SO_4 sebanyak 3,5 dimasukkan dalam tabung COD dan kemudian ditutup.
- b. Ditekan tombol *start* pada COD reaktor dan tunggu suhu hingga naik mencapai $150^\circ C$.
- c. Ditempatkan tabung COD ke dalam reaktor COD menggunakan temperatur $150^\circ C$ selama 2 jam.
- d. Dinginkan tabung, lalu ukur sampel menggunakan COD Meter.

3. Pengukuran Amonia

Pengukuran Amonia dilakukan berdasarkan SNI 06-6989.30-2005 sebagai berikut:

- a. Pipet 25 ml sampel dan masukkan ke dalam erlenmeyer 50 ml.
- b. Tambahkan 1 ml larutan fenol dan homogenkan.
- c. Tambahkan 1 ml natrium nitroprusid dan dihomogenkan.
- d. Tambahkan 2,5 ml larutan pengoksidasi dan dihomogenkan.
- e. Tutup erlenmeyer tersebut dengan plastik atau parafin film.
- f. Biarkan selama 1 jam agar terjadi pembentukan warna.
- g. Tempatkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, baca dan catat serapannya pada panjang gelombang 640 nm.

4. Pengukuran pH

Pengukuran pH dilakukan berdasarkan SNI 6898.11-2019 sebagai berikut:

- a. Kalibrasi alat pH meter menggunakan larutan penyangga.
- b. Dikeringkan elektroda menggunakan tisu dan kemudian dibilas menggunakan aquades.
- c. Masukkan sampel limbah ke dalam beaker glass 25 ml.
- d. Dichelupkan elektroda ke dalam sampel limbah.
- e. Ditunggu pembacaan alat pH meter menjadi stabil
- f. Hasil dari pembacaan angka ditampilkan pada tampilan pH meter.

5. Pengukuran TSS

Pengukuran TSS dilakukan berdasarkan SNI 6989.3-2019 sebagai berikut:

- a. Ditimbang kertas saring Whatman dengan pori-pori 45 μm menggunakan neraca analitik.
- b. Dibasahi kertas saring menggunakan aquades.
- c. Dihomogenkan sampel, lalu masukkan sampel ke dalam media filter dengan volume tertentu dan nyalakan sistem vakum. Kemudian bilas media penyaring sebanyak 3 kali dengan masing-masing 10 ml aquades serta dilanjutkan dengan penyaringan dengan sistem vakum.
- d. Ditimbang kertas saring dengan menggunakan media penimbang.
- e. Dimasukkan kertas saring dalam oven untuk dikeringkan minimal 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C.

f. Dinginkan kertas saring di dalam desikator dan selanjutnya ditimbang.

3.5 Analisis Data

3.5.1 Efektivitas

Pada penelitian ini terdapat tahap analisa yang bertujuan agar diketahui persentase penurunan dari beban pencemar air limbah industri hasil pengolahan ikan dari setiap parameter yang telah selesai diuji, baik sebelum maupun sesudah dilakukan perlakuan menggunakan metode elektrokoagulasi.

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \quad (3.1)$$

3.5.2 Analisis Statistik

Pada penelitian ini menggunakan analisis statistik dengan sebuah perangkat lunak yang berfungsi sebagai pengolahan data dan menganalisis data yaitu perangkat lunak *Statistical Program and Social Science* atau SPSS versi 2.7. Analisis yang digunakan pada penelitian ini merupakan analisis korelasi berganda (R), yang menunjukkan arah dan kuatnya pengaruh suatu hubungan dari dua atau lebih variabel bebas secara bersamaan terhadap satu variabel terikat (Rachmadani dan Abidin, 2019). Penggunaan analisis ini bertujuan untuk dapat diketahui pengaruh variabel bebas yaitu lama waktu kontak dan tegangan terhadap variabel terikat yaitu kadar polutan BOD, COD, Amonia dan pH.

3.6 Tahapan Umum Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan kuantitatif. Sampel yang digunakan berasal dari air limbah hasil pengolahan ikan di salah satu industri hasil pengolahan ikan di PT. X pada Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) yang berlokasi di Gampong Lampulo, Kecamatan Kuta Alam, Kota Banda Aceh. Tahapan penelitian yang digunakan, secara umum dibagi menjadi beberapa tahapan yang dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

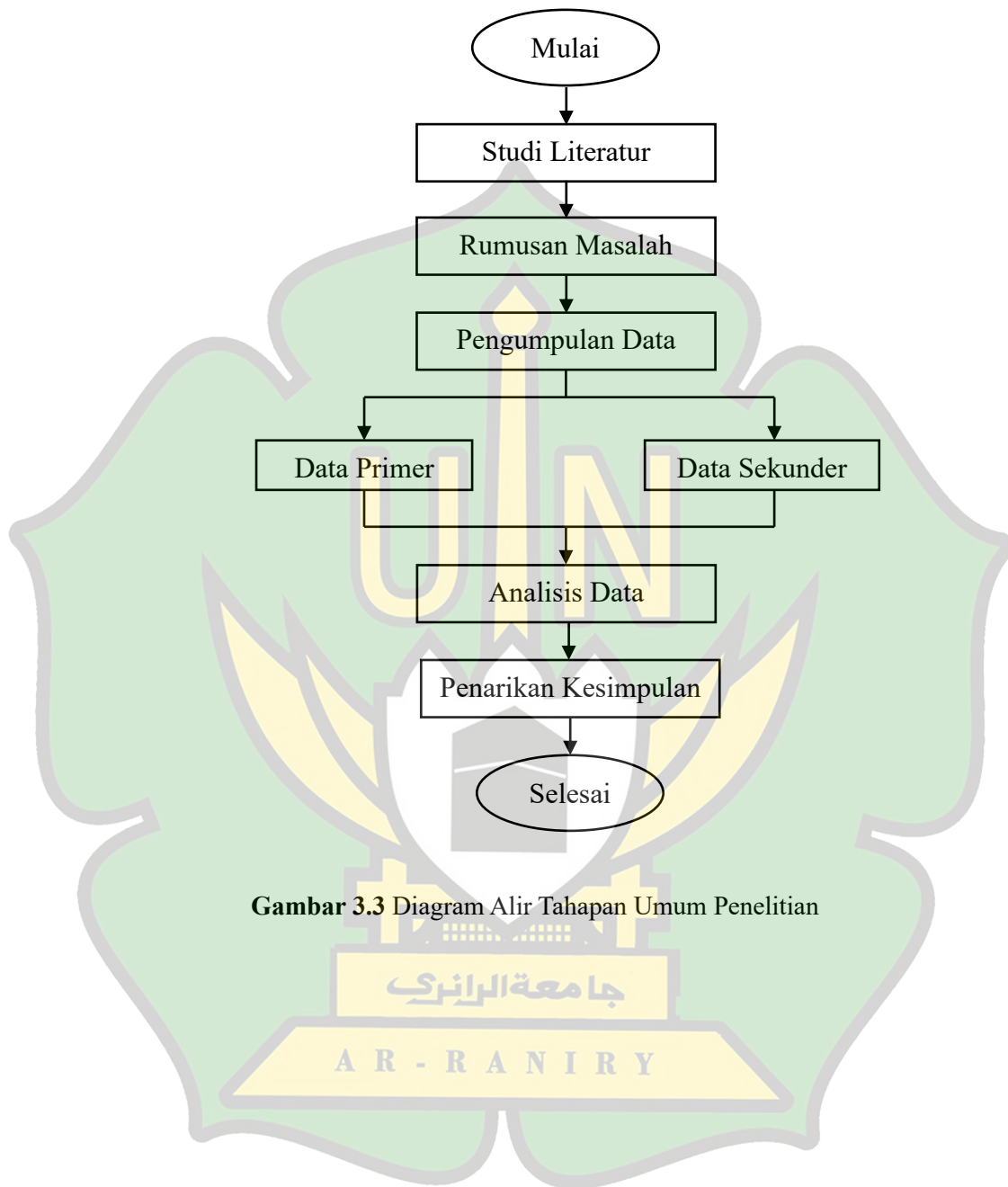
1. Tahapan studi literatur merupakan kegiatan yang berhubungan dengan mengumpulkan data pustaka, membaca dan mencatat, serta mengelola bahan

penelitian yang bertujuan untuk menambah wawasan dan pemahaman terhadap penelitian yang akan dilakukan.

2. Tahapan observasi awal adalah suatu kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui kondisi air limbah dari salah satu industri hasil pengolahan ikan, sehingga dapat ditentukan alternatif dalam mengolah air limbah yang tepat.
3. Tahapan pengumpulan data dengan mengumpulkan data primer dan data sekunder.
 - a. Data primer yang digunakan pada penelitian ini adalah terhadap karakteristik sampel yang digunakan.
 - b. Data sekunder didapatkan dari BPS Kota Banda Aceh dan jurnal-jurnal penelitian terkait yang didapatkan bukan langsung dari lapangan.
4. Tahapan analisis data merupakan tahapan yang dilakukan pada sampel air limbah industri pengolahan ikan untuk diuji parameter setelah dilakukan uji sampel yang diuji pada Laboratorium Teknik Lingkungan Gedung Multifungsi UIN Ar-Raniry dan pada UPTD Balai Laboratorium Kesehatan dan Alat Kesehatan Aceh sehingga menjadi tambahan informasi yang dapat digunakan dalam penarikan kesimpulan.
5. Tahapan penarikan kesimpulan adalah kegiatan akhir dari pengolahan data dan menjawab berapa persen efisiensi penurunan nilai dari parameter BOD, COD, Amonia dan pH dengan variasi tegangan dan waktu kontak.

جامعة الرانيري

AR - RANIRY



Gambar 3.3 Diagram Alir Tahapan Umum Penelitian

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Efektivitas Penurunan Parameter Pencemar Pada Air Limbah

Penelitian ini menggunakan air limbah yang berasal dari industri pengolahan ikan yang berlokasi di kawasan Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Lampulo, Kota Banda Aceh. Karakteristik awal dari air limbah hasil pengolahan ikan sebelum dilakukan pengolahan menggunakan elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium (Al) berbentuk silinder dan besi (Fe) berbentuk spiral yang diuji pada Laboratorium Teknik Lingkungan Gedung Multifungsi UIN Ar-Raniry dan pada UPTD Balai Laboratorium Kesehatan dan Alat Kesehatan Aceh yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil Uji Karakteristik Awal Air Limbah Pengolahan Ikan

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisis	Baku Mutu (Permen LH No 5 Tahun 2014)
1.	COD	mg/l	520	200
2.	BOD	mg/l	354,5	100
3.	Amonia	mg/l	20	10
4.	pH	-	6,1	6-9
5.	TSS	mg/l	262	100

(Sumber: Hasil Uji Laboratorium, 2023)

Berdasarkan Tabel 4.1, terlihat bahwa nilai polutan yang terkandung tidak sesuai dengan yang telah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2014 Lampiran XIV. Maka dari itu, perlu adanya pengolahan air limbah menggunakan proses elektrokoagulasi dengan variasi waktu dan tegangan.

Air limbah industri pengolahan ikan diolah dengan metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium (Al) berbentuk silinder sebagai anoda dan besi (Fe) berbentuk spiral sebagai katoda sehingga menghasilkan gumpalan busa dan flok-flok yang turun ke dasar bak kaca untuk diendapkan dan menghasilkan air limbah yang jernih. Berdasarkan Tabel 4.2, terlihat bahwa adanya perubahan yang

terjadi pada parameter air limbah hasil pengolahan ikan setelah melalui proses elektrokoagulasi.

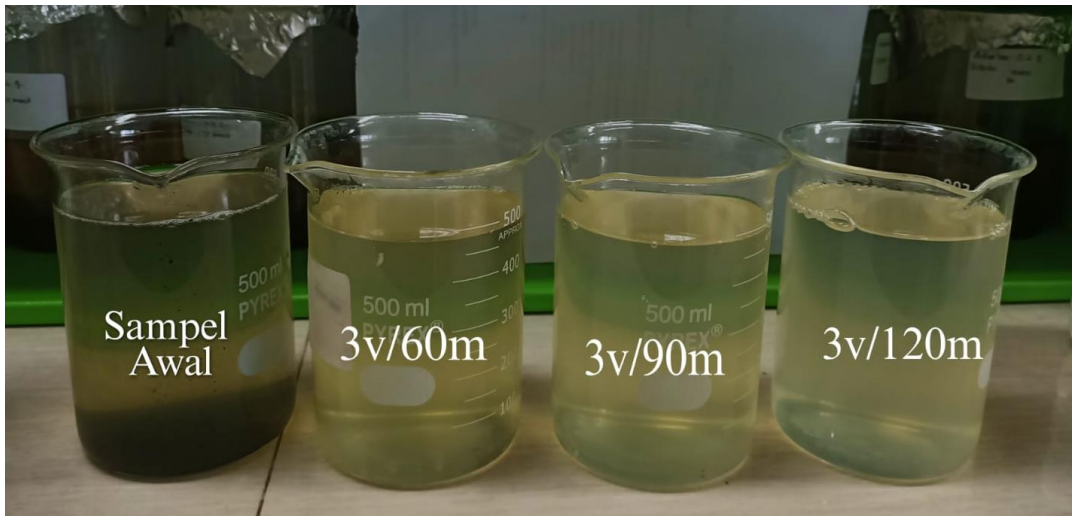
Pada proses elektrokoagulasi menghasilkan efektivitas dalam pengolahan air limbah yang paling tinggi untuk parameter COD, BOD dan TSS pada waktu kontak 120 menit dengan tegangan 5V yaitu 96,34%, 95,20% dan 73,22%. Sedangkan untuk parameter amonia pada waktu kontak 60 menit dengan tegangan 3V efektivitas sebesar 98,75%. Hasil dari analisis parameter COD, BOD, amonia, TSS dan pH yang dilakukan pada air limbah dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan penampakan fisik air limbah dari hasil pengolahan ikan setelah dilakukan proses elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium silinder dan besi spiral dapat dilihat pada Gambar 4.1, Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



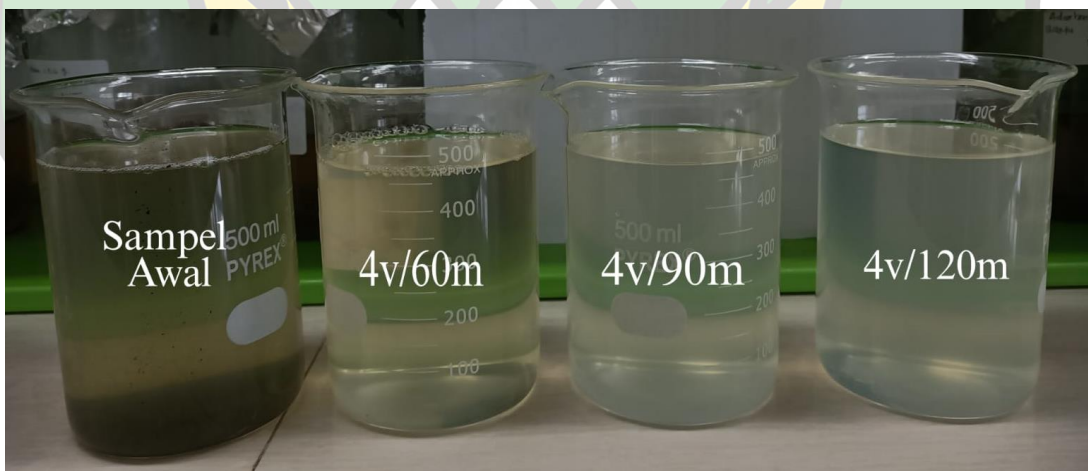
Tabel 4.2 Hasil Dari Analisis Setelah Dilakukan Pengolahan Menggunakan Elektrokoagulasi Dengan Elektroda Aluminium Silinder (Anoda) Dan Besi Spiral (Katoda)

Tegangan	Waktu (Menit)	COD (mg/l)			BOD (mg/l)			Amonia (mg/l)			TSS (mg/l)			pH	
		HPA	HPSE	EF (%)	HPA	HPSE	EF (%)	HPA	HPSE	EF (%)	HPA	HPSE	EF (%)	HPA	HPSE
3	60		137	73,65		-	-		0,25	98,75		200	23,66		9
	90		118	77,30		-	-		0,57	97,15		158	39,69		8
	120		74	85,76		52,2	85,27		1,20	94		170	35,11		8,7
4	60		77	85,19		-	-		0,48	97,6		145	44,65		8,1
	90	520	88	83,07	354,5	55,2	84,34	20	1,30	93,5	262	103	60,68	8,1	9
	120		61	88,26		-	-		1,40	93		92	64,88		8,6
5	60		42	91,92		-	-		1,30	93,5		88	66,41		8,7
	90		37	92,88		-	-		1,78	91,1		86	67,17		8,3
	120		19	96,34		17	95,20		1,67	91,65		70	73,22		7,5
Baku Mutu			200			100			10			100			6-9

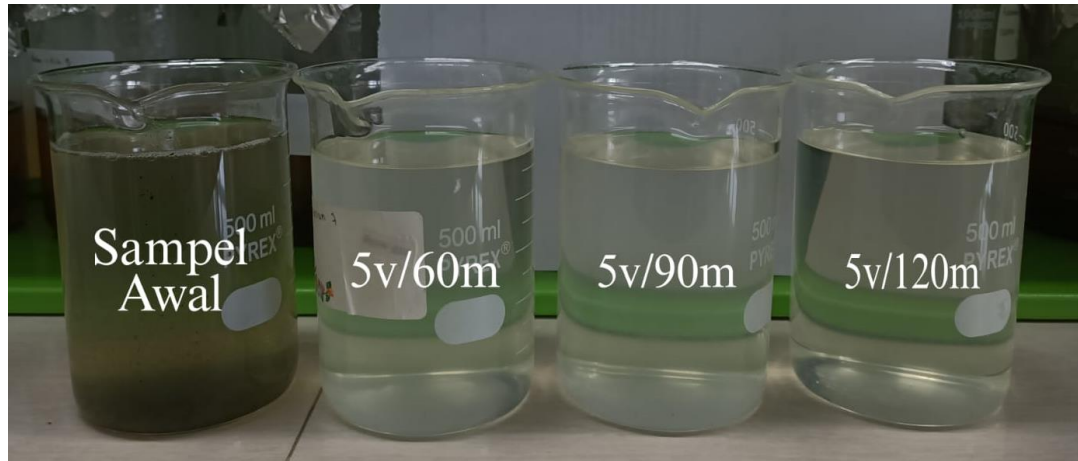
Keterangan : Hasil Pengukuran Awal (HPA), Hasil Pengukuran Setelah Elektrokoagulasi (HPSE) dan Efektivitas (EF).



Gambar 4. 1 Penampakan Fisik Air Limbah Awal Hasil Pengolahan Ikan Sebelum Dan Setelah Proses Elektrokoagulasi Variasi Tegangan 3v Dengan Waktu Kontak 60, 90 Dan 120 Menit



Gambar 4. 2 Penampakan Fisik Air Limbah Awal Hasil Pengolahan Ikan Sebelum Dan Setelah Proses Elektrokoagulasi Variasi Tegangan 4v Dengan Waktu Kontak 60, 90 Dan 120 Menit



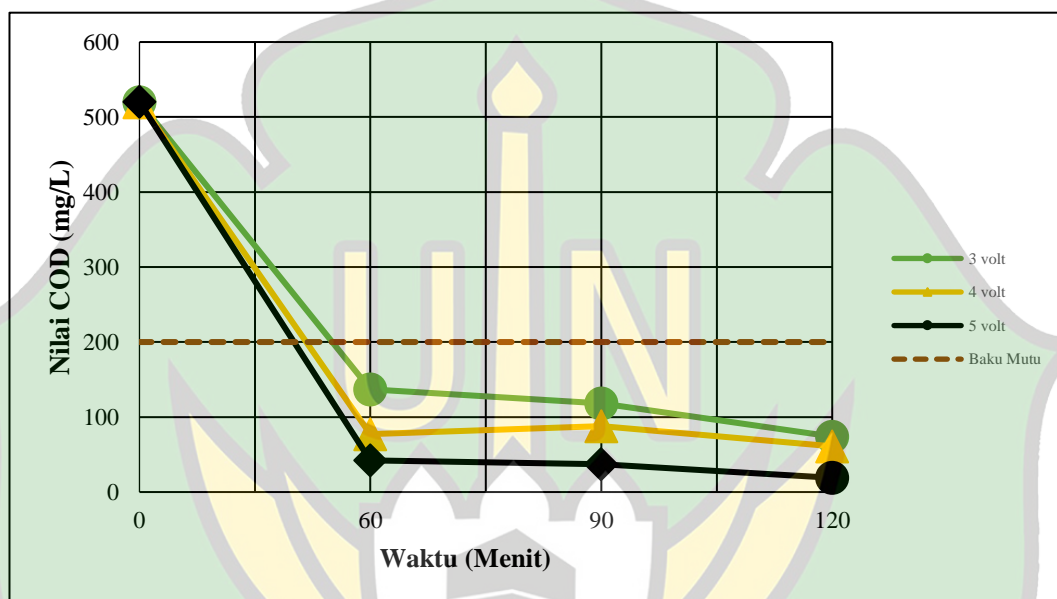
Gambar 4. 3 Penampakan Fisik Air Limbah Awal Hasil Pengolahan Ikan Sebelum Dan Setelah Proses Elektrokoagulasi Variasi Tegangan 5v Dengan Waktu Kontak 60, 90 Dan 120 Menit



Gambar 4. 4 Proses Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium Silinder Dan Besi Spiral

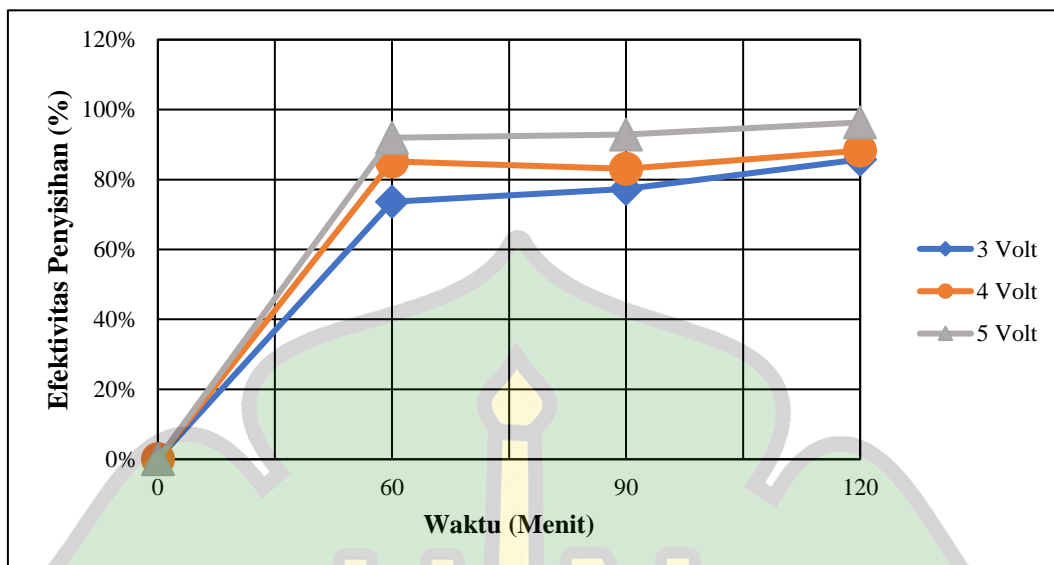
4.1.1. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Nilai COD merupakan tingkat pencemaran air oleh zat-zat organik yang teroksidasi dengan proses biologis secara alamiah. Pencemaran ini akan berdampak negatif, sehingga akan mengurangi kadar oksigen yang terlarut dalam air (Pungut dkk., 2021). Hasil penurunan konsentrasi dan persentase penyisihan konsentrasi parameter COD dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Hasil Penurunan Kadar COD Pada Air Limbah Hasil Pengolahan Ikan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi

Gambar 4.5 menunjukkan penurunan dalam penyisihan konsentrasi COD pada air limbah hasil pengolahan ikan menggunakan proses elektrokoagulasi terhadap konsentrasi awal adalah 520 mg/L. Penurunan kadar COD tertinggi yaitu dengan nilai 19 mg/L dengan proses elektrokoagulasi dengan menggunakan tegangan 5 V dan waktu kontak optimum 120 menit yang menghasilkan efisiensi penyisihannya sebesar 96,34% yang dapat dilihat pada Gambar 4.6.

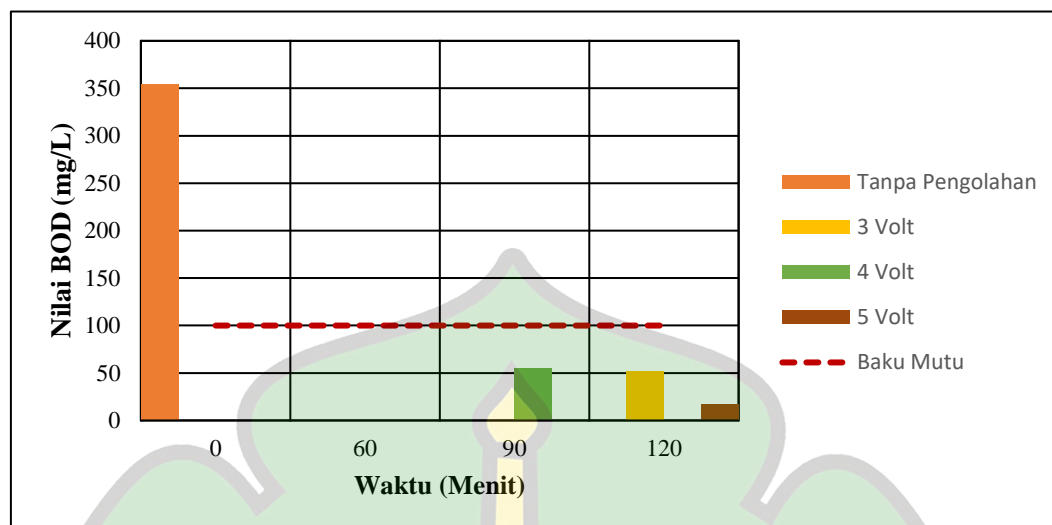


Gambar 4.6 Efektivitas Penurunan Kadar COD Menggunakan Proses Metode Elektrokoagulasi

Penurunan kadar parameter COD pada pengolahan air limbah hasil industri perikanan pada tegangan 5V pada waktu 120 menit disebabkan anoda berbentuk silinder yang memiliki luas permukaan yang lebih besar menghasilkan koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dalam jumlah banyak yang akan mengikat senyawa organik dan mengendap pada dasar bak reaktor. Katoda berbentuk spiral akan membentuk gelembung-gelembung gas hidrogen dari sisi-sisi elektroda dan akan menaikkan flok-flok tersuspensi. Hal ini sesuai dengan penelitian Prayitno dkk., (2016), yang menggunakan elektroda aluminium dan besi dengan variasi waktu 15, 30, dan 45 menit dan 1, 5 dan 7A dengan penurunan konsentrasi terbaik terjadi pada waktu 45 menit dan arus listrik 7A yaitu sebesar 90,2%.

4.1.2 BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

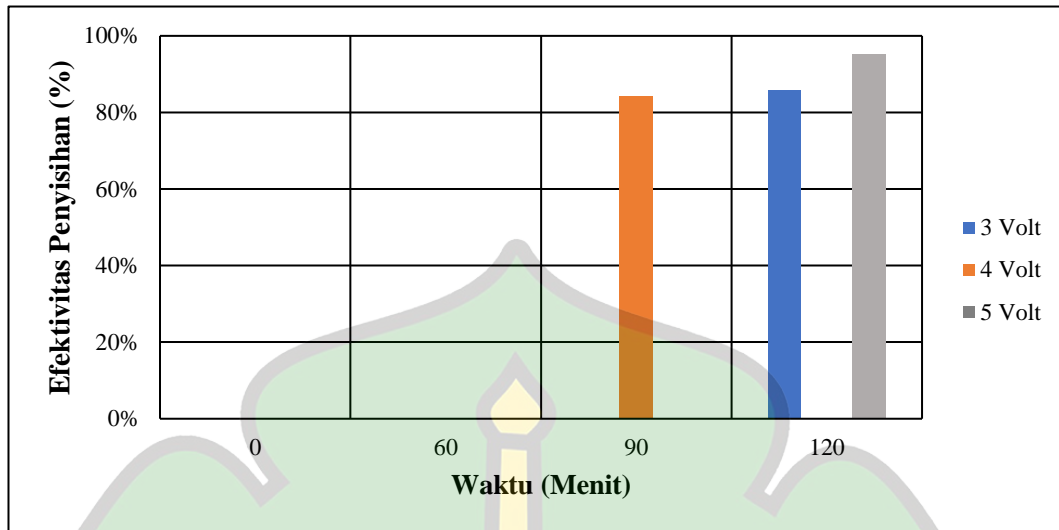
Biochemical Oxygen Demand atau BOD merupakan kebutuhan oksigen biologis yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menghancurkan bahan organik secara aerobik. Mikroorganisme mendapatkan energi melalui proses oksidasi dan mengkonsumsi bahan organik di perairan atau disebut proses dekomposisi bahan organik (Daroini dan Arisandi, 2020). Hasil penurunan dari nilai BOD dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hasil Penurunan kadar BOD Pada Air Limbah Hasil Pengolahan Ikan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi

Gambar 4.7 menunjukkan adanya penurunan nilai BOD setelah dilakukan proses elektrokoagulasi. Efisiensi dalam penurunan nilai BOD dari nilai awal BOD yaitu 354,5 mg/L sebesar 95,20% sehingga menjadi 17 mg/L yang terjadi pada proses elektrokoagulasi menggunakan tegangan 5V dengan waktu optimum 120 menit yang terlihat pada Gambar 4.8. Kejadian ini disebabkan oleh penurunan konsentrasi BOD sehingga menyebabkan berkurangnya jumlah senyawa organik dalam air limbah.

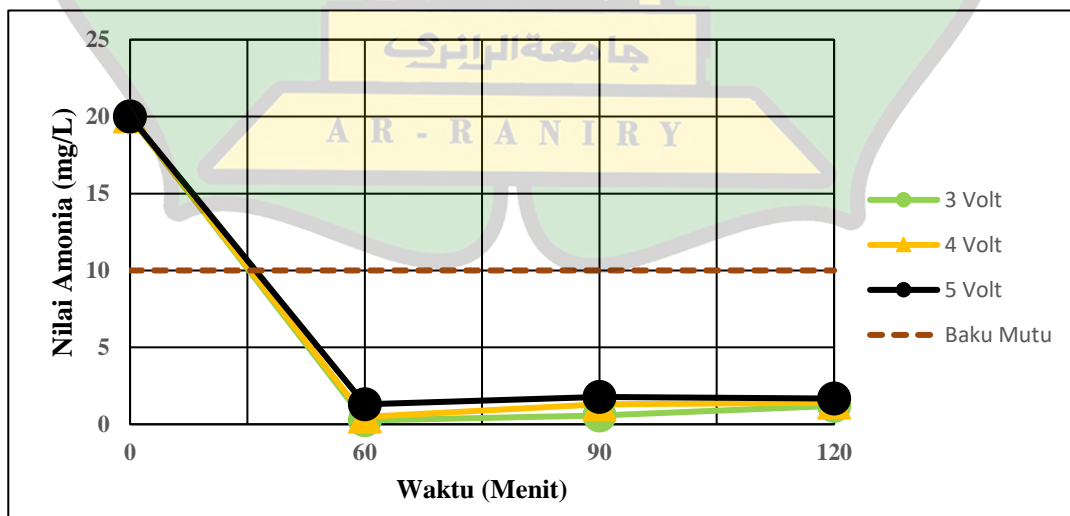
Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Igwegbe dkk., (2021) waktu memiliki pengaruh signifikan terhadap proses elektrokoagulasi, karena peningkatan durasi akan menghasilkan pengurangan yang lebih besar terhadap senyawa organik dalam air limbah. Ini disebabkan oleh jumlah aluminium yang larut yang terjadi akibat meningkatnya waktu, sehingga pembentukan $Al(OH)_3$ meningkat dan mengikat lebih banyak senyawa organik. Sehingga, efisiensi dalam menurunkan kontaminan semakin meningkat. Kenaikan efisiensi yang terjadi menggunakan proses elektrokoagulasi untuk menurunkan kadar BOD dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Efektivitas Penurunan Kadar BOD Menggunakan Proses Metode Elektrokoagulasi

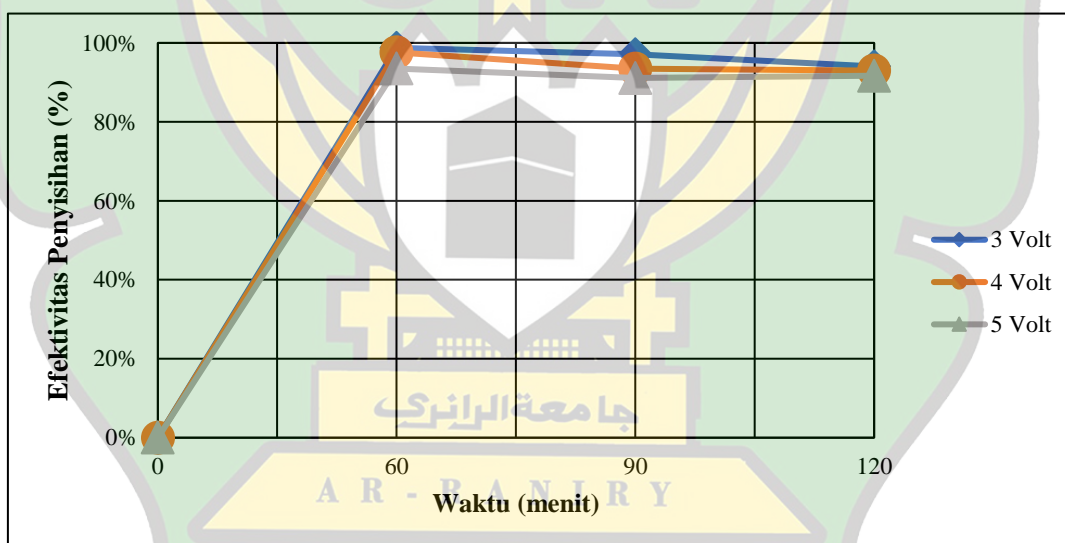
4.1.3 Amonia

Amonia adalah gas nitrogen anorganik dan memiliki bau yang sangat menyengat serta toksisitas yang tinggi bagi perairan. Nilai amonia yang berada pada perairan akan menyebabkan penurunan dalam proses reproduksi, laju pertumbuhan dan daya tahan tubuh bagi biota akuatik (Hamonangan dan Yuniarto, 2022). Hasil penurunan parameter amonia pada air limbah hasil pengolahan ikan setelah proses elektrokoagulasi dengan variasi tegangan 3, 4 dan 5 V dengan waktu kontak 60, 90 dan 120 menit dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Hasil Penurunan kadar Amonia Pada Air Limbah Hasil Pengolahan Ikan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi

Gambar 4.9 dapat dilihat pada proses elektrokoagulasi terjadi penurunan pada parameter amonia dari nilai karakteristik awal sebesar 20 mg/L di atas baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2014 pada Lampiran XIV dengan nilai amonia sebesar 10 mg/L. Kemampuan optimum dari proses elektrokoagulasi dalam menurunkan amonia terjadi pada variasi tegangan 3V dengan waktu kontak 60 menit yaitu sebesar 0,25 mg/L. Meskipun nilai parameter amonia sudah memenuhi baku mutu, namun nilai dari setiap perlakuan cenderung fluktuatif. Menurut Nur dkk., (2020) penurunan yang terjadi secara fluktuatif disebabkan terjadinya kejenuhan pada plat elektroda yang digunakan. Kejenuhan ini menyebabkan kemampuan elektroda dalam menarik polutan dalam air limbah akan berkurang. Keadaan ini terjadi karena banyaknya polutan yang menempel pada elektroda sehingga terjadi penurunan dalam proses elektrokimia dan mempengaruhi proses kinerja elektrokoagulasi.



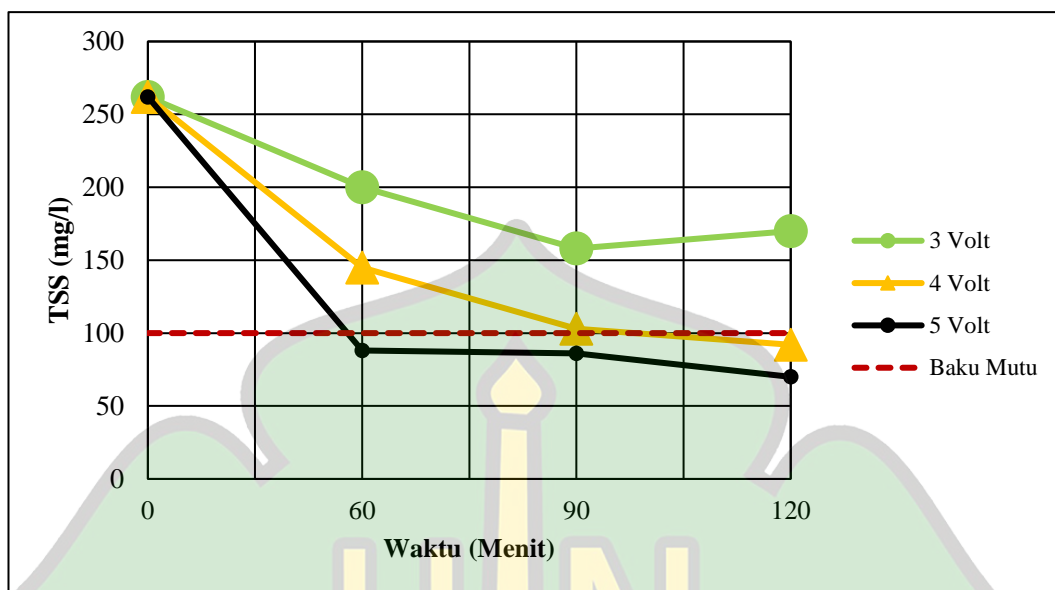
Gambar 4.10 Efektivitas Penurunan Kadar Amonia Menggunakan Proses Metode Elektrokoagulasi

Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa tegangan dan waktu optimum yang didapat dalam penelitian ini adalah 3 V dan 60 menit, menghasilkan efisiensi 98,75%. Hasil ini berbeda dari penelitian yang dilakukan oleh Sugito dkk., (2022), dimana waktu optimum dalam penurunan amonia pada menit ke-180 dengan efisiensi 43,10%. Perbedaan ini disebabkan Sugito dkk., (2022) menggunakan

elektroda berbentuk bidang/lempeng aluminium dengan ukuran 10 cm x 5 cm, sedangkan dalam penelitian ini menggunakan elektroda berbentuk silinder dengan bahan aluminium berukuran 11 cm dengan diameter 2 cm dan besi spiral dengan tinggi 10 cm dan dimensi 6 cm. Bentuk elektroda silinder dan lempeng akan mempengaruhi persentase dalam penurunan polutan. Pernyataan ini diperkuat oleh Marlina (2023), bahwa pelepasan arus yang terjadi pada elektroda silinder lebih tinggi dibandingkan elektroda lempeng yang disebabkan pengaruh dari luas permukaan elektroda silinder yang lebih besar saat berinteraksi dengan air limbah dan menghasilkan lebih banyak koagulan yang terbentuk, sehingga waktu penurunan yang diperlukan lebih sedikit.

4.1.4 TSS (*Total Suspended Solid*)

Total Suspended Solid (TSS) atau padatan tersuspensi mengandung berbagai bahan organik yang terdiri dari padatan biologi dan bahan anorganik yang berupa liat maupun butiran pasir. Padatan tersuspensi erat kaitannya dengan kekeruhan air dikarenakan semakin tinggi kandungan dari padatan tersuspensi maka air akan semakin menjadi keruh (Ibrahim dkk., 2022). Berdasarkan Gambar 4.11 terlihat penurunan dari konsentrasi TSS pada setiap perlakuan, namun penurunan konsentrasi tertinggi terjadi pada waktu 120 menit dengan tegangan 5V yaitu 70 mg/L dengan efektivitas penurunan yang terjadi sebesar 73,22%. Hal ini juga terjadi pada penelitian Fauzi dkk., (2019) yang menggunakan elektroda aluminium dan besi dimana efektivitas penurunan konsentrasi amonia terjadi pada waktu kontak 150 menit dengan tegangan 12V sebesar 76,08%. Hasil penurunan TSS dapat dilihat pada Gambar 4.11.

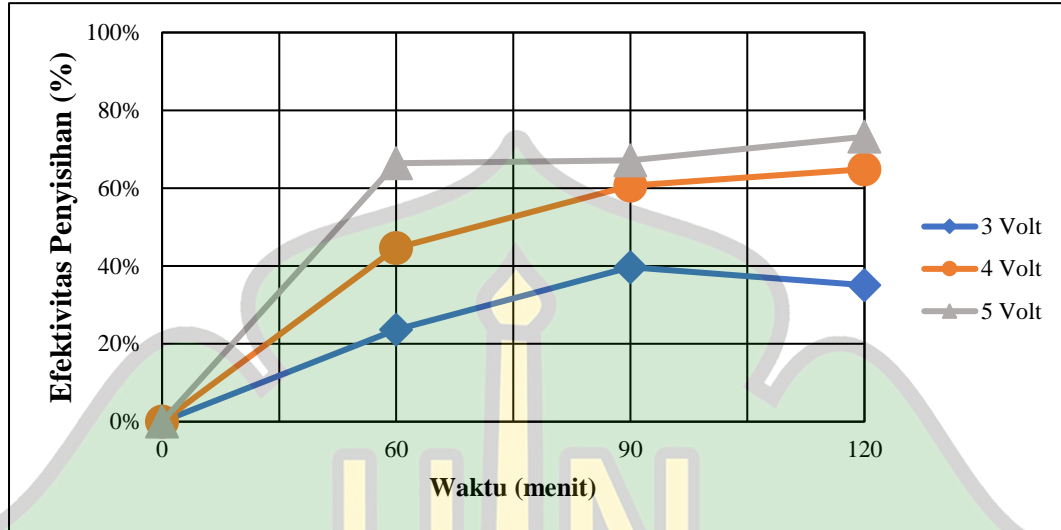


Gambar 4.11 Penurunan Kadar TSS Pada Air Limbah Hasil Pengolahan Ikan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi

Gambar 4.13 terlihat bahwa penurunan yang terjadi karena partikel-partikel yang terbentuk selama proses elektrokoagulasi memiliki kemampuan untuk mengapung ke permukaan. Hal ini juga disebabkan partikel-partikel yang menjadi lebih besar dan akhirnya mengendap ke dasar bak reaktor. Namun partikel ini kemungkinan belum mengendap sepenuhnya, maka dari itu partikel terbawa saat pengambilan sampel uji TSS.

Keadaan ini diperkuat dengan pernyataan Nur dkk., (2020) pengendapan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dalam bak reaktor terjadi akibat reaksi oksidasi yang terjadi pada anoda. Dalam proses ini, terjadi pertumbuhan massa flok yang menyebabkan berat jenis flok meningkat dan terjadi pengendapan. Namun, karena ada pengadukan dan gas hidrogen, beberapa flok yang terbentuk dapat melekat pada dinding reaktor. Pelepasan gas hidrogen dalam proses elektrokoagulasi menyebabkan terjadi proses flotasi dalam air limbah. Gas hidrogen akan melekat pada partikel polutan yang memiliki massa lebih rendah dibandingkan dengan massa air, sehingga cenderung mengapung. Akibatnya, flok yang terbentuk naik ke permukaan sampel. Pembentukan flok dalam proses elektrokoagulasi erat kaitannya dengan intensitas tegangan listrik yang diberikan. Semakin tinggi intensitas tegangan, semakin banyak flok yang dihasilkan sehingga mampu menangkap kontaminan dalam air

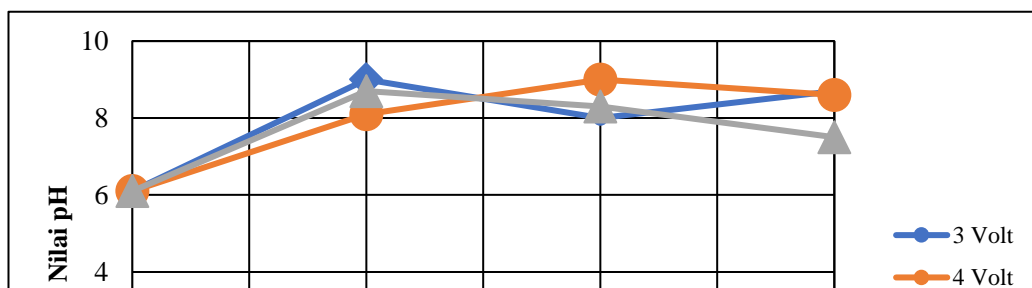
limbah. Kenaikan efisiensi yang terjadi menggunakan proses elektrokoagulasi untuk menurunkan kadar TSS dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Efektivitas Penurunan Kadar TSS Menggunakan Proses Metode Elektrokoagulasi

4.1.5 Derajat Keasaman Air (pH)

Tingkat keasaman air, atau yang lebih dikenal sebagai derajat keasaman (pH), merupakan indikator untuk menentukan tingkat keasaman dan kebasaan dari suatu larutan. Skala pH berkisar dari 1 hingga 14, dengan nilai 7 dianggap sebagai titik netral. Nilai pH yang kurang dari 7 dianggap sebagai asam, sedangkan nilai pH yang melebihi 7 dianggap sebagai basa Karangan dkk., (2019). Berdasarkan Tabel 4.1 karakteristik dari air limbah hasil pengolahan ikan mempunyai nilai pH sebesar 6,1 dan tergolong asam. Hasil perubahan konsentrasi pH pada air limbah hasil pengolahan ikan setelah proses elektrokoagulasi dengan variasi tegangan 3, 4 dan 5V dengan waktu kontak 60, 90 dan 120 menit dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Perubahan kadar pH Pada Air Limbah Hasil Pengolahan Ikan Menggunakan metode elektrokoagulasi

Nilai pH meningkat setelah terjadi proses elektrokoagulasi, dan ini terlihat dalam Gambar 4.13. Kenaikan nilai pH cenderung naik turun pada perlakuan seiring meningkatnya durasi waktu dan tegangan. Berdasarkan data dari penelitian terlihat bahwa nilai pH untuk air limbah hasil pengolahan ikan sudah memenuhi baku mutu dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2014 Lampiran XIV dengan nilai 6-9.

Peningkatan nilai pH akan mengakibatkan penurunan kandungan dari bahan pencemar pada air limbah. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Fendriani dkk., (2020) peningkatan nilai dapat terjadi karena dalam proses elektrokoagulasi yang terjadi penumpukan ion hidroksida (OH^-). Akumulasi besar dari ion hidroksida ini mengakibatkan pengurangan energi yang diperlukan untuk menghasilkan gas hidrogen atau oksigen, sehingga menghasilkan gelembung gas yang lebih melimpah. Peningkatan jumlah gelembung udara juga berperan dalam peningkatan efisiensi proses flotasi.

4.1.2. Pengaruh Waktu dan Tegangan Terhadap Penurunan Parameter Pencemar

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terlihat bahwa tegangan dan waktu memiliki pengaruh dalam penurunan konsentrasi dari COD, BOD, amonia dan TSS yang terdapat pada air limbah hasil pengolahan ikan. Tegangan menjadi salah satu faktor utama yang dapat mempengaruhi dari proses elektrokoagulasi dan

terjadinya peningkatan tegangan akan meningkatkan efisiensi dalam menghilangkan polutan. Tegangan akan menentukan dosis koagulan, produksi flok, laju dan ukuran dari gelembung yang akan dilepaskan dari katoda (Afifa dkk., 2021). Pengaruh waktu yang terjadi pada proses elektrokoagulasi akan mempengaruhi banyaknya anoda yang terlarut saat meningkatnya waktu kontak. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya pembentukan $Al(OH)_3$ yang semakin bertambah dan menyebabkan pengikatan kontaminan sehingga efisiensi penurunan konsentrasi polutan semakin baik (Ridantami dkk., 2017).

Untuk mengetahui pengaruh tegangan dan waktu kontak terhadap penurunan konsentrasi COD, amonia, TSS dan pH maka dilakukan uji korelasi dengan menggunakan aplikasi *Statistical Program And Social Science* (SPSS) versi 2.7. Hasil dari uji korelasi dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil Uji Korelasi

Variabel Terikat	Variabel Bebas	Nilai Korelasi	Signifikansi
COD	Tegangan	-0.873**	0.002
	Waktu	-0.385	0.306
Amonia	Tegangan	0.726*	0.027
	Waktu	0.596	0.090
TSS	Tegangan	-0.900**	<0.001
	Waktu	-0.320	0.401
pH	Tegangan	-0.346	0.361
	Waktu	-0.289	0.451

Keterangan : * = Signifikan Pada Level 1%

** = Signifikan Pada Level 5%

Hasil uji korelasi pada Tabel 4.3 menunjukkan nilai dari tegangan memiliki nilai korelasi sebesar -0.873 dan nilai dari waktu sebesar -0.385. Nilai tegangan dan waktu memiliki korelasi negatif (-) yang menandakan adanya hubungan yang berlawanan, artinya semakin meningkat waktu dan tegangan maka akan menurunkan konsentrasi nilai COD. Sedangkan nilai r tabel dengan $N = 9$ untuk tingkat kesalahan 5% diperoleh sebesar 0.666. Dari analisis tersebut menunjukkan bahwa nilai korelasi tegangan $0.873 > r$ tabel 0.666 dan nilai korelasi waktu $< r$ tabel 0.666. Hal tersebut menunjukkan bahwa tegangan memiliki pengaruh sangat tinggi terhadap penurunan nilai COD, namun untuk variabel waktu memiliki koefisien korelasi yang rendah terhadap penurunan nilai COD. Penelitian ini

terdapat korelasi yang signifikan antara tegangan terhadap penurunan COD dengan nilai $0.002 < 0.05$, tetapi waktu kontak memiliki koefisien korelasi tidak signifikan terhadap penurunan COD dengan nilai $0.306 > 0.05$. Penurunan konsentrasi COD pada air limbah hasil pengolahan ikan terjadi sebesar 19 mg/L pada variasi tegangan 5V dengan waktu kontak 120 menit.

Pengukuran COD dilakukan dengan tujuan untuk melihat banyaknya kandungan oksigen yang diperlukan dalam mengoksidasi senyawa organik dalam air. Adanya penurunan konsentrasi COD menunjukkan bahwa variasi tegangan yang diberikan semakin tinggi pada air limbah, maka semakin rendah konsentrasi COD. Hal ini diperkuat oleh Sugito dkk, (2022) tegangan dan waktu akan mempengaruhi pembentukan gas oksigen dan hidrogen melalui reaksi oksidasi pada elektroda, sehingga kemampuan mereduksi bahan organik yang menyebabkan konsentrasi COD berkurang.

Hasil pengukuran penurunan amonia menunjukkan bahwa untuk waktu kontak 60 menit dengan tegangan 3V konsentrasi amonia mengalami penurunan tertinggi sebesar 0,25 mg/L dari nilai karakteristik air limbah hasil pengolahan ikan yaitu sebesar 20 mg/L. Tegangan memiliki pengaruh yang kuat terhadap penurunan konsentrasi amonia yang ditunjukkan dalam Tabel 4.3 dengan memiliki nilai korelasi sebesar $0.726 > r$ tabel 0.666 dengan nilai signifikansi sebesar $0.027 < 0.05$. Jadi, dapat disimpulkan bahwa tegangan memiliki korelasi yang kuat terhadap penurunan nilai amonia dan memiliki korelasi yang signifikan antara tegangan terhadap penurunan nilai amonia. Tabel 4.3 menunjukkan bahwa waktu kontak memiliki nilai korelasi sebesar $0.596 < r$ tabel 0.666 dengan nilai signifikansi sebesar $0.090 > 0.05$. Hal ini menunjukkan bahwa waktu kontak memiliki korelasi yang sedang dan memiliki korelasi yang tidak signifikan terhadap penurunan nilai amonia. Nilai korelasi yang dihasilkan pada nilai korelasi tegangan dan waktu kontak menunjukkan adanya hubungan positif sehingga pengaruh antara tegangan dan waktu terhadap nilai amonia searah, artinya apabila semakin kecil tegangan dan waktu maka nilai amonia akan semakin berkurang.

Hasil pengukuran pada tegangan 5V dengan waktu kontak 120 menit dapat menurunkan konsentrasi TSS dari nilai awal sebesar 262 mg/L menjadi 70 mg/L

yang memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2014 Lampiran XIV yaitu sebesar 100 mg/L. Berdasarkan analisis uji korelasi diperoleh nilai korelasi pada tegangan sebesar $-0.900 > 0.666$ dengan nilai signifikansi sebesar $<0.001 < 0.05$. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang positif dan signifikan antara tegangan terhadap penurunan nilai TSS. Nilai korelasi pada waktu diperoleh sebesar $-0.320 > 0.666$ dengan nilai signifikansi sebesar $0.401 > 0.05$. Jadi, dapat disimpulkan waktu memiliki korelasi yang rendah dan korelasi yang tidak signifikan terhadap penurunan nilai TSS. Penurunan TSS yang berhubungan dengan besarnya tegangan dan lama waktu kontak yang diberikan saat berlangsungnya proses elektrokoagulasi, sehingga akan meningkatkan flok-flok yang dihasilkan yang dapat mengikat kontaminan pada air limbah (Radityani dkk., 2020)

Untuk mengetahui pengaruh dari tegangan dan waktu kontak dalam proses elektrokoagulasi dalam mempengaruhi nilai pH, maka dilakukan juga uji korelasi. Tegangan memperoleh nilai korelasi sebesar $-0.346 < 0.666$ dengan nilai signifikansi $0.361 > 0.05$ dan waktu kontak memperoleh nilai korelasi sebesar $-0.289 < 0.666$ dengan nilai signifikansi $0.451 > 0.05$. Dapat disimpulkan tegangan dan waktu kontak memiliki korelasi yang rendah dan korelasi yang tidak signifikan terhadap nilai pH. Nilai dari variabel bebas menunjukkan nilai yang kecil dari variabel terikat, maka dapat dikatakan bahwa variabel bebas memiliki korelasi rendah terhadap variabel terikat.

جامعة الرانري

AR - RANIRY

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengolahan menggunakan elektrokoagulasi dengan kombinasi elektroda aluminium berbentuk silinder dan besi berbentuk spiral terhadap air limbah hasil dari pengolahan ikan mampu menurunkan konsentrasi dari pencemar COD, BOD, amonia, TSS dan pH. Efektivitas penurunan tertinggi pada COD yaitu sebesar 96,34%, pada BOD yaitu sebesar 95,2%, pada TSS yaitu sebesar 73,22% dengan variasi tegangan sebesar 5V dan waktu kontak 120 menit. Efektivitas penurunan konsentrasi amonia terjadi pada variasi tegangan 3V dengan waktu kontak 60 menit yaitu sebesar 98,75%. Sedangkan untuk konsentrasi pH diperoleh mulai dari 7,3 hingga 9. Hasil akhir dari pengolahan menggunakan elektrokoagulasi ini telah mencapai baku mutu yang telah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2014 pada Lampiran XIV Tentang Baku Mutu Air Limbah.
2. Besar tegangan pada metode elektrokoagulasi memiliki pengaruh dan korelasi yang signifikan terhadap penurunan konsentrasi COD, BOD, amonia dan TSS yang terdapat pada air limbah hasil dari pengolahan ikan. Hal ini dibuktikan dengan uji korelasi menggunakan aplikasi *Statistical Program And Social Science (SPSS)* versi 2.7.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disarankan beberapa hal pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Pada penelitian berikutnya dapat mengoptimasi pH awal untuk mendapatkan efektifitas tingkat penurunan konsentrasi dalam air limbah dan menambahkan elektrolit pendukung untuk meningkatkan konduktivitas larutan.

2. Pada penelitian berikutnya dapat meningkatkan efektivitas proses elektrokoagulasi untuk mencapai kualitas air limbah yang optimal dengan menggunakan variasi rapat arus, tegangan, waktu kontak, dan banyaknya elektroda.
3. Pada penelitian berikutnya, disarankan untuk melakukan pengujian terhadap parameter-parameter yang belum dieksplorasi dalam penelitian ini, seperti minyak dan lemak serta klor bebas.



DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, S., Zinatizadeh, A. A., Mirghorayshi, M., Zinadini, S., & McKay, T. (2022). Electrocoagulation technique for continuous industrial licorice processing wastewater treatment in a single reactor employing Fe-rod electrodes: Process modeling and optimization and operating cost analysis. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *10*(2), 106686.
- Afifa, U. I., Hidayanti, A., Ismuyanto, B., & Julianda. (2021). Pengaruh Tegangan Elektrokoagulasi dan Konsentrasi Awal Pewarna terhadap Persentase Penyisihan Remazol Red RB. *Jurnal Rekayasa Bahan ...*, *5*(2), 1–9.
- Afrianisa, R. D., & Ningsih, E. (2021). Efektivitas Penambahan Biji Asam Jawa sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Perikanan. *Journal of Industrial Process and Chemical Engineering*, *1*(2), 64–69.
- Amri, I., Nurjanah, I., & Irdoni. (2020). Netralisasi Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Metoda Elektrokoagulasi dengan Elektroda Al-Al dengan Variabel Waktu Proses dan Ketebalan Plat. *Journal of Bioprocess, Chemical and Environmental Engineering Science*, *1*(1), 6–11.
- Arsandi, S. A., Afriyanto, A., & Kumalasari, V. (2022). Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Industri Perikanan di Indonesia Analysis. *NEKTON*, *2*(1), 13–26.
- Athirafitri, N., Siswi Indrasti, N., & Ismayana, A. (2021). Analisis Dampak Pengolahan Hasil Perikanan Menggunakan Metode Life Cycle Assessment (Lca): Studi Literatur. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, *31*(3), 274–282.
- Ayyoub, H., Elmoutez, S., El-Ghzizel, S., Elmidaoui, A., & Taky, M. (2023). *Aerobic treatment of fish canning wastewater using a pilot-scale external membrane bioreactor*.
- Badan Pusat Statistik Kota Banda Aceh. (2023). Jumlah Produksi Perikanan di Kota Banda Aceh, 2021-2022. Banda Aceh: Badan Pusat Statistik.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. SNI 06-6989.3-2019 Air dan air limbah Bagian 2: Cara uji kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. SNI 6989.72:2009 Air dan air limbah Bagian 72: Cara uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/BOD). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. SNI 6989.30:2009 Air dan air limbah Bagian 30: Cara Uji Kadar Amonia Dengan Spektrofotometer Secara Fenat. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia SNI. 06-6989.3:2019 Air dan air limbah Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid/TSS) secara gravimetri. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia SNI. 6989.112019 Air dan air limbah Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan pH meter. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Boinpally, S., Kolla, A., Kainthola, J., Kodali, R., & Vemuri, J. (2023). A state-of-the-art review of the electrocoagulation technology for wastewater treatment. *Water Cycle*, 4(June 2022), 26–36.
- Daroini, T. A., & Arisandi, A. (2020). Analisis Bod (Biological Oxygen Demand) Di Perairan Desa Prancak Kecamatan Sepulu, Bangkalan. *Juvenil*, 1(4), 558–567.
- Edy Saputra, & Farida Hanum. (2017). Pengaruh Jarak Antara Elektroda Pada Reaktor Elektrokoagulasi Terhadap Pengolahan Effluent Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 5(4), 33–38.
- Fauzi, N., Udyani, K., Zuchrillah, D. R., & Hasanah, F. (2019). Penggunaan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan Besi pada Pengolahan Air Limbah Batik. *SENIATI*, 100, 60117.
- Fendriani, Y., Nurhidayah, Handayani, L., Samsidar, & Rustan. (2020). Pengaruh Variasi Jarak Elektroda Dan Waktu Terhadap Ph Dan Tds Limbah Cair Batik Menggunakan Metode Elektrokoagulasi. *Journal Online of Physics*, 5(2), 59–64.
- Gustiana, E. G., & Widayatno, T. (2020). Penurunan Kadar Cod Bod Dan Tss Limbah Cair Pabrik Tahu. *The 11th University Research Colloquium 2020 Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta*, 72–78.
- Hamonangan, M. C., & Yuniarto, A. (2022). Kajian Penyisihan Amonia dalam

- Pengolahan Air Minum Konvensional. *Jurnal Teknik ITS*, 11(2).
- Han, X., Han, X., Xie, D., Song, H., Ma, J., Zhou, Y., Chen, J., Yang, Y., & Huang, F. (2022). Estimation of chemical oxygen demand in different water systems by near-infrared spectroscopy. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 243.
- Hari P, B., Hendriyana, Nurdini, L., Amrializzia, D., & U, A. F. (2015). Pengolahan Limbah Laundry dengan Memanfaatkan Limbah Logam Berbentuk Spiral Sebagai Elektroda Secara Elektrokoagulasi. *Seminar Nasional Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Jenderal Ahmad Yani*, 367–370.
- Ibrahim, B., Suptijah, P., & Adjan, Z. N. (2017). Kinerja Microbial Fuel Cell Penghasil Biolistrik Dengan Perbedaan Jenis Elektroda Pada Limbah Cair Industri Perikanan. *JPHPI*, 20(2).
- Ibrahim, B., Uju, & Mukti, A. C. (2019). Densitas Biofilm Pada Elektroda Berpengaruh Positif Terhadap Produksi Biolistrik Microbial Fuel Cell Limbah Cair Perikanan. *JPHPI*, 22(1), 71–79.
- Ibrahim, B., Uju, U., & Fahlepi, M. R. (2022). Pengolahan Limbah Cair Proses Thawing Industri Pindang Dengan Teknik Elektrokoagulasi. *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan*, 12(2), 183–191.
- Igwegbe, C. A., Onukwuli, O. D., Ighalo, J. O., & Umembamalu, C. J. (2021). Electrocoagulation-Flocculation Of Aquaculture Effluent Using Hybrid Iron And Aluminium Electrodes: A comparative study. *Chemical Engineering Journal Advances*, 6(January), 100107.
- Jouanneau, S., Recoules, L., Durand, M. J., Boukabache, A., Picot, V., Primault, Y., Lakel, A., Sengelin, M., Barillon, B., & Thouand, G. (2014). Methods for assessing Biochemical Oxygen Demand (BOD): A review. *Water Research*, 49.
- Jumriadi, Nugraha, M. K., Bakti, A. I., & Hariyanto, Y. A. (2022). Studi Eksperimen Metode Elektrokoagulasi dalam Menurunkan Kesadahan Air dengan Variasi Kombinasi Jenis Elektroda Inert dan Non Inert. *Jurnal Lentera : Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 91–95.
- Kalsum, L., Fadarina, Meidinariasty, A., Yuliati, S., Syakdani, A., Pratama, M. B., Alpitansyah, R. B., Alnafrah, F., & Ismareni, P. (2021). Pengolahan Air Payau Menjadi Air Bersih Menggunakan Metode Elektrokoagulasi. *Jurnal Kinetika*,

12(01), 1–8.

- Kamajaya, G. Y., Putra, I. D. N. N., & Putra, I. N. G. (2021). Analisis Sebaran Total Suspended Solid (TSS) Berdasarkan Citra Landsat 8 Menggunakan Tiga Algoritma Berbeda Di Perairan Teluk Benoa, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 7(1), 18.
- Karangan, J., Sugeng, B., & Sulardi, S. (2019). Uji Keasaman Air Dengan Alat Sensor Ph Di Stt Migas Balikpapan. *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 2(1), 65.
- Marlina, M. (2023). *Penurunan Kadar Logam Seng (Zn) Pada Limbah Cair Industri Batik Dengan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium*.
- Marta, M. B., & Nursyam, H. (2021). Pengolahan Limbah Cair Industri Pembekuan Ikan Kaca Piring (Sillago sihama) Menggunakan Kombinasi Bakteri A cinetobacter baumannii, Bacillus megaterium, Nitrococcus sp . dan Pseudomonas putida Secara Aerob Liquid Waste Processing of Frozen Plate Fish. 3(1), 49–62.
- Masrullita, M., Hakim, L., Nurlaila, R., & Azila, N. (2021). Pengaruh Waktu Dan Kuat Arus Pada Pengolahan Air Payau Menjadi Air Bersih Dengan Proses Elektrokoagulasi. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 10(1), 111.
- Muliyadi, & Sowohy, I. S. (2020). Perbandingan Efektifitas Metode Elektrokoagulasi dan Destilasi Terhadap Penurunan Beban Pencemar Fisik Pada Air Limbah Domestik. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 19(1), 45.
- Nugraha, A., Amri, I., & HS, I. (2018). *Pengaruh Pola Dan Jarak Elektroda Pada Proses Elektrokoagulasi Limbah Cair Industri Tahu*. 5, 1–5.
- Nur, A., Komala, P. S., & Annisa, U. (2020). Penyisihan Senyawa Organik pada Air Limbah Tahu Menggunakan Proses Elektrokoagulasi Pasangan Elektroda Aluminium. *Universitas Andalas*, 17(2), 62–71.
- Oktavia, D. A., Mangunwidjaja, D., Wibowo, S., Sunarti, T. C., & Rahayuningsih, M. (2012). Pengolahan Limbah Cair Perikanan menggunakan Konsorsium Mikroba Indigenous Proteolitik Dan Lipolitik. *AGROINTEK*, 6(2), 65–71.
- Prayitno, Rulianah, S., & Takwanto, A. (2016). Pengolahan Air Limbah

- Laboratorium Menggunakan Proses Elektrokoagulasi. *PROSIDING*, 01(Mic), 1–30.
- Pungut, P., Al Kholif, M., & Pratiwi, W. D. I. (2021). Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (Cod) Dan Fosfat Pada Limbah Laundry Dengan Metode Adsorpsi. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(2), 155–165.
- Putri, E. S. C., Lisminingsih, R. D., & Latuconsina, H. (2022). Kemampuan Tumbuhan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Dalam Menurunkan Kadar Amoniak pada Limbah Budidaya Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus* Var) Ability of Water Lettuce (*Pistia stratiotes*) and Water Hyaci. *Jurnal Riset Perikanan Dan Kelautan (JRPK)*, 4(2), 476–486.
- Rachmadani, J. D., & Abidin, Z. (2019). Hubungan Perhatian Orang Tua dan Motivasi Belajar terhadap Hasil Belajar IPS. *Joyful Learning Journal*, 8(1), 51–57.
- Rachman, R. M., Talanipa, R., & Sya'ban, A. R. (2022). Studi Pengolahan Air Limbah dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD di Pelabuhan Perikanan Samudra Kendari. *Environmental Science and Engineering Conference*, 3(1), 159–159.
- Radityani, A. F., Hariyadi, S., Suprihatin, Yanto, D. H. Y., & Anita, S. H. (2020). Penerapan Teknik Elektrokoagulasi dalam Pengurangan Bahan Organik Air Limbah Kegiatan Perikanan (The Application of Electro-Coagulation Technique in Reducing Organic Materials in Waste Water of Fish Culture). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 25(2), 283–290.
- Raiqa, S. (2022). Pengolahan limbah cair pencucian kendaraan bermotor menggunakan metode elektrokoagulasi dengan pasangan elektroda aluminium dan besi. *Skripsi Teknik Lingkungan*.
- Rajoria, S., Vashishtha, M., & Sangal, V. K. (2021). Review on the treatment of electroplating industry wastewater by electrochemical methods. *Materials Today: Proceedings*, 47.
- Ramadani, R., Samsunar, S., & Utami, M. (2021). Analisis Suhu, Derajat Keasaman (pH), Chemical Oxygen Demand (COD), Dan Biological Oxygen Demand (BOD) Dalam Air Limbah Domestik Di Dinas Lingkungan Hidup Sukoharjo.

Indonesian Journal of Chemical Research, 6(1), 12–22.

- Ridantami, V., Wasito, B., & Prayitno, P. (2017). Pengaruh Tegangan Dan Waktu Pada Pengolahan Limbah Radioaktif Uranium Dan Thorium Dengan Proses Elektrokoagulasi. *Jurnal Forum Nuklir*, 10(2), 102.
- Sarif, A. (2022). *Penyisihan pencemar limbah cair pembekuan ikan dengan menggunakan metode elektrokoagulasi*. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam, Banda Aceh.
- Sehol, M., & Mangesa, R. (2023). *Analisis Perbandingan Kualitas Air yang Bermuara di Perairan Teluk Kayeli Sebagai Dampak dari Penambang Ilegal*. 22(1), 104–111.
- Sihombing, R. P., & Sarungu, Y. T. (2022). Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil dengan Metoda Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Besi (Fe) dan Aluminum (Al). *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal Kimia Dan Terapannya*, 6573, 11–18.
- Sugito, Kholif, M. Al, Tyas, Y. A. N., & Sutrisno, J. (2022). Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan Amonia untuk Mengolah Limbah Cair Industri Pembekuan Udang (Cold Storage). *Jurnal Alam Dan Lingkungan*, 13(1), 57–65.
- Sukmawardani, Y., & Amalia, V. (2019). Chemistry Laboratorium Liquid Waste Treatment Using Electrocoagulation Method. *Jurnal Kartika Kimia*, 2(2), 100–106.
- Takwanto, A., Mustain, A., & Sudarminto, H. P. (2018). Penurunan Kandungan Polutan pada Lindi dengan Metode Elektrokoagulasi-Adsorpsi Karbon Aktif untuk Memenuhi Standar Baku Mutu Lingkungan. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 2(1), 11.
- Trisnaawati, T., & Purnama, H. (2021). Pengaruh waktu dan jarak elektroda pada pengolahan lindi dengan metode elektrokoagulasi-adsorpsi zeolit. *Jurnal Teknik Kimia*, 27(2), 54–60.
- Yadav, S., & Kamsonlian, S. (2022). A review of electrochemical methods for treatment of wastewater. *Materials Today: Proceedings*.
- Yuliasni, R., Marlina, B., Kusumastuti, S. A., & Syahroni, C. (2019). Pengolahan Limbah Industri Pengolahan Ikan Dengan Teknologi Gabungan Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)-Wetland. *Jurnal Teknologi Lingkungan*,

20(1), 123.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Konsentrasi Nilai TSS

$$\text{Mg TSS per liter} = \frac{(B-A) \times 1000}{\text{Volume Sampel (ml)}}$$

Keterangan :

A = Bobot kering residu + cawan (mg)

B = Bobot Cawan (mg)

- Tanpa Pengolahan

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume Sampel (ml)}} \\ &= \frac{(0,2154 - 0,1892) \times 1000}{0,1} \\ &= 262 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

1. Tegangan 3 Volt

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume Sampel (ml)}} \\ &= \frac{(0,2092 - 0,1892) \times 1000}{0,1} \\ &= 200 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume Sampel (ml)}} \\ &= \frac{(0,2050 - 0,1892) \times 1000}{0,1} \\ &= 158 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume Sampel (ml)}} \\ &= \frac{(0,2062 - 0,1892) \times 1000}{0,1} \\ &= 170 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

2. Tegangan 4 Volt

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\text{Mg TSS per liter} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume Sampel (ml)}}$$

$$= \frac{(0,2037-0,1892) \times 1000}{0,1}$$

$$= 145 \text{ mg/L}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\text{Mg TSS per liter} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume Sampel (ml)}}$$

$$= \frac{(0,1995-0,1892) \times 1000}{0,1}$$

$$= 103 \text{ mg/L}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit

$$\text{Mg TSS per liter} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume Sampel (ml)}}$$

$$= \frac{(0,1984-0,1892) \times 1000}{0,1}$$

$$= 92 \text{ mg/L}$$

3. Tegangan 5 Volt

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\text{Mg TSS per liter} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume Sampel (ml)}}$$

$$= \frac{(0,1980-0,1892) \times 1000}{0,1}$$

$$= 88 \text{ mg/L}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\text{Mg TSS per liter} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume Sampel (ml)}}$$

$$= \frac{(0,1978-0,1892) \times 1000}{0,1}$$

$$= 86 \text{ mg/L}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit

$$\text{Mg TSS per liter} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume Sampel (ml)}}$$

$$= \frac{(0,1962-0,1892) \times 1000}{0,1}$$

$$= 70 \text{ mg/L}$$

Lampiran 2. Perhitungan Persentase Efektivitas Penurunan Pencemar

1. Efektivitas Penurunan Konsentrasi COD Dalam Air Limbah Hasil Pengolahan Ikan

a. Tegangan 3 Volt

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\ &= \frac{520 - 137}{520} \times 100\% \\ &= 73,65\% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\ &= \frac{520 - 118}{520} \times 100\% \\ &= 77,30\% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\ &= \frac{520 - 74}{520} \times 100\% \\ &= 85,76\% \end{aligned}$$

b. Tegangan 4 Volt

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\ &= \frac{520 - 77}{520} \times 100\% \\ &= 85,19\% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\ &= \frac{520 - 88}{520} \times 100\% \\ &= 83,07\% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\ &= \frac{520 - 61}{520} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 88,26\%$$

c. Tegangan 5 Volt

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\ &= \frac{520 - 42}{520} \times 100\% \\ &= 91,92\% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\ &= \frac{520 - 37}{520} \times 100\% \\ &= 92,88\% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\ &= \frac{520 - 19}{520} \times 100\% \\ &= 96,34\% \end{aligned}$$

2. Efektivitas Penurunan Konsentrasi BOD Dalam Air Limbah Hasil Pengolahan Ikan

a. Tegangan 3 Volt

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\ &= \frac{354,5 - 52,2}{354,5} \times 100\% \\ &= 85,27\% \end{aligned}$$

b. Tegangan 4 Volt

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\ &= \frac{354,5 - 55,2}{520} \times 100\% \\ &= 84,34\% \end{aligned}$$

c. Tegangan 5 Volt

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{354,5 - 17}{354,5} \times 100\% \\
 &= 95,20\%
 \end{aligned}$$

3. Efektivitas Penurunan Konsentrasi Amonia Dalam Air Limbah Hasil Pengolahan Ikan

a. Tegangan 3 Volt

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{20 - 0,25}{520} \times 100\% \\
 &= 98,75\%
 \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{20 - 0,57}{20} \times 100\% \\
 &= 97,15\%
 \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{20 - 1,20}{20} \times 100\% \\
 &= 94\%
 \end{aligned}$$

d. Tegangan 4 Volt

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{20 - 0,48}{20} \times 100\% \\
 &= 97,6\%
 \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{20 - 1,30}{20} \times 100\% \\
 &= 93,5\%
 \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{20 - 1,40}{20} \times 100\% \\
 &= 93\%
 \end{aligned}$$

e. Tegangan 5 Volt

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{20 - 1,30}{20} \times 100\% \\
 &= 93,5\%
 \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{20 - 1,78}{20} \times 100\% \\
 &= 91,1\%
 \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{20 - 1,67}{20} \times 100\% \\
 &= 91,65\%
 \end{aligned}$$

4. Efektivitas Penurunan Konsentrasi TSS Dalam Air Limbah Hasil Pengolahan Ikan

a. Tegangan 3 Volt

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{262 - 200}{262} \times 100\% \\
 &= 23,66\%
 \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{262 - 158}{262} \times 100\% \\
 &= 39,69\%
 \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{262 - 170}{262} \times 100\% \\
 &= 35,11\%
 \end{aligned}$$

b. Tegangan 4 Volt

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{262 - 145}{262} \times 100\% \\
 &= 44,65\%
 \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{262 - 103}{262} \times 100\% \\
 &= 60,68\%
 \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{262 - 92}{262} \times 100\% \\
 &= 64,88\%
 \end{aligned}$$

c. Tegangan 5 Volt

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{262 - 88}{262} \times 100\% \\
 &= 66,41\%
 \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{262 - 86}{262} \times 100\% \\
 &= 67,17\%
 \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 menit

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir}}{\text{Kadar awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{262-70}{262} \times 100\%$$
$$= 73,22\%$$




Lampiran 3. Analisis Data Menggunakan SPSS


1. Data SPSS Uji Korelasi

		Correlations					
		Tegangan	Waktu Kontak	COD	Amonia	TSS	pH
Tegangan	Pearson Correlation	1	1.000**	-.873**	-.900**	.726*	-.346
	Sig. (2-tailed)		.000	.002	.001	.027	.361
	N	9	9	9	9	9	9
Waktu Kontak	Pearson Correlation	1.000**	1	-.873**	-.900**	.726*	-.346
	Sig. (2-tailed)	.000		.002	.001	.027	.361
	N	9	9	9	9	9	9
COD	Pearson Correlation	-.873**	-.873**	1	.861**	-.860**	.452
	Sig. (2-tailed)	.002	.002		.003	.003	.221
	N	9	9	9	9	9	9
Amonia	Pearson Correlation	-.900**	-.900**	.861**	1	-.853**	.341
	Sig. (2-tailed)	.001	.001	.003		.003	.368
	N	9	9	9	9	9	9
TSS	Pearson Correlation	.726*	.726*	-.860**	-.853**	1	-.196
	Sig. (2-tailed)	.027	.027	.003	.003		.614
	N	9	9	9	9	9	9
pH	Pearson Correlation	-.346	-.346	.452	.341	-.196	1
	Sig. (2-tailed)	.361	.361	.221	.368	.614	
	N	9	9	9	9	9	9

Lampiran 4. Hasil Uji Laboratorium



PEMERINTAH ACEH
DINAS KESEHATAN
UPTD BALAI LABORATORIUM KESEHATAN DAN
PENGUJIAN ALAT KESEHATAN



Jl. Tgk. H. Mohd. Daud Beureueh No. 168 Telp.(0651) 23834 Fax (0651) 23834 Banda Aceh
E-mail: labkes_aceh@yahoo.com Website: http://labkes-aceh.blogspot.com

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

No Order : 755 - 762
 No. Sampel : 658 - 665 / 1-8 / IX / 2023
 Nama Pengirim : Syahna Munawarah
 Alamat : -
 Petugas Pengambil : Syahna Munawarah
 Tanggal Ambil : 12 September 2023 Jam : 14.00 Wib
 Tanggal Terima : 15 September 2023 Jam : 15.12 Wib
 Tanggal Analisa : 15 s/d 20 September 2023
 Jenis sampel : Air Limbah Industri Pembekuan Ikan
 Lokasi : Lampulo - Banda Aceh
 Pengawet : Tidak Ada
 Baku Mutu : **PerMenLHK RI : P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik**


No	Kode Sampel	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Acuan Metode
1	3V/60m	Amonia (NH ₃ -N)	mg/l	10	0,25	Merck 1.14752.0002
2	3V/90m	Amonia (NH ₃ -N)	mg/l	10	0,57	Merck 1.14752.0002
3	3V/120m	Amonia (NH ₃ -N)	mg/l	10	1,20	Merck 1.14752.0002
4	4V/60m	Amonia (NH ₃ -N)	mg/l	10	0,48	Merck 1.14752.0002
5	4V/90m	Amonia (NH ₃ -N)	mg/l	10	1,30	Merck 1.14752.0002
6	4V/120m	Amonia (NH ₃ -N)	mg/l	10	1,40	Merck 1.14752.0002
7	5V/60m	Amonia (NH ₃ -N)	mg/l	10	1,30	Merck 1.14752.0002
8	5V/90m	Amonia (NH ₃ -N)	mg/l	10	1,78	Merck 1.14752.0002

FR.IV/LHP.LP.01/Rev:0

Ket :

- Lembar hasil Pengujian tidak boleh digandakan & disebarluaskan tanpa persetujuan dari UPTD BLK & PAK
- Parameter pemeriksaan ini sesuai dengan PerMenLHK RI No : P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016
- Pengambilan sampel yang tidak dilakukan oleh petugas UPTD BLK & PAK, apabila tidak sesuai menjadi tanggung jawab pengambil sampel

Banda Aceh, 25 September 2023
 Penanggung Jawab Teknis




Rekha Melati, Amd.AK, SKM
 Nip. 197206021994032003

**PEMERINTAH ACEH.
DINAS KESEHATAN**

**UPTD BALAI LABORATORIUM KESEHATAN DAN
PENGUJIAN ALAT KESEHATAN**

Jl. Tgk. H. Mohd. Daud Beureueh No. 168 Telp.(0651) 23834 Fax (0651) 23834 Banda Aceh
E-mail: labkes_aceh@yahoo.com Website: http://labkes-aceh.blogspot.com



LAPORAN HASIL PENGUJIAN


No Order : 763 - 764
 No. Sampel : 666 - 667 / 1-2 / IX / 2023
 Nama Pengirim : Syahna Munawarah
 Alamat : -
 Petugas Pengambil : Syahna Munawarah
 Tanggal Ambil : 12 September 2023 Jam : 14.00 Wib
 Tanggal Terima : 15 September 2023 Jam : 15.12 Wib
 Tanggal Analisa : 15 s/d 21 September 2023
 Jenis sampel : Air Limbah Industri Pembekuan Ikan
 Lokasi : Lampulo - Banda Aceh
 Pengawet : Tidak Ada
 Baku Mutu : **PerMenLHK RI : P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik**


No	Kode Sampel	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Acuan Metode
1	3V/120m	BOD ₅	mg/l	30	52,2	Manual Book
2	4V/90m	BOD ₅	mg/l	30	55,2	Manual Book

FR.IV/LHP.LP.01/Rev:0

Ket :

- Lembar hasil Pengujian tidak boleh digandakan & disebarluaskan tanpa persetujuan dari UPTD BLK & PAK
- Parameter pemeriksaan ini sesuai dengan PerMenLHK RI No : P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016
- Pengambilan sampel yang tidak dilakukan oleh petugas UPTD BLK & PAK, apabila tidak sesuai menjadi tanggung jawab pengambil sampel

Banda Aceh, 25 September 2023
 Penanggung Jawab Teknis

Rekha Melati, Amd.AK, SKM
 Nip. 197206021994032003



PEMERINTAH ACEH
DINAS KESEHATAN
UPTD BALAI LABORATORIUM KESEHATAN DAN
PENGUJIAN ALAT KESEHATAN

Jl. Tgk. H. Mohd. Daud Beureueh No. 168 Telp.(0651) 23834 Fax (0651) 23834 Banda Aceh
E-mail: labkes_aceh@yahoo.com Website: http://labkes-aceh.blogspot.com



LAPORAN HASIL PENGUJIAN

No Order : 770
No. Sampel : 670 / 1 / IX / 2023
Nama Pengirim : Syahna Munawarah
Alamat : -
Petugas Pengambil : Syahna Munawarah
Tanggal Ambil : 18 September 2023 Jam : 14.00 Wib
Tanggal Terima : 19 September 2023 Jam : 16.05 Wib
Tanggal Analisa : 18 s/d 26 September 2023
Jenis sampel : Air Limbah Ikan
Lokasi : Lampulo - Banda Aceh
Pengawet : Tidak ada

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Acuan Metode	Keterangan
1	BOD ₅	mg/l	30	17,0	Manual Book	PerMenLHK RI : P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik
2	Amonia Bebas (NH ₃ -N)	mg/l	10	1,67	Merck 1.14752.0002	

FR.IV/LHP.LP.01/Rev:0



Ket: - Lembar hasil Pengujian tidak boleh digandakan & disebarluaskan tanpa persetujuan dari UPTD BLK-PAK
- Parameter pemeriksaan ini sesuai dengan PerMenLHK RI No : P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016
- Pengambilan sampel yang tidak dilakukan oleh petugas UPTD BLK & PAK, apabila tidak sesuai menjadi tanggung jawab pengambil sampel

Banda Aceh, 29 September 2023
Penanggung Jawab Teknis


Rekha Melati, Amd.AK, SKM
Nip. 19720602 199403 2 003

AR - RANIRY

No	Gambar	Kegiatan
1.	 A person is shown collecting wastewater from a fish processing area. They are using a white plastic container to collect water from a drain. A green bucket is also visible in the foreground.	Pengambilan Air Limbah Hasil Pengolahan Ikan
2.	 A person wearing a blue hijab and a face mask is working in a laboratory. They are handling a power supply unit and connecting electrodes to it. The setup is on a table with various lab equipment.	Pemasangan Elektroda Aluminium dan Besi pada <i>Power Supply</i>
3.	 A laboratory setup for electrocoagulation. A power supply unit is connected to a beaker containing water and electrodes. The setup is on a table with various lab equipment.	Proses Elektrokoagulasi

4.		Pengukuran Parameter COD
5.		Pengukuran Parameter pH

جامعة الرانري

AR - RANIRY