

**EFEKTIVITAS PENGOLAHAN LIMBAH PENATU
MENGUNAKAN VARIASI EKSTRAK BUAH ASAM
DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI**

SKRIPSI

**Diajukan Oleh:
NURUL BAITSAH
NIM. 170702057**

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



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2023 M/1445H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR
EFEKTIVITAS PENGOLAHAN LIMBAH PENATU
MENGGUNAKAN VARIASI EKSTRAK BUAH ASAM
DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

NURUL BAITSAH

NIM. 170702057

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

Disetujui Oleh:

Pembimbing I



Muhammad Ridwan Harahap, M. Si.
NIP. 198611272014031003

Pembimbing II



Dr. Eng. Nur Aida, S.Si., M.Si.
NIP. 197806162005012009

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan



Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.
NIP. 198311092014032002

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**EFEKTIVITAS PENGOLAHAN LIMBAH PENATU
MENGUNAKAN VARIASI EKSTRAK BUAH ASAM
DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI**

TUGAS AKHIR

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Serta Diterima Sebagai salah satu Persyaratan Kelulusan Program Sarjana Teknik (S1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Kamis, 14 Desember 2023
1 Jumaidil Akhir 1445 H

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir:

Disetujui Oleh:

Ketua,



Muhammad Ridwan Harahap, M. Si.
NIP. 198611272014031003

Sekretaris,



Dr. Eng. Nur Aida, S.Si., M.Si.
NIP. 197806162005012009

Penguji I,



Teuku Muhammad Ashari, ST., M.Sc.
NIP. 1983020220150311002

Penguji I,



Suardi Nur, ST., M.Sc., Ph.D.
NIDN. 2010038901

Mengetahui,

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



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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurul Baitsah
NIM : 170702057
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Efektivitas Pengolahan Limbah Penatu Menggunakan Variasi Ekstrak Buah Asam Dengan Metode Elektrokoagulasi

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

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

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

Banda Aceh, 27 Desember 2023

Yang membuat pernyataan,



AR - R A N I R Y

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 penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Efektivitas Pengolahan Limbah Penatu Menggunakan Variasi Ekstrak Buah Asam dengan Metode Elektrokoagulasi”**. Tugas akhir ini terselesaikan tidak terlepas dari bantuan serta dukungan berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Maka dari itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Misnawati dan Bapak Fauzi selaku orang tua penulis serta keluarga yang telah memberikan dukungan, semangat, motivasi dan doa kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
2. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
4. Bapak Teuku Muhammad Ashari ST., M. Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis yang telah memeberikan arahan.
5. Bapak Muhammad Ridwan Harahap, M. Si. selaku Dosen Pembimbing 1 tugas akhir yang telah memberikan banyak arahan dan bimbingan kepada penulis.
6. Ibu Dr. Eng. Nur Aida, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing 2 tugas akhir yang telah memberikan banyak arahan dan bimbingan kepada penulis.
7. Bapak Arief Rahman., M.T., selaku ketua laboratorium multifungsi Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

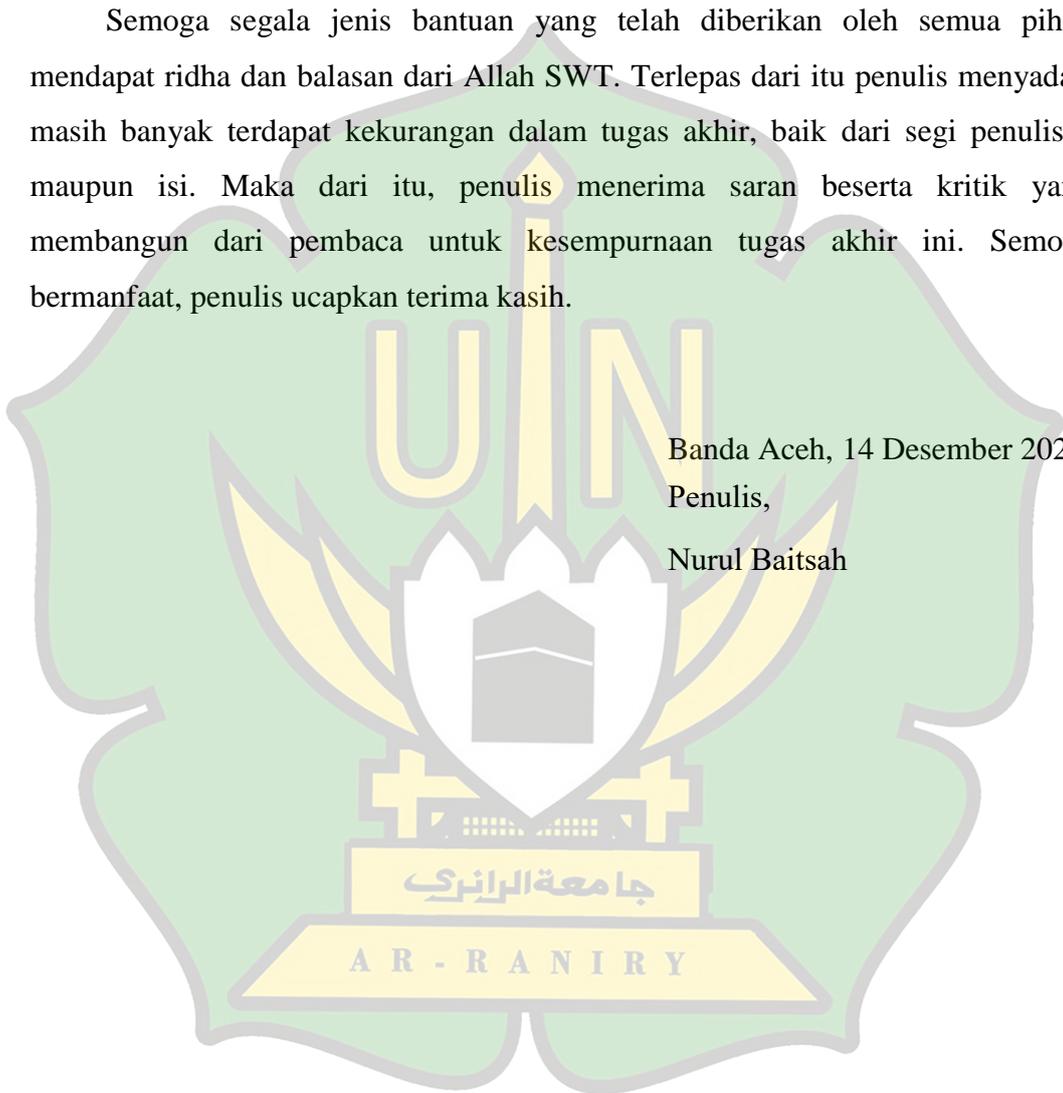
8. Seluruh Dosen selingkungan Program Studi Teknik Lingkungan yang telah membantu memberikan wawasan dan pengetahuan selama masa perkuliahan.
9. Dan seluruh teman-teman seperjuangan yang telah membantu dan memberi dukungan serta semangat dalam setiap hal selama proses penyusunan tugas akhir ini.

Semoga segala jenis bantuan yang telah diberikan oleh semua pihak mendapat ridha dan balasan dari Allah SWT. Terlepas dari itu penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dalam tugas akhir, baik dari segi penulisan maupun isi. Maka dari itu, penulis menerima saran beserta kritik yang membangun dari pembaca untuk kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga bermanfaat, penulis ucapkan terima kasih.

Banda Aceh, 14 Desember 2023

Penulis,

Nurul Baitsah



ABSTRAK

Nama : Nurul Baitsah
NIM : 170702057
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Efektivitas Pengolahan Limbah Penatu Menggunakan Variasi Ekstrak Buah Asam Dengan Metode Elektrokoagulasi
Tanggal Sidang : 14 Desember 2023
Jumlah Halaman : 58
Pembimbing I : Muhammad Ridwan Harahap, M. Si,
Pembimbing II : Dr. Eng. Nur Aida, S.Si., M.Si.
Kata Kunci : Limbah Penatu, Ekstrak Buah Asam, Elektrokoagulasi, Koagulan Alami, Parameter Pencemar.

Limbah penatu merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan yang perlu mendapatkan perhatian khusus. Limbah penatu mengandung berbagai bahan kimia, seperti deterjen, pemutih, pewarna dan pewangi yang dapat merusak kualitas air, tanah dan udara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas pengolahan limbah penatu menggunakan variasi ekstrak buah asam dengan metode elektrokoagulasi. Metode elektrokoagulasi adalah metode pengolahan limbah cair yang menggunakan arus listrik untuk mengendapkan partikel-partikel terlarut atau tersuspensi dalam limbah. Ekstrak buah asam digunakan sebagai koagulan alami yang dapat meningkatkan efisiensi proses elektrokoagulasi. Penelitian ini menggunakan tegangan 12 volt dengan kuat arus 2,7 A selama 60 menit serta sepasang elektroda alumunium dan konsentrasi ekstrak buah asam 5%. Parameter yang diukur adalah pH, TSS dan Fosfat (PO_4) dari limbah penatu sebelum dan sesudah perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi ekstrak buah asam berpengaruh signifikan terhadap parameter yang diukur. Perlakuan dengan konsentrasi ekstrak buah asam 5% memberikan hasil terbaik

terhadap penurunan pH yakni sebesar 7,6 dari nilai pH awal 9,4, TSS turun menjadi 10 mg/L dari 71 mg/L, serta kandungan Fosfat (PO_4) turun menjadi 1,90 mg/L dari 26,4 mg/L. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pengolahan limbah penatu menggunakan variasi ekstrak buah asam dengan metode elektrokoagulasi efektif dalam menurunkan parameter-parameter pencemar limbah penatu.



ABSTRACT

Name : Nurul Baitsah
Student ID Number : 170702057
Department : Environmental Engineering
Title : *The Effectiveness Of Laundry Waste Treatment Using Variations Of Tamarind Fruit Extracts By Electrocoagulation Method*
Date of Session : 14 December 2023
Number of pages : 58
Advisor I : Muhammad Ridwan Harahap, M. Si,
Advisor II : Dr. Eng. Nur Aida, S.Si., M.Si.
Keywords : *Laundry Waste, Acidic Fruit Extract, Electrocoagulation, Natural Coagulants, Polluting Parameters.*

Laundry waste is one source of environmental pollution that needs special attention. Laundry waste contains various chemicals, such as detergents, bleaches, dyes and fragrances that can damage water, soil and air quality. This study aims to determine the effectiveness of laundry waste treatment using variations of fruit which contains citrus acid extracted by electrocoagulation method. Electrocoagulation method is a wastewater treatment method that uses electric current to precipitate dissolved or suspended particles in the waste. Acid fruit extract is used as a natural coagulant that can increase the efficiency of the electrocoagulation process. This study used a 12-volt voltage with a electric current strength of 2.7 A for 60 minutes as well as a pair of aluminum electrodes and a 5% concentration of acid fruit extract. The parameters measured were pH, TSS and PHospHate (PO₄) of laundry waste before and after treatment. The results showed that the variation of Acid fruit extract had a significant effect on the parameters measured. The treatment with 5% fruit contained acid extract concentration, gave the best results on pH reduction which was 7.6 from the initial pH value of 9.4, TSS dropped to 10 mg/L from 71 mg/L, and PHospHate (PO₄)

content dropped to 1.90 mg/L from 26.4 mg/L. From the results of this study, it can be concluded that the treatment of laundry waste using variations of acid fruit extract with the electrocoagulation method is effective in reducing the parameters of laundry waste pollutants.

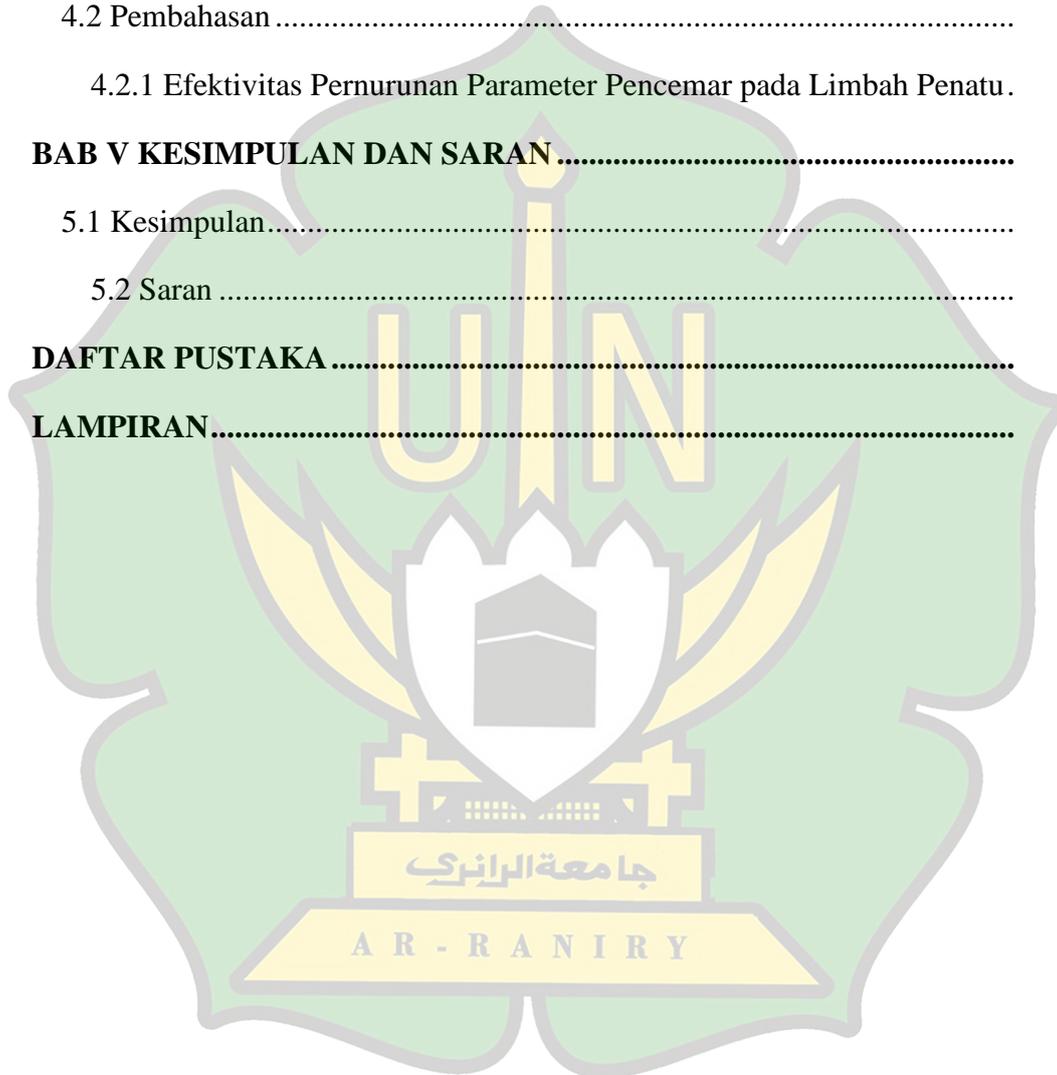


DAFTAR ISI

	Hal
LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Hipotesa.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Limbah Cair Penatu.....	7
2.2 Baku Mutu Limbah Cair Penatu.....	9
2.3 Karakteristik Limbah.....	10
2.4 Buah Asam	11
2.4.1 Belimbing Wuluh.....	11
2.4.2 Jeruk Nipis	12

2.4.3 Nanas	13
2.5 Metode Elektrokoagulasi.....	14
2.5.1 Pengertian Metode Elektrokoagulasi	14
2.5.2 Faktor Elektrokoagulasi.....	17
2.5.3 Mekanisme Elektrokoagulasi.....	19
2.6 Penelitian Terdahulu.....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Metode Penelitian	27
3.2 Tahapan Penelitian	27
3.3 Lokasi Pengambilan dan Pengukuran Sampel	28
3.4 Alat dan Bahan	30
3.4.1 Alat.....	30
3.4.2 Bahan	31
3.5 Tahapan Persiapan.....	32
3.5.1 Pembuatan larutan elektrolit.....	32
3.5.2 Pemilihan Jenis Elektroda.....	33
3.5.3 Susunan Rangkaian.....	33
3.6 Eksperimen Elektrokoagulasi.....	33
3.7 Pengukuran Parameter.....	34
3.7.1 Pengukuran pH	34
3.7.2 Pengukuran TSS	34
3.7.3 Pengukuran Fosfat	35
3.8 Rumus Efektivitas Penurunan Kadar Parameter	35
3.9 Variabel Penelitian	35
3.10 Analisis Data	36

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Hasil.....	37
4.1.1 Lokasi Pengambilan Sampel.....	37
4.1.2 Preparasi Sampel.....	38
4.1.3 Hasil Pengukuran Analisis Parameter Uji	39
4.2 Pembahasan	41
4.2.1 Efektivitas Pernurunan Parameter Pencemar pada Limbah Penatu.	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN.....	55

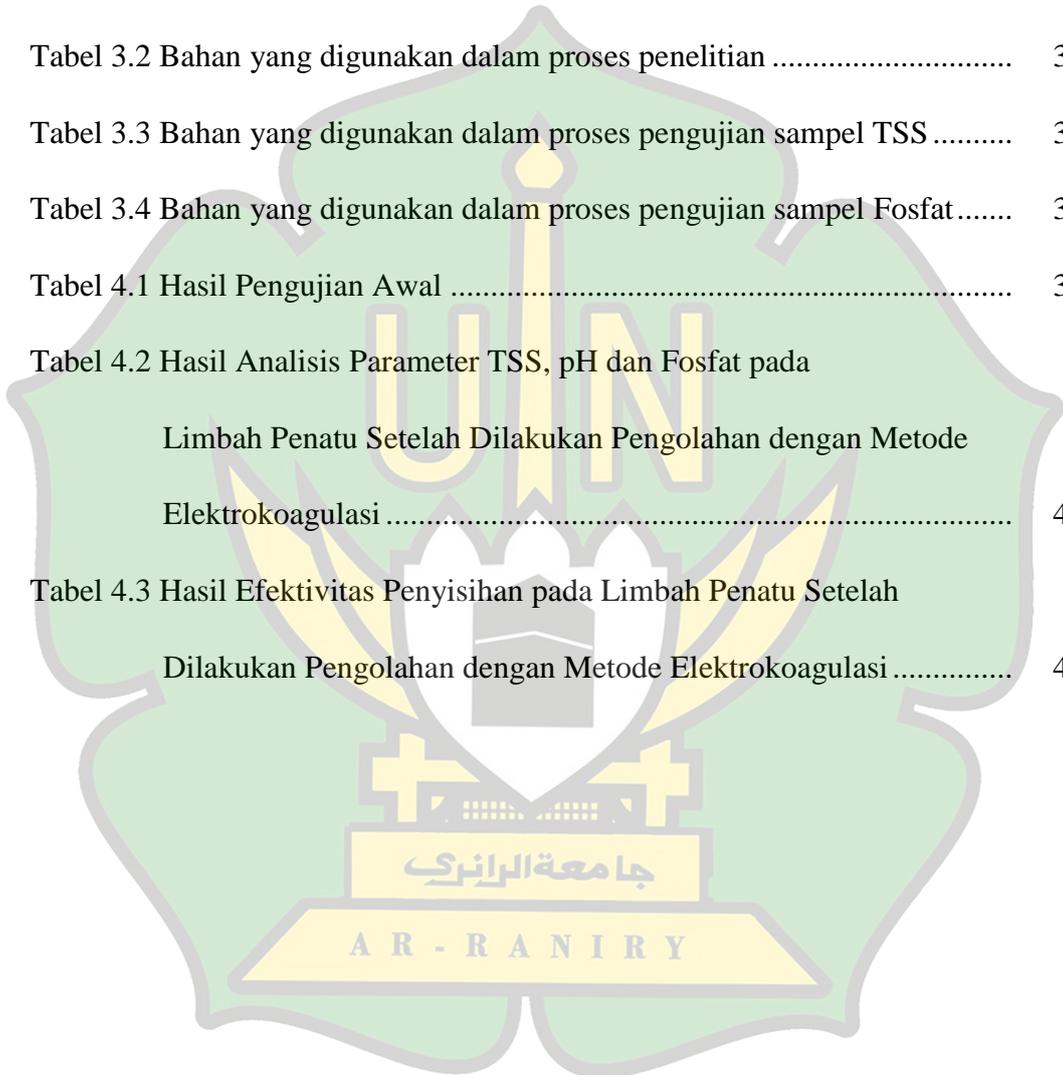


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Belimbing Wuluh	12
Gambar 2.2 Jeruk Nipis.....	13
Gambar 2.3 Nanas	14
Gambar 2.4 Proses Elektrokoagulasi	20
Gambar 2.5 Skema Alat Elektrokoagulasi	22
Gambar 2.6 Mekanisme elektrokoagulasi antara gelembung gas oksigen dan hidrogen dengan molekul surfaktan	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengambilan Sampel	29
Gambar 3.3 Reaktor Elektrokoagulasi	33
Gambar 4.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel	37
Gambar 4.2 Larutan Elektrolit	38
Gambar 4.3 Proses Elektrokoagulasi	39
Gambar 4.4 Penampakan Fisik Limbah Penatu Sebelum dan Sesudah Pengolahan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi.....	40
Gambar 4.5 Penampakan Fisik Elektroda Alumunium Sesudah Pengolahan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Industri	
Sabun, Detergen, Dan Produk-Produk Minyak Nabati	10
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu	24
Tabel 3.1 Uji Pendahuluan.....	29
Tabel 3.2 Bahan yang digunakan dalam proses penelitian	31
Tabel 3.3 Bahan yang digunakan dalam proses pengujian sampel TSS	31
Tabel 3.4 Bahan yang digunakan dalam proses pengujian sampel Fosfat.....	31
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Awal	38
Tabel 4.2 Hasil Analisis Parameter TSS, pH dan Fosfat pada	
Limbah Penatu Setelah Dilakukan Pengolahan dengan Metode	
Elektrokoagulasi	40
Tabel 4.3 Hasil Efektivitas Penyisihan pada Limbah Penatu Setelah	
Dilakukan Pengolahan dengan Metode Elektrokoagulasi	43



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegiatan rumah tangga menghasilkan limbah padat dan limbah cair. Hasil pembuangan limbah cair rumah tangga ini biasa disebut limbah domestik. Limbah cair domestik merupakan hasil pembuangan limbah suatu kegiatan atau usaha rumah makan, perkantoran, apartemen, perniagaan, serta permukiman yang berasal dari air seni, air tinja, limbah kamar mandi, serta sisa pencucian dari kegiatan dapur. Hal ini akan mengakibatkan kerusakan lingkungan serta berdampak buruk bagi sifat fisika, kimia dan biologis lingkungan perairan jika jumlah konsentrasi polutan yang dihasilkan cukup tinggi (Sulianto dkk., 2020).

Salah satu penyumbang terbesar bagi limbah domestik berasal dari penatu atau biasa dikenal dengan kegiatan jasa pencucian pakaian. Sebagian besar dari kegiatan penatu menggunakan detergen sebagai bahan untuk membersihkan pakaian, sebab detergen mampu menghilangkan noda (Rumi dkk., 2022). Detergen digunakan bersamaan dengan sabun karena kemampuannya yang dapat mengatasi air sadah dan larutan asam. Secara umum, komponen penyusun detergen ada tiga yaitu, sebagai bahan dasar detergen digunakan surfaktan sebesar 20-30%, kemudian senyawa fosfat (*builders*) sebesar 70-80%, lalu bahan aditif sebagai bahan pemutih dan pewangi sekitar 2-8%. Sifat detergen akan berbeda tergantung dari jenis surfaktannya. Surfaktan (*Surface Active Agent*) digunakan pada detergen sebagai proses pembasahan dan pengikat kotoran (Handayani, 2020).

Detergen ialah pembersih sintetis dari campuran beberapa bahan dan terbuatnya dari turunan minyak bumi yakni senyawa kimia ABS (*Alkyl Benzene Sulfonat*) yang direaksikan menggunakan NaOH (natrium hidroksida) (Mauidzoh dan Rengganis, 2020). Sifat dari detergen dapat membersihkan serta mengangkat kotoran dengan baik dan tidak akan menimbulkan endapan ion. Tetapi, detergen mengandung bahan aktif berupa surfaktan, yang dimana surfaktan ini dapat menurunkan kualitas air. Kadar kandungan surfaktan dalam jumlah tertentu akan

menghasilkan busa yang dapat menutupi permukaan perairan dan akan menghambat proses difusi oksigen dari udara menjadi lambat maka kadar oksigen terlarut dalam air menjadi sedikit. Kandungan senyawa fosfat pada detergen juga dapat menyebabkan eutrofikasi sehingga akan menyebabkan *blooming* alga (Larasati dkk., 2021).

Beberapa komponen detergen mengandung fosfat, yang ada dalam senyawa *Adenosine Triphosphate* (ATP), *Adenosine Diphosphate* (ADP), *Sodium Tri Polyphosphate* (STP), dan *Linear Alkyl Benzene Sulfonate* (LAS). Dampak negatif yang ditimbulkan dari air limbah detergen yaitu perairan akan tercemar, konsentrasi oksigen terlarut menjadi rendah hingga menyebabkan organisme di dalam air akan mati, kualitas air menurun, kandungan fosfat yang tinggi akan menyebabkan eutrofikasi, serta dampak dari surfaktan yang mengandung toksin akan sangat berbahaya bagi makhluk hidup (Jubaedi, 2019).

Terdapat tiga parameter utama dalam pengolahan limbah cair yang dapat menentukan tingkat pencemaran bahan organik dalam badan air yaitu, DO (*Dissolved Oxygen*), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) (Nurhasmi, 2021). Pengolahan limbah cair secara fisika-kimia telah banyak dipelajari oleh beberapa peneliti, diantaranya flotasi dan koagulasi dengan bahan kimia, koagulasi yang diikuti proses flotasi yang disebut dengan teknologi elektrokoagulasi-flotasi. Prinsip elektrokimia ini terbukti efektif diaplikasikan untuk mengolah limbah cair (Vistanty dkk., 2015).

Elektrokimia ialah suatu ilmu kimia yang mendalami tentang elektroda atau biasa didefinisikan sebagai perpindahan elektron pada suatu media yang dapat menghantar listrik. Proses elektrokimia mengandalkan media penghantar yang disebut larutan. Larutan terbagi 3 bagian yaitu, larutan bukan elektrolit, larutan elektrolit kuat serta larutan elektrolit lemah. Media penghantar yang akan digunakan didalam larutan disebut elektroda (Harahap, 2016).

Elektrokoagulasi mengandalkan elektroda sebuah titik tumpunya pengendali prinsip kerja pada sistem ini dan ialah pengembangan lanjutan dari proses elektrolisis. Elektrolisis ialah penguraian elektrolit oleh arus listrik searah (arus DC) dengan memakai dua macam elektroda yakni anoda (bermuatan negatif) dan

katoda (bermuatan positif). Reaksi reduksi yang ada dalam katoda yaitu ion positif (kation) yang tertarik oleh katoda dapat menerima elektron maka bilangan oksidasi berkurang. Ukuran ketebalan plat elektroda menjadi faktor penting dalam proses elektrokoagulasi, dimana semakin tebal plat elektroda yang dipakai maka daya tarik elektrostatis dalam mengoksidasi dan mereduksi ion logam pada larutan akan makin besar pula (Fauzi dkk, 2019).

Proses elektrokoagulasi menggunakan arus listrik yang kemudian dialirkan pada elektroda, hal ini cukup efektif dalam mereduksi/menghilangkan kontaminan di dalam air. Reaksi kimia yang terjadi disebabkan oleh de-stabilisasi suspensi dan koloid, pengotor yang terlarut dalam air diberikan arus listrik oleh gaya gerak listrik (Prabowo dkk., 2018).

Beberapa tahun terakhir banyak bermunculan penelitian terhadap air limbah dengan menggunakan metode elektrokoagulasi. Harahap dkk (2015) menyatakan bahwa penelitian menggunakan metode *electroplating* koagulasi mampu menurunkan konsentrasi logam Zn pada limbah industri karet yakni pada pH 7 dengan waktu kontak 60 menit yakni senilai 99,56%. Hasil investigasi Nasution (2021) menunjukkan bahwa pada variasi volume 100% ekstrak buah belimbing wuluh dapat menghasilkan nilai pH sebesar 2,8. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar variasi volume ekstrak buah belimbing wuluh maka nilai pH yang didapat akan semakin rendah. Namun, untuk tegangan arus dan daya listrik yang diperoleh akan semakin besar begitu pula sebaliknya.

Belimbing wuluh mengandung asam format dan mempunyai tingkat keasaman dengan kadar yang tinggi. Dengan tingkat keasaman yang terdapat dalam cairan buah belimbing wuluh, buah tersebut dapat dijadikan sebagai pengganti cairan elektrolit asam sulfat (H_2SO_4) di aki. Elektrolit yang terdapat pada aki mempunyai sifat asam, hal ini menjelaskan bahwa buah yang mempunyai sifat asam dapat dijadikan elektrolit (Widyaningsih, 2019). Larutan elektrolit adalah senyawa kimia yang menghasilkan ion dan dapat menghantarkan listrik layaknya konduktor (Suryaningsih, 2016).

Jeruk nipis mengandung air sebanyak 70-92%, gula, asam amino, asam organik vitamin, mineral, zat warna dan lainnya. Rasa masam dihasilkan dari

kandungan asam sitrat yang terkandung diseluruh anggotanya. Kandungan asam sitrat pada saat buah masih muda lebih banyak dibanding saat buah jeruk nipis sudah masak (Nasution, 2021). Buah dapat digunakan sebagai penghasil sel energi seperti asam sitrat, Adenosin, Nikotinamida, Dinukleotida Hidrogen serta asam askorbat dan dapat diganti sebagai elektrolit dalam kondisi tertentu. Buah nanas mengandung vitamin C yang cukup tinggi, vitamin C atau asam askorbat ini adalah antioksidan yang sifatnya larut dalam air dan mempunyai peran pada saat melawan radikal bebas (Masthura dan Abdullah, 2021). Elektrolit kuat didapatkan pada buah yang didalamnya terkandung asam mineral serta asam sitrat yang dapat diurai secara sempurna di dalam larutan air, oleh karena itu diketahui bahwa buah yang memiliki kandungan asam sitrat dari rasa asam mempunyai potensi dalam menghasilkan listrik sebab sifatnya elektrolit (Atina, 2015).

Dari paparan diatas mengenai dampak dan bahaya dari limbah cair penatu yang dapat merusak ekosistem perairan maka penulis tertarik dalam melaksanakan penelitian dengan metode elektrokoagulasi menggunakan ekstrak buah asam untuk menurunkan kadar pH limbah cair dengan elektroda alumunium (Al) untuk menurunkan parameter pencemar pH, TSS dan Fosfat pada limbah cair penatu.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diruraikan sebelumnya, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana efektifitas dari ekstrak buah belimbing wuluh, buah jeruk nipis dan buah nanas dalam menetralkan kandungan pH limbah penatu?
2. Apakah reaktor elektrokoagulasi dan variasi ekstrak buah asam dapat menurunkan kadar pH, TSS dan Fosfat dalam limbah cair penatu?
3. Berapa kadar penurunan nilai pH, TSS dan Fosfat dalam limbah cair penatu?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui efektifitas ekstrak dari buah belimbing wuluh, buah jeruk nipis dan buah nanas dalam menetralkan kandungan pH limbah penatu.
2. Mengetahui efektifitas reaktor elektrokoagulasi dalam menurunkan kandungan pH, TSS dan Fosfat pada limbah cair penatu.
3. Mengetahui kadar penurunan nilai pH, TSS dan Fosfat dalam limbah cair penatu.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian yang telah dibuat, maka diperoleh manfaat penelitian sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui efektifitas penetralkan pH limbah penatu menggunakan bahan alami.
2. Dapat mengetahui efektifitas reaktor elektrokoagulasi dalam menurunkan kandungan pencemar pada limbah cair penatu.
3. Dapat mengurangi beban pencemar pada limbah cair penatu sebelum dibuang langsung ke ekosistem perairan.
4. Menjadi referensi bagi pengelola limbah cair penatu.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian, sebagai berikut:

1. Menggunakan limbah cair penatu yang berasal dari salah satu usaha *laundry* di desa Cot Irie
2. Menggunakan variasi buah yaitu ekstrak buah belimbing wuluh, buah jeruk nipis, dan buah nanas sebanyak 5 ml.
3. Menggunakan reaktor elektrokoagulasi dengan tegangan listrik 12 volt, kuat arus 2,7 A, waktu kontak 60 menit serta sepasang elektroda aluminium (Al).

4. Parameter yang diukur pH, TSS dan Fosfat.

1.6 Hipotesa

Berdasarkan kerangka pemikiran di atas, diperoleh hipotesis bahwa:

1. Diduga penambahan ekstrak dari buah belimbing wuluh, buah jeruk nipis dan buah nanas dapat menetralkan kadar pH limbah cair penatu.
2. Diduga bahwa metode elektrokoagulasi dapat menurunkan kadar pH, TSS dan Fosfat pada limbah cair penatu.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair Penatu

Seiring perkembangan zaman dan semakin meningkatnya aktivitas penduduk daerah perkotaan maka permintaan masyarakat atas layanan jasa rumah tangga juga meningkat. Dimana salah satunya ialah usaha penatu atau biasa disebut dengan jasa pencucian pakaian. Aktivitas penatu ini memakai detergen untuk bahan pembersih, sebab mempunyai kelebihan dalam menghilangkan noda atau kotoran. Zat utama yang terkandung pada detergen ialah *natrium tripolifosfat* yang fungsinya sebagai *builder* dan surfaktan. Limbah penatu yang dibuang langsung tanpa pengolahan akan berbahaya bagi kesehatan serta lingkungan sekitar sebab akan sulit terdegradasi karena mengandung pemutih, pelembut dan pewangi yang terkandung dalam detergen. Kandungan detergen dalam limbah penatu bisa memengaruhi parameter limbah seperti TSS (*Total Suspended Solid*), serta pH (*Power of Hydrogen*). Meningkatnya kadar parameter tersebut dapat mengakibatkan turunnya kualitas perairan (Rumi dkk., 2022).

Pertumbuhan industri dan teknologi diberbagai bidang kehidupan dapat meningkatkan kualitas hidup serta taraf hidup masyarakat. Pertumbuhan ini tercermin dalam penggunaan produk pembersih modern dibandingkan produk pembersih tradisional. Salah satu detergen modern tersebut adalah detergen sintetis. Detergen sintetis telah banyak digunakan sebagai bahan pembersih sejak tahun 1950-an. Detergen adalah zat yang dapat menurunkan tegangan permukaan. Detergen lebih banyak digunakan karena komponen dasar detergen relatif murah, mudah digunakan, lebih tahan lama dalam air sadah serta tidak mengakumulasi asam, basa atau logam dalam air sadah. Efektivitas bahan pembersih tidak lepas dari komposisinya yang terdiri dari surfaktan dan bahan pendukung pembersih lainnya. Bahan-bahan tersebut antara lain bahan penunjang berupa fosfat dan zat aditif seperti pewangi, pemutih serta enzim (Sulistiyawati, 2019).

Detergen sering disebut sebagai detergen sintetis karena melengkapi penggunaan sabun, yang dapat mengatasi air sadah dan lalutan asam (Handayani,

2020). Air sadah ialah air dengan kandungan mineral yang tinggi yang disebabkan oleh tingginya kadar ion kalsium dan magnesium seperti garam karbonat, penyebab lainnya bisa juga karena tingginya konsentrasi ion logam lainnya serta garam bikarbonat dan sulfat. Ada dua jenis air sadah, yaitu air sadah tetap dan air sadah sementara. Air sadah tetap merupakan air sadah yang terkandung anion selain ion bikarbonat. Kesadahan ini tidak bisa dihilangkan memakai pemanasan, melainkan dengan proses kimia, dimana air bereaksi dengan zat kimia tertentu. Di sisi lain, air sadah sementara ialah air sadah yang mengandung ion bikarbonat dan kesadahan air bisa dihilangkan dengan pemanasan (Ajulan, 2019).

Detergen merupakan campuran dari berbagai bahan turunan minyak bumi yang digunakan sebagai produk pembersih dan terbukti efektif menghilangkan kotoran karena di dalamnya terkandung surfaktan (Setiawati dkk., 2019). Surfaktan digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan detergen dengan menambahkan bahan aditif dan bahan pembangun dimana sebagian besar asalnya dari polifosfat yang memiliki peranan dalam mendapatkan kerja surfaktan. Bahan tambahan pada detergen dapat berupa karboksimetil selulosa, natrium silikat, natrium perborat serta pewangi dan bahan lain (Diniah, 2019).

Secara umum istilah detergen digunakan sebagai produk atau bahan yang berfungsi untuk menghilangkan kontaminan dan permukaan benda yang berupa buih busa, seperti membersihkan sisa makanan dari piring dan memisahkan kotoran dari pakaian. Kemampuan detergen ini tergantung pada komposisi dari formulanya, proses penentuan formula detergen harus mempertimbangkan beberapa hal agar detergen efektif untuk digunakan. Formula penyusunan detergen secara umum diklasifikasikan menjadi empat senyawa, yakni surfaktan, pemutih (*bleaching agent*), penguat (*builders*), serta bahan aditif (Geriansyah, 2021).

Formula penyusunan detergen secara umum:

a. Surfaktan (*surface active agents*)

Merupakan suatu komponen yang menghasilkan busa dan dapat menurunkan tegangan permukaan air. Fungsinya sebagai daya pembasahan air maka kotoran yang berlemak bisa dibasahi dan dapat mengangkat

kotoran serta mensuspensi kotoran yang terangkat. Surfaktan dibagi menjadi empat macam yaitu, *anionic*, *cationic*, *nonionic*, *amphoteric*.

b. Pemutih (*bleaching agent*)

Fungsi dari pemutih ini dapat membunuh bakteri dan menjamin *higienitas* serta dapat menghilangkan noda membandel melalui reaksi oksidasi.

c. Penguat (*builders*)

Fungsi dari penguat ini dapat membantu mempertahankan pH larutan serta untuk menguatkan efisiensi pencucian dari surfaktan dengan caranya menonaktifkan mineral penyebab kesadahan air. Kekurangan dari bahan ini dapat menimbulkan efek samping yaitu terasa panas saat mengenai kulit tangan jika terlalu banyak digunakan. Senyawa *builders* yang sering dipakai, diantaranya fosfat, zeolit, natrium silikat dan natrium karbonat.

d. Bahan aditif

Bahan aditif ini bertujuan untuk meningkatkan komersialisasi produk dan tidak berkaitan langsung dengan daya cuci detergen. Bahannya ditambahkan dalam jumlah kecil dalam menaikkan sifat komponen. Contohnya: pelembut, pewangi, penghambat karat, penstabil enzim, pemutih *fluoresce* serta antibakteri (Pangesty, 2021).

2.2 Baku Mutu Limbah Cair Penatu

Baku mutu limbah adalah batasan jumlah zat atau konsentrasi pencemar yang terdapat pada limbah yang dibuang ke badan air (Widyantara, 2019). Parameter adalah nilai yang digunakan sebagai acuan nilai atau kondisi tertentu (Pangesty, 2021). Baku mutu limbah cair operasional *laundry* berpegangan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Badan Usaha dan/atau Industri Produk Sabun, Detergen, dan Minyak Nabati dengan baku mutu tercantum pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Baku mutu limbah cair badan usaha dan/atau industri produk sabun, detergen, dan minyak nabati

No.	Parameter	Satuan	Kadar Paling Tinggi	Baku Mutu
1.	TSS	mg/L	60	Permen LH No. 5 Tahun
2.	Fosfat	mg/L	2	2014
3.	pH	-	6-9	

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014

2.3 Karakteristik Limbah

Limbah cair memiliki tiga karakteristik yakni, karakteristik fisika, kimia dan biologi. Karakteristik fisika diantaranya warna, bau, temperatur, minyak dan lemak, TSS (*Total Suspended Solids*), TS (*Tota Solid*), serta kekeruhan. Karakteristik kimia diantaranya BOD (*Biological Oxygen Demand*), DO (*Dissolved Oxygen*), pH (*Power of Hydrogen*), serta logam berat. Karakteristik biologi mengukur kualitas air dengan mengukur kandungan mikroorganisme dan bakteri (Fitriyanti, 2020).

pH (*Power of Hydrogen*) ialah derajat keasaman dan dipakai dalam mengukur keasaman atau kebasaan sebuah larutan. Nilai pH mempengaruhi baik buruknya kondisi air. Air dengan pH dibawah 7 artinya bersifat asam, sedangkan air dengan pH sama dengan 7 dikatakan netral dan air dengan pH di atas 7 dikatakan basa (Al'Amin, 2018).

Fosfat berbentuk larutan yang terikat pada sel-sel organisme air. Senyawa fosfat dapat mengangkat kotoran yang menempel. Komposisi surfaktan kompleks dan fosfat yang tepat adalah kunci terpenting untuk kinerja pencucian detergen. Kandungan fosfat dalam air memiliki pengaruh penting terhadap keseimbangan ekosistem perairan. Dengan nilai fosfat yang rendah (<0,01 mg/L) pertumbuhan alga terhambat (oligotrofik), sebaliknya dengan nilai fosfat yang cenderung tinggi di dalam air, akan terjadi eutrofikasi, sehingga akan menurunkan jumlah oksigen

terlarut dalam air. Tersebut berbahaya sekali untuk kelestarian ekosistem perairan (Geriansyah, 2021).

2.4 Buah Asam

2.4.1 Belimbing Wuluh

Belimbing wuluh atau biasa disebut belimbing asam sering digunakan sebagai bumbu campuran pada masakan karena memiliki rasa asam yang dapat melengkapi rasa tersebut, selain campuran bumbu masakan juga digunakan sebagai ramuan jamu dan mengandung banyak zat tanin, sulfur, glukosa, saponin, peroksida, flavonoid, triterpenoid, serta asam format. Senyawa asam yang terdapat dalam larutan elektrolit berupa asam oksalat, asam sitrat, asam format, serta asam sulfat (Suryaningsih, 2016).

Belimbing wuluh atau bernama latin *Averrhoa Bilimbi Linn* ialah sebuah tanaman berupa pohon kecil yang mempunyai garis tengah 30 cm dan diperkirakan berasal dari kepulauan Maluku kemudian dikembangkan Indonesia, Myanmar, Srilanka, Malaysia dan Filipina. Belimbing wuluh dapat ditemukan di hutan, ladang atau di tempat yang banyak mendapat sinar matahari langsung dan sedikit lembab dengan ketinggian 500 meter di atas permukaan laut. Belimbing wuluh ini mempunyai komponen farmakoseutika seperti senyawa buffer, antioksidan dan flavonoid serta fenol yang berfungsi sebagai antibakterial (Insan dkk., 2019).

Fisiologi belimbing wuluh umumnya berupa sebuah pohon kecil berdiameter 50-90 cm dengan tinggi pohon 10-15 cm dan mempunyai batang pohon yang cenderung kasar dan bercabang. Bentuk daun majemuk menyirip dan buah berbentuk bulat lonjong persegi serta rasa buah cenderung asam dengan biji berbentuk bulat gepeng. Buah belimbing wuluh dapat digunakan sebagai perlindungan terhadap penyakit dan dapat meningkatkan imunitas tubuh karena mengandung banyak vitamin C. Kandungan kimia yang terdapat pada buah ini berupa kalium, asam oksalat, pektin, fenol serta flavonoid yang merupakan senyawa aktif antibakteri. Manfaat buah belimbing wuluh ini dapat dijadikan minuman, obat-obatan, melancarkan fungsi pencernaan, menetralkan

bau, bahan dasar kosmetik serta dapat menghilangkan noda pada pakaian dan karatan (Lisnawati dan Prayoga, 2020).

Menurut Syah (2016), klasifikasi tanaman belimbing wuluh (*Averrhoa Bilimbi Linn*) sebagai berikut:

Regnum : *Plantae*

Division : *Magnoliophyta*

Class : *Magnoliopsida*

Ordo : *Geraniales*

Family : *Oxalidaceae*

Genus : *Averrhoa*

Species : *Averrhoa bilimbi*



Gambar 2.1 Belimbing Wuluh

(Sumber: Pribadi, 2023)

Suryaningsih (2016) telah melakukan penelitian terhadap buah belimbing wuluh yang digunakan sebagai larutan elektrolit pada sel galvani dalam memperoleh energi listrik dengan memakai plat tembaga sebagai katoda dan plat seng sebagai anoda dengan 100 ml larutan belimbing wuluh sebagai elektrolit, memperoleh tegangan sebesar 0.71 volt dan arus listrik 0.20 mA.

2.4.2 Jeruk Nipis

Jeruk Nipis atau yang bernama latin *Citrus Aurantifolia Swingle* merupakan salah satu spesies jeruk asli India dan Asia Tenggara (Hidayat dkk., 2018). Buah jeruk nipis mempunyai rasa asam dan pahit. Kandungan kimia dalam jeruk nipis antara lain vitamin B1 dan vitamin C hingga 27 mg/100 gr buah jeruk nipis, kalsium (*Calcium*) hingga 40 mg/100 gr buah jeruk nipis, fosfor

(*Fosforus*) hingga 22 mg/100 gr buah jeruk nipis, belerang (sulfur), besi (Ferrum), glikosida, lemak (lemak jenuh, lemak tak jenuh tunggal, lemak tak jenuh ganda), damar (resinae), asam sitrun, asam sitrat hingga 7-7,6%/100 gr buah, asam amino (triptofan, lisin) serta minyak atsiri (sitral, limonen, felandren, lemon kamfer, kadinen, gerani-lasetat, linalil-asetat, aktilaldehid, nonilaldehid) (R. K. Lestari dkk., 2018). Bagian terpenting dari tanaman jeruk nipis ialah buah jeruk nipis, karena ekstrak buah jeruk nipis banyak mengandung air dan asam sitrat, hingga 7-8% dari berat daging buahnya (A. Hidayat, 2019).

Menurut A. Hidayat (2019), Klasifikasi tanaman jeruk nipis (*Citrus Aurantifolia Swingle*) sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisio : Spermatophyta
Class : Dicotyledonae
Ordo : Rutales
Family : Rutaceae
Genus : Citrus
Species : Citrus Aurantifolia, Swingle



Gambar 2.2 Jeruk Nipis

(Sumber: Pribadi, 2023)

2.4.3 Nanas

Ananas comosus atau biasa disebut nanas merupakan tumbuhan berupa buah semak. Nanas berasal dari Amerika Selatan dan Brasil dan dibudidayakan di sana selama berabad-abad sebelum *colombus*. Orang Spanyol membawa nanas ke Filipina dan Semenanjung Malaysia pada abad ke-16. Di negara Indonesia

sendiri, nanas mulai menyebar pada abad ke-15, pada awalnya nanas Cuma merupakan tanaman pekarangan, kemudian menyebar dan menjadi kebun di lahan kering hampir di seluruh wilayah nusantara (Juansah dkk., 2009). Di Indonesia nanas yang terkenal berasal dari jawa (nanas bogor) dan Sumatera (nanas Palembang dan siantar) serta nanas klayatan (Atina, 2015). Tanaman tropis, nanas termasuk tanaman herba dengan 30 atau lebih daun tajam panjang yang mengelilingi batang yang tebal dan kulit buahnya bersisik atau bermata banyak. Nanas mengandung vitamin C (asam askorbat), dektrosa, protein dan asam organik (Juansah dkk., 2009).

Menurut Kencana (2022), klasifikasi tanaman nanas (*Ananas comosus*) sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisio : Tracheophyta

Class : Liliopsida

Ordo : Poales

Family : Bromeliaceae

Genus : Ananas

Species : *Ananas comosus* L. Merr



Gambar 2.3 Nanas

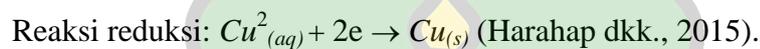
(Sumber: Pribadi, 2023)

2.5 Metode Elektrokoagulasi

2.5.1 Pengertian Metode Elektrokoagulasi

Ilmu kimia yang mengkaji perpindahan elektron di suatu media dalam bentuk elektroda disebut elektrokimia. Konsep dasar elektrokimia adalah reaksi

redoks (oksidasi-reduksi) dan larutan elektrolit. Prinsip reaksi redoks ini akan mengendap dan menjadi padat sehingga dapat dipisahkan dari larutan. Elektrokimia melibatkan dua elektroda yakni elektroda positif dan elektroda negatif. Pembagian elektroda ini menjadi penyebab sumber energi dalam pertukaran elektron akan dialiri oleh arus listrik. Larutan elektrolit ialah senyawa kimia yang mengandung ion dan dapat menghantarkan listrik. Zat yang dapat menghantarkan listrik seperti Zn (seng) dan Cu (tembaga) yang dapat terjadi reaksi oksidasi dan reduksi.



Sel elektrokimia ialah perpindahan elektron bebas dari logam ke komponen dalam larutan (terjadinya reaksi redoks). Sel elektrokimia terdiri dari sel galvani dan sel elektrolisis. Sel galvani atau sering disebut sel volta ialah sel yang mampu mendapatkan arus listrik dimana anoda memiliki muatan negatif sedangkan katoda muatannya positif. Arus listrik mengalir dari katoda ke anoda dan reaksi kimia terjadi secara spontan. Sel elektrolisis ialah sel yang memakai listrik. Reaksi kimia dalam sel elektrolisis terjadi karena perbedaan potensial dan dipicu oleh sistem luar. Di sel elektrolisis, anoda bermuatan positif dan katoda bermuatan negatif, maka arus listrik mengalir dari anoda ke katoda (Farandy dkk., 2020).

Proses elektrokoagulasi merupakan proses elektrokimia yang bertujuan untuk mengolah air limbah dengan menggunakan elektroda yakni anoda dan katoda. Di anoda, koagulan aktif berbentuk ion logam (umumnya besi dan aluminium) dilepaskan ke dalam larutan, adapun di katoda mengalami reaksi elektrolisis ketika gas hidrogen dilepaskan. Kedua proses tersebut berpengaruh oleh beberapa faktor seperti tegangan listrik, arus listrik, suhu, pH, waktu kontak dan konduktivitas.

Elektrokoagulasi dapat digunakan untuk mengolah kontaminan limbah rumah tangga seperti logam berat, padatan tersuspensi dan bahan organik. Karakteristik polutan sangat berpengaruh terhadap mekanisme pengolahan, misalnya partikel bermuatan diserap ke dalam endapan bermuatan, sedangkan

kontaminan ionik dikurangi dengan proses pengendapan. Keuntungannya dari elektrokoagulasi ialah tidak membutuhkan bahan kimia, maka tidak ada masalah dengan netralisasi. Metode elektrokoagulasi mengurangi konsentrasi koloid terkecil lebih cepat karena menggunakan medan listrik di dalam air, yang dapat meningkatkan kecepatan gerakan dan memudahkan proses pengendapannya (Amri dkk., 2020).

Elektrokoagulasi juga dikenal sebagai elektrolisis gelombang pendek, yakni metode dalam mengolah air limbah melalui proses gabungan dari elektrokimia, flokulasi dan koagulasi. Proses elektrokoagulasi terjadi ketika partikel halus menggumpal dan mengendap di dalam air menggunakan energi listrik (Fadhila, 2018).

Pemilihan elektroda yang tidak mudah korosi, waktu kontak, kuat arus dan ukuran kontaminan harus diperhatikan. Pembentukan gelembung oksigen yang diperoleh oleh anoda dan gelembung hidrogen yang diperoleh oleh katoda berfungsi sebagai pengangkatan flok yang terbentuk karena berhubungan dengan muatan negatif dan positif dari padatan tersuspensi yang dihasilkan oleh elektroda penghasil ion. Hubungan kuat arus (tegangan listrik) dan waktu terhadap jumlah spesi kimia pada reaksi reduksi-oksidasi (redoks) ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$W = e \times I \times t \quad 2.1$$

Ket: W = berat endapan (gr)

e = berat ekivalen zat

I = kuat arus (A)

t = waktu (detik)

Pada Persamaan di atas dapat dinyatakan bahwa arus listrik tertentu yang bernilai setara seperti tegangan listrik, jumlah/berat gas O₂ dan H₂ dan jumlah/berat endapan akan meningkat seiring lamanya reaksi redoks, begitu juga sebaliknya jika dilihat akan lamanya reaksi redoks, semakin banyak gas O₂ dan H₂ yang diperoleh seiring dengan meningkatnya kuat arus listrik (Putri, 2021).

Pemilihan bahan elektroda tergantung pada sifat kimia larutan elektrolit dan kontaminan yang akan dihilangkan. Efisiensi pengurangan polutan dari metoda ini bahkan lebih baik jika perpaduan diantara material elektroda dengan polutan yang akan dihilangkan cocok dan elektrolit yang dipakai tepat. Pengaruh proses ini dengan material elektroda adalah perbedaan resistivitas (hambatan jenis) dari masing-masing material penyusun elektroda terhadap arus listrik. Resistivitas merupakan angka yang menunjukkan seberapa banyak material tersebut menolak aliran listrik. Resistivitas diukur dalam satuan ohm.meter, sehingga cepat atau lambatnya proses ini tergantung dari kecil atau besarnya resistivitas dalam suatu elektroda. Semakin kecil tingkat resistivitas maka akan semakin mudah elektroda mengalirkan arus listrik begitu juga sebaliknya semakin besar tingkat resistivitas maka akan semakin sulit elektroda mengalirkan arus listrik (Hasibuan, 2018).

2.5.2 Faktor Elektrokoagulasi

Faktor-faktor yang mempengaruhi elektrokoagulasi, antara lain:

a. Kerapatan Arus

Komponen terpenting dalam elektrokoagulasi adalah kerapatan arus dikarenakan dapat mempengaruhi peningkatan diameter gelembung. Diameter gelembung tidak terjadi perubahan yang signifikan pada densitas arus yang rendah misal 40-210 A/m^2 , saat densitas arus ditingkatkan menjadi 100-1000 A/m^2 , diameter gelembung mengalami sedikit peningkatan (Putri, 2021). Kerapatan arus berdampak pada efisiensi proses elektrokimia karena dapat menunjukkan laju produksi gelembung, laju dosis koagulan, bentuk serta ukuran flok yang akan terbentuk. Pembentukan flok terjadi karena kerapatan arus mengalami peningkatan, maka pembentukan ion pada elektroda juga akan meningkat (Hasibuan, 2018).

b. Material Elektroda

Reaksi elektrokimia terjadi pada material elektroda (Hasibuan, 2018). Maka dari itu pemilihan material elektroda sangat penting karena akan

mempengaruhi ketahanan elektroda, kemampuan menghasilkan gas oksigen dan hidrogen dalam proses elektrokoagulasi serta biaya. Sistem elektroda juga merupakan jantung dari rangkaian elektrokoagulasi (Putri, 2021). Umumnya material elektroda yang digunakan berjenis logam, diantaranya:

- Tembaga (Cu) teroksidasi dalam bentuk Cu^{2+} . Resistivitasnya sebesar $1,7 \times 10^{-7}$ Ohm.meter. Tetapi tembaga kurang diminati sebagai elektroda karena harganya yang mahal dan kemampuan elektroda tidak sebaik aluminium dan besi.
- Aluminium (Al) teroksidasi dalam bentuk Al^{3+} . Resistivitasnya sebesar $2,65 \times 10^{-8}$ Ohm.meter. Aluminium unggul dalam segi penyisihan.
- Seng (Zn), resistivitasnya sebesar $5,5 \times 10^{-8}$ Ohm.meter.
- Besi (Fe) teroksidasi dalam bentuk Fe^{2+} dan Fe^{3+} . Resistivitasnya sebesar $9,7 \times 10^{-8}$ Ohm.meter. Namun, Fe^{3+} lebih unggul dibandingkan Fe^{2+} karena adanya kelarutan hidroksida yang lebih tinggi dan muatan positif yang lebih rendah dari ion (Hasibuan, 2018).

c. Gelembung Elektrolit

Gelembung mempengaruhi ukuran partikel pada proses elektrokoagulasi, ukuran gelembung yang terbentuk menjadi pengaruh besar efisiensi pemisahan pada proses elektrokoagulasi dan bisa dilihat dari berkurang atau bahkan hilangnya polutan pada air yang keruh. Kinetika flotasi yang baik dihasilkan dari tinggi rasio luas permukaan ke volume pada gelembung gas yang kecil (Putri, 2021). Gelembung yang kecil dapat memberi probabilitas yang tinggi dikarenakan akan memberi sudut kontak yang lebih kecil pada sistem tiga fase yaitu padat, cair dan gas. Ukuran gelembung juga bisa disesuaikan dengan menyesuaikan jenis elektroda, pH dan kerapatan arus yang akan dipakai (Tyagustin, 2021).

d. pH (kadar keasaman)

Larutan elektrolit dalam suasana asam membuat ukuran gelembung hidrogen menjadi lebih besar daripada dalam suasana netral atau basa. Di anoda gelembung hidrogen kurang signifikan saat suasana basa, sedangkan di katoda gelembung hidrogen mudah sekali tampak pada suasana asam

(Putri, 2021). Efisiensi penurunan jumlah polutan akan terjadi jika pH mencapai titik optimum dalam larutan yang mengandung polutan. Namun, efisiensi pengurangan polutan menurun ketika pH larutan naik atau turun dari pH optimum polutan (Hasibuan, 2018).

e. Jarak Elektroda

Jarak yang semakin besar maka makin besar juga hambatannya maka arus yang mengalir makin kecil (Fadhila, 2018). Jarak antar elektroda menentukan efisiensi penyisihan polutan. Pada jarak elektroda minimum, pembentukan logam hidroksida menjadi flok dan polutan yang mengendap kembali terdegradasi oleh tarikan elektrostatis, menghasilkan tumbukan antar flok hingga pecah. Namun, efisiensi penyisihan polutan akan terjadi saat jarak elektroda ditingkatkan, karena penurunan efek elektrostatis akan memperlambat pergerakan ion yang terbentuk. Ini akan memberi logam hidroksida lebih banyak waktu untuk menggumpal dan membentuk flok. Walaupun memerlukan waktu yang sedikit lebih lama, namun efisiensi penyisihan bisa lebih optimal (Hasibuan., 2018).

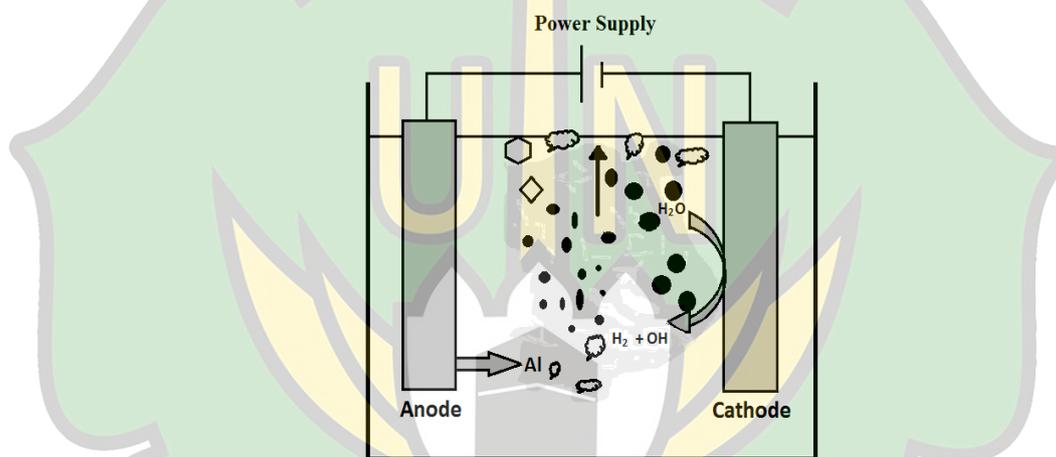
f. Waktu

Jumlah muatan yang mengalir selama proses elektrolisis sebanding dengan jumlah waktu kontak yang dipakai.

2.5.3 Mekanisme Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi juga dikenal sebagai elektrolisis gelombang pendek dan digunakan untuk mengolah air limbah industri. Proses elektrokoagulasi ialah kombinasi dari proses elektrokimia dan proses flokulasi koagulasi. Elektrokoagulasi ialah suatu proses dimana partikel halus yang terkandung pada air diaglomerasi dan distratifikasi memakai energi listrik. Proses ini dilaksanakan dengan melarutkan logam dari anoda, lalu berinteraksi dengan ion hidroksi yang terbentuk bersamaan dan gas hidrogen dari katoda. Metode elektrokoagulasi ini memakai dua buah pelat elektroda yang ditempatkan pada bejana berisikan air untuk dijernihkan, kemudian kedua elektroda tersebut

dialirkan arus searah, maka terjadi proses elektrokimia yang membuat kation berpindah ke katoda dan anion ke anoda, maka flokulan terbentuk dan mengikat kontaminan atau partikel pencemar dari air tersebut. Pada reaktor elektrokoagulasi anoda digunakan sebagai agen koagulan (biasanya menggunakan besi atau aluminium) dan secara simultan katoda menghasilkan hidrogen (gas-gas elektrolit). Ketika dua elektroda ditempatkan dalam elektrolit dan dialiri arus listrik searah sehingga proses elektrokimia terjadi, yakni terjadinya dekomposisi elektrolit yang mana ion positif (kation) bergerak ke katoda dan menerima elektron yang tereduksi dan ion negatif (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron yang dioksidasi (Fadhila, 2018).



Gambar 2.4 Proses Elektrokoagulasi

(Sumber: Fadhila, 2018)

1. Plat Elektroda

Pada dasarnya proses elektrokoagulasi ialah pengembangan dari proses elektrolisis yang memakai elektroda sebagai tumpuan untuk mengontrol prinsip kerja sistem ini. Elektrolisis adalah pemecahan elektrolit dengan arus searah memakai dua jenis elektroda. Elektroda yang dipakai adalah katoda dan anoda. Katoda bertindak sebagai kutub negatif dan tempat terjadinya proses reduksi yakni kation (ion positif) yang ditarik oleh katoda dan dapat menerima tambahan elektron dan menyebabkan bilangan oksidasi berkurang. Pada

prakteknya, katoda dapat memperoleh ion hidrogen yang menghilangkan bermacam flokulan yang terbentuk selama proses elektrokoagulasi berlangsung, maka sesudah proses elektrokoagulasi berakhir dapat terlihat bercak putih yang muncul di katoda sebagai tanda pelepasan ion hidrogen di bagian tersebut. Berbeda dengan katoda, anoda berperan sebagai kutub negatif dalam proses elektrolisis dan elektrokoagulasi. Anoda bertindak sebagai kutub positif dan tempat terjadinya proses reaksi oksidasi, yakni anion (ion negatif) ditarik oleh anoda dan jumlah elektron dapat berkurang maka oksidasi meningkat. Oleh karena itu yang membuat elektrokoagulasi berlangsung yakni flokulan-flokulan yang terbentuk menempel di anoda menjadi agen koagulan. Beberapa material elektroda diantaranya aluminium, *stainless steel*, besi dan platina (Fadhila, 2018).

2. Reaksi pada Elektrokoagulasi

Selama proses elektrokoagulasi terjadi dua macam reaksi yakni reaksi oksidasi dan reaksi reduksi yang terjadi dalam plat yang berbeda, sehingga berikut keterangan dari kedua reaksi diatas yang ada di anoda dan katoda.

a. Reaksi pada Katoda

Ion H^+ dari asam direduksi menjadi gas hidrogen yang bebas menjadi gelembung gas.



Larutan tereduksi ialah pelarut (air) yang membentuk gas hidrogen (H_2) pada katoda.



Bila larutan memiliki kandungan ion logam lainnya, ion logam tersebut direduksi menjadi logam dan berada di batang katoda.

b. Anoda

Anoda terbuat dari logam aluminium dapat teroksidasi.



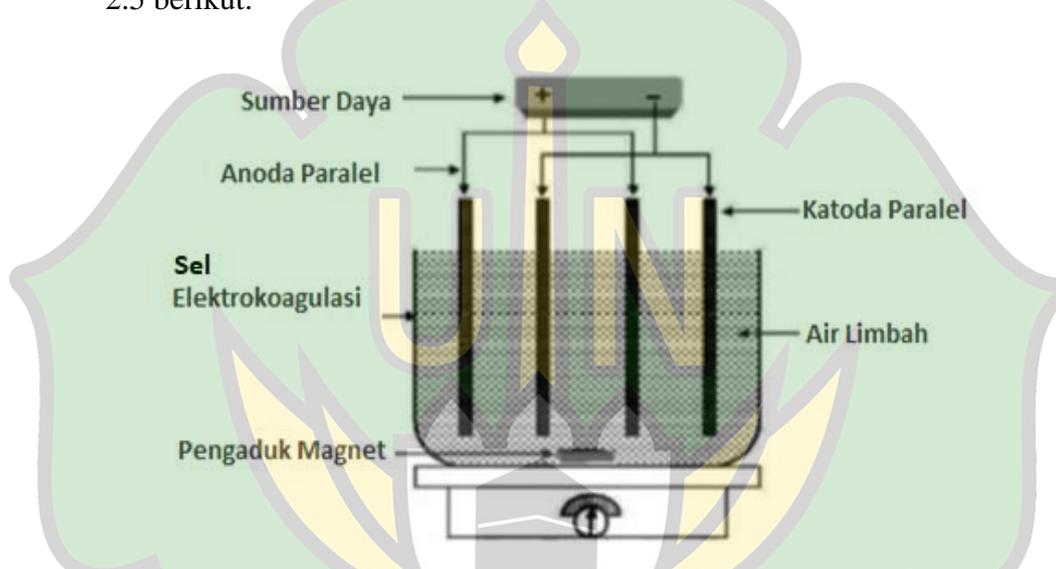
Ion OH^- dari basa dioksidasi menjadi gas oksigen (O_2).



Bila larutan memiliki kandungan ion logam lain, ion logam tersebut direduksi menjadi logam dan berada di batang katoda.



Reaksi ini memperoleh gas, buih, dan flok $\text{Al}(\text{OH})_3$ di anoda. Flok yang terbentuk dapat mengikat unsur-unsur yang terkandung pada limbah, maka flok cenderung mengendap. Flok yang mengikat kontaminan dipisahkan di bak pengendapan (sedimentasi) dan buih yang tersisa dipisahkan di unit filter. Skema sederhana perangkat elektrokoagulasi tertera dalam Gambar 2.5 berikut.

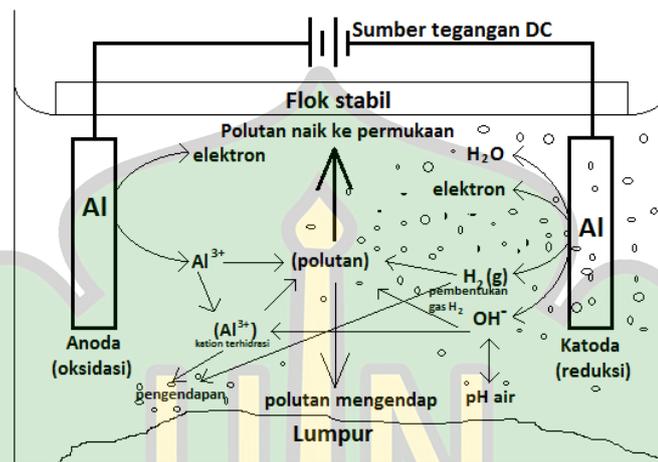


Gambar 2.5 Skema Alat Elektrokoagulasi.

(Sumber: Fadhila, 2018)

Pada sistem elektrokoagulasi, mekanisme kontak antara gelembung gas oksigen dan hidrogen dengan molekul surfaktan, terdiri dari pengapungan, penyerapan dan pelekatan. Selama proses pengapungan, hubungan antara gelembung gas dan surfaktan berlangsung secara fisik. Proses penyerapan berlangsung dalam struktur flokulan yang tersuspensi pada gelembung gas. Selama proses pelekatan, terjadi gaya tarik intramolekul yang menimbulkan tegangan permukaan (Putri, 2021). Selama proses elektrokoagulasi berlangsung, gelembung-gelembung halus akan berhenti di elektroda kemudian akan terlepas dan saat naik ke permukaan air, gelembung halus akan bertumbukan dengan

partikel padat atau cair yang tersuspensi dalam air, tumbukan ini akan menyebabkan perlekatan partikel dengan gelembung dan membentuk agregat gelembung partikel, kemudian agregat akan naik ke permukaan air dan dikumpulkan dengan *skimming* mekanis (Mohtashami dan Shang, 2019). Mekanisme elektrokoagulasi bisa diperhatikan dalam Gambar 2.6



Gambar 2.6 Mekanisme elektrokoagulasi antara gelembung gas oksigen dan hidrogen dengan molekul surfaktan

(Sumber: Masthura., 2019)

Ukuran gelembung tergantung pada sifat elektroda, komposisi medium, potensial serta parameter lainnya. Selama air terelektrolisis karena kelebihan ion OH^- di dekat lapisan penutup, gelembung hidrogen memperoleh muatan negatif oleh sebab itu gelembung ditolak dari permukaan katoda. Dalam media alkali, gelembung hidrogen yang tumbuh dengan cepat bermuatan negatif sedangkan gelembung oksigen tidak memiliki muatan karena netralisasinya dengan alkali. Namun dalam media asam, gelembung hidrogen tidak memiliki muatan karena netralisasinya dengan asam dan gelembung oksigen tumbuh dengan cepat serta memiliki muatan listrik positif. Gelembung hidrogen mempunyai peran penting dalam proses flotasi partikel. Secara signifikan, diameter gelembung hidrogen lebih kecil dibandingkan diameter gelembung oksigen yang dilepaskan di anoda. Ukuran gelembung tergantung pada kerapatan arus, bentuk serta sifat permukaan elektrodanya, suhu medium dan tegangan permukaan pada garis

batas fase larutan elektroda. Ukuran gelembung juga ditentukan oleh tegangan lebih hidrogen pada elektroda yang digunakan. Semakin jauh posisi yang ditempati elektroda maka akan semakin besar gelembung yang terbentuk di permukaan selama proses elektrokoagulasi (Kolesnikov dkk., 2017).

2.6 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.2 Penelitian terdahulu

Studi – Studi	Hasil Penelitian	Referensi
Pengolahan Limbah Cair dengan Elektrokoagulasi dalam Menurunkan Kadar Fosfat pada Limbah Laundry	<ul style="list-style-type: none"> - Pada tegangan 12 volt terjadi penurunan sebesar 2,55 mg/L atau persentase sebesar 92,73% dan sudah memenuhi syarat. - Pada tegangan 18 volt terjadi penurunan senilai 2,61 mg/L atau persentase sebesar 95,14% dan sudah sesuai syarat. - Pada tegangan 24 volt terjadinya pengurangan senilai 2,66 mg/L atau 96,78% dan sudah memenuhi syarat. 	Juherah dan Muhammad Ansar, 2018
Efektifitas Jumlah Pasangan Elektroda Aluminium pada Proses Elektrokoagulasi terhadap Penurunan Kadar Fosfat Limbah Cair Laundry	<p>Teknologi elektrokoagulasi bisa menjadi sebuah alternatif untuk mengurangi kadar fosfat limbah cair laundry. Pada perlakuan menggunakan 4 pasang elektroda alumunium dengan jarak elektroda 2 cm didapati hasil penurunan kadar fosfat sebesar 33,7% dengan tegangan 12 V dan kuat arus 500 mA.</p>	Puji Lestari dkk, 2017

Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia dengan Kombinasi Metode Elektrokoagulasi, Filtrasi dan Pengikatan Logam dengan Asam Jawa	Limbah yang diolah dengan proses elektrokoagulasi secara efektif menurunkan konsentrasi logam berat dalam air limbah hingga mencapai nilai standar baku mutu.	Fadhila dkk, 2018
Optimalisasi Metode <i>Electroplating</i> Koagulasi terhadap Penurunan Kadar Logam Zinkum (Zn) pada Air Buangan Limbah Industri Pengolahan Karet	Dari hasil penelitian yang dilaksanakan didapatkan keadaan paling baik teknik <i>electroplating</i> Koagulasi yang optimal dalam mengurangi konsentrasi logam Zn dalam limbah industri karet yakni pH 7 pada waktu kontak 60 menit yaitu senilai 99,56 %.	Harahap dkk, 2015
Analisis Kelistrikan Larutan Elektrolit Berbasis Sari Belimbing Wuluh dan Sari Jeruk Kunci sebagai Sumber Energi Alternatif	Variasi volume ekstrak buah belimbing wuluh 100% dapat menghasilkan nilai pH sebesar 2,8. Hal ini menunjukkan semakin besar variasi volume ekstrak buah belimbing wuluh sehingga nilai pH dapat makin kecil. Namun tegangan arus dan daya listrik yang diperoleh dapat makin besar begitu juga sebaliknya.	Nasution, 2021
Proses Elektrokoagulasi Pengolahan Limbah	Proses elektrokoagulasi mengurangi konsentrasi <i>Total Suspended Solid</i> (TSS) dan surfaktan dalam limbah <i>laundry</i> cair. Efisiensi	Rachmawati, <i>Total</i> 2014

Laundry

penurunan TSS pada reaktor elektrokoagulasi pada penelitian ini senilai 85% dan penurunan surfaktan senilai 60,36% dengan tegangan variabel 21 volt dengan waktu sampling 140 menit. Hasil penelitiannya ini juga membuktikan bahwasanya tegangan yang cukup tinggi dan waktu yang lama secara mandiri akan mempengaruhi proses elektrokoagulasi.



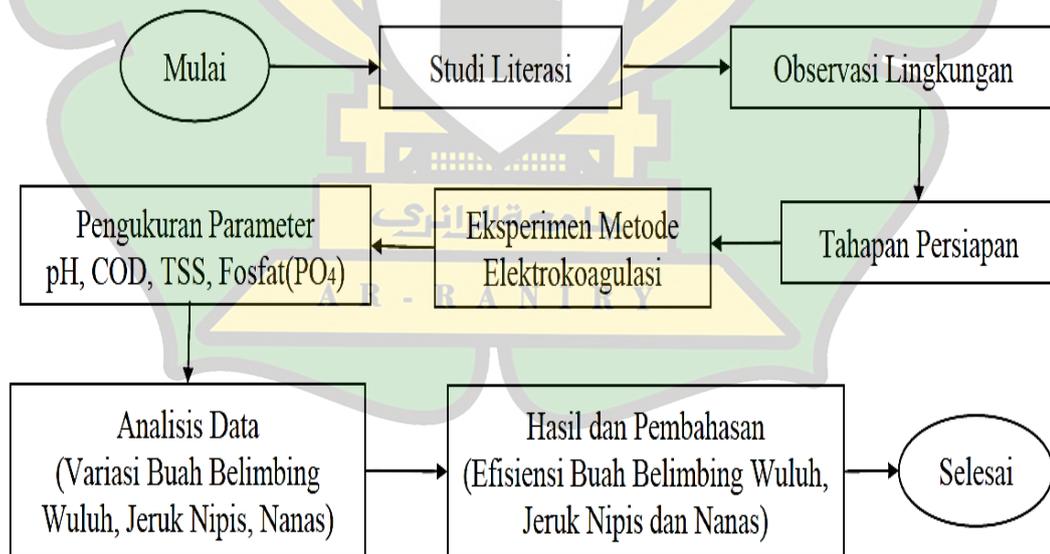
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode penelitian kuantitatif eksperimen. Metode penelitian kuantitatif ialah metode yang menguji teori tertentu dengan melakukan penelitian antara hubungan dan variabel. Umumnya variabel diukur dengan data dan alat ukur (instrumen penelitian), data berupa angka yang bisa dianalisis dengan menggunakan prosedur statistik. Penelitian kuantitatif dimulai dengan mengidentifikasi variabel utama ke dalam penelitian bebas maupun terikat beserta model visualnya, kemudian ditentukan apakah variabel tersebut diamati atau diukur. Tujuan digunakannya variabel secara kuantitatif ialah agar dapat menghubungkan variabel tersebut seperti dalam penelitian eksperimen.

3.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini memakai metode eksperimen. Tahapan penelitian adapun langkah-langkah pelaksanaan penelitian dari awal hingga akhir, sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian diuraikan lebih rinci sebagai berikut:

1. Tahapan studi literatur merupakan studi tentang proses penelitian yang dilakukan untuk mengkaji serta mengumpulkan data informasi yang akan dilaksanakan berdasarkan jurnal, skripsi dan buku.
2. Tahapan observasi lapangan adalah observasi yang bertujuan dalam mencari dan mengidentifikasi limbah detergen yang digunakan untuk penelitian.
3. Tahapan persiapan ialah tahapan saat mempersiapkan alat dan bahan yang hendak dipakai saat pembuatan reaktor saat penelitian.
4. Tahapan eksperimen elektrokoagulasi menggunakan elektroda dan *power supply* DC untuk mengidentifikasi pengaruh tegangan listrik, kuat arus serta waktu kontak terhadap limbah detergen dalam menurunkan kandungan Fosfat, kadar pH dan TSS yang terkandung dalam limbah detergen.
5. Tahapan pengukuran parameter merupakan pengukuran sebelum dan sesudah eksperimen terhadap nilai parameter pH, TSS dan Fosfat.
6. Tahapan analisis data adalah tahapan yang dilaksanakan dalam menganalisis data yang didapati dari hasil pengukuran sampel.
7. Tahapan hasil dan pembahasan merupakan penjelasan hasil yang didapat secara rinci.

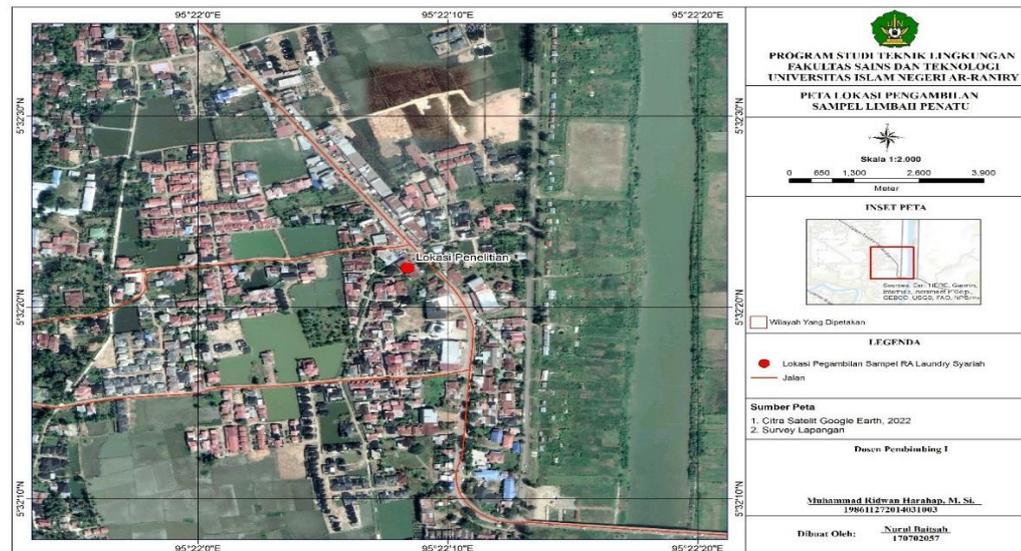
3.3 Lokasi Pengambilan dan Pengukuran Sampel

Sampel yang digunakan pada penelitian ini berasal dari limbah penatu dari salah satu usaha *laundry* yang berlokasi di desa Cot Irie, Kecamatan Krueng Barona Jaya, Kabupaten Aceh Besar. Peta lokasi pengambilan sampel ditunjukkan dalam Gambar 3.2. Pemilihan lokasi pengambilan sampel berdasarkan pada uji pendahuluan terhadap limbah penatu yang dilakukan di Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dan Laboratorium Teknik Penguji Kualitas Lingkungan Universitas Syiah Kuala. Hasil uji pendahuluan ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Uji pendahuluan

No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum	Hasil Uji Pendahuluan
1	pH	-	6-9	9,8
2	TSS	mg/L	60	510
3	Fosfat	mg/L	2	25,09

(Sumber: Laboratorium Teknik Pengujian Kualitas Lingkungan, 2021)



Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengambilan Sampel

(Sumber: Google Earth, 2022)

Metode pengambilan sampel di lokasi yaitu dengan metode *grab sampling* atau pengambilan sesaat yang sesuai dengan SNI 6989.59:2008 Metode Pengambilan Contoh Air Limbah dengan tahapan sebagai berikut:

1. Sampel limbah penatu diambil langsung pada saluran pembuangan akhir usaha *laundry* yang berada di Cot irie, Kecamatan Krueng Barona Jaya, Kabupaten Aceh Besar. Waktu pengambilan sampel dilaksanakan saat pagi hari diantara pukul 06:00 hingga 09:00 WIB sebab kegiatan mencuci dilakukan di pagi hari.
2. Sampel diambil memakai gayung bertangkai yang kemudian dimasukkan ke dalam wadah dengan kapasitas 3 liter dengan ketentuan yang sesuai dengan SNI 6989.59:2008 sebagai berikut:

- a. Tidak terbuat dari bahan yang memengaruhi sifat
- b. Bisa dicuci dari bekas sebelumnya dengan mudah
- c. Mudah dan nyaman untuk di bawa
- d. Mudah dipisahkan ke dalam botol penampung tanpa adanya padatan tersuspensi di dalam
- e. Kapasitas tergantung dari tujuan penelitian

Pengukuran sampel untuk parameter pH berada di Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Pengukuran sampel untuk parameter TSS dan Fosfat berada di Laboratorium Teknik Penguji Kualitas Lingkungan Universitas Syiah Kuala.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

Alat yang dipakai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. *Power supply* yang dipakai sebagai sumber arus pada proses elektrokoagulasi.
- b. Kabel penghubung yang dipakai dalam menghubungkan antara plat elektroda dengan *power supply*.
- c. Penjepit buaya dipakai sebagai penghubung antara kabel plat elektroda dengan kabel penghubung.
- d. Bak kaca ukuran 1500 ml dipakai untuk wadah limbah saat proses elektrokoagulasi berlangsung.
- e. Jerigen dipakai menjadi wadah limbah sebelum limbah.
- f. Botol dipakai menjadi wadah limbah setelah diolah.
- g. Saringan dipakai sebagai penyaring ekstraksi buah.
- h. Gelas kimia digunakan untuk melihat banyak ekstraksi buah asam (ml).
- i. pH meter dipakai untuk mengukur pH larutan.
- j. Lempengan plat alumunium 20 cm x 5 cm dengan ketebalan 1 mm.

3.4.2 Bahan

Bahan yang dipakai pada proses penelitian ini bisa diperhatikan dalam tabel 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3.2 Bahan yang digunakan dalam proses penelitian

Bahan	Jumlah
Limbah penatu	3000 ml
Ekstrak buah belimbing wuluh	5 ml
Ekstrak buah jeruk nipis	5 ml
Ekstrak buah nanas	5 ml

Bahan yang digunakan untuk mengukur parameter logam berat ditunjukkan pada tabel 3.3 TSS dan pada tabel 3.4 Fosfat dibawah ini:

Tabel 3.3 Bahan yang digunakan dalam proses pengujian sampel TSS (SNI 06.6989.3.2004)

Bahan	Volume	Satuan	Peruntukan
Kertas saring Whatman Grade 934 AH	1,5	µm	Untuk menyaring residu dalam limbah domestik
Kertas saring Gelman type A/E	1,0	µm	Untuk menyaring residu dalam limbah domestik
Saring E-D	1,1	µm	Untuk menyaring residu dalam limbah domestik
Saringan	0,45	µm	Untuk menyaring residu dalam limbah domestik
Air suling	10	liter	Untuk membasahi kertas saring

Tabel 3.4 Bahan yang digunakan dalam proses pengujian sampel Fosfat (SNI 06.6989.31.2005)

Bahan	Volume	Satuan	Peruntukan
Larutan Asam Sulfat (H ₂ SO ₄) 5N	500	ml	Untuk pembuatan larutan baku fosfat
Larutan Kalium antimonil tartrat (K ₉ Sbo)C ₄ H ₄ O ₆ .1/2 H ₂ O)	500	ml	Untuk pembuatan larutan baku fosfat
Larutan amonium molibdats	500	ml	Untuk pembuatan larutan baku fosfat

$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24,4}\text{H}_2\text{O}$			
Larutan asam askorbat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) 0,1M	100	ml	Untuk pembuatan larutan baku fosfat
Larutan campuran	100	ml	Untuk pembuatan larutan baku fosfat
Kalium dihidrogen Fosfat anhidrat (KH_2PO_4)	1000	ml	Untuk pembuatan larutan baku fosfat

3.5 Tahapan Persiapan

Persiapan yang dilaksanakan sebelum melakukan penelitian ini ialah sebagai berikut:

3.5.1 Pembuatan larutan elektrolit

a. Belimbing wuluh

Siapkan bak kaca berukuran 1500 ml, kemudian ditambahkan limbah penatu sebanyak 1000 ml dan disiapkan ekstrak buah belimbing wuluh dengan cara memotong buah belimbing wuluh lalu dihaluskan dengan cara menumbuk selanjutnya letakkan diatas saringan hingga didapati ekstraksi sebanyak 5 ml. Hasil ekstrak kemudian dihomogenkan dengan limbah penatu.

b. Jeruk nipis

Siapkan bak kaca berukuran 1500 ml, kemudian ditambahkan limbah penatu sebanyak 1000 ml dan disiapkan ekstrak buah jeruk nipis dengan cara memotong buah jeruk nipis lalu dihaluskan dengan cara menumbuk selanjutnya letakkan diatas saringan hingga didapati ekstraksi sebanyak 5 ml. Hasil ekstrak kemudian dihomogenkan dengan limbah penatu.

c. Nanas

Siapkan bak kaca berukuran 1500 ml, kemudian ditambahkan limbah penatu sebanyak 1000 ml dan disiapkan ekstrak buah nanas dengan cara memotong buah nanas lalu dihaluskan dengan cara menumbuk selanjutnya letakkan diatas saringan hingga didapati ekstraksi sebanyak 5 ml. Hasil ekstrak kemudian dihomogenkan dengan limbah penatu.

3.5.2 Pemilihan Jenis Elektroda

Elektroda yang dipakai pada penelitian ini yaitu aluminium (Al) yang dipotong ukuran 20 cm x 5 cm dengan ketebalan 1 mm.

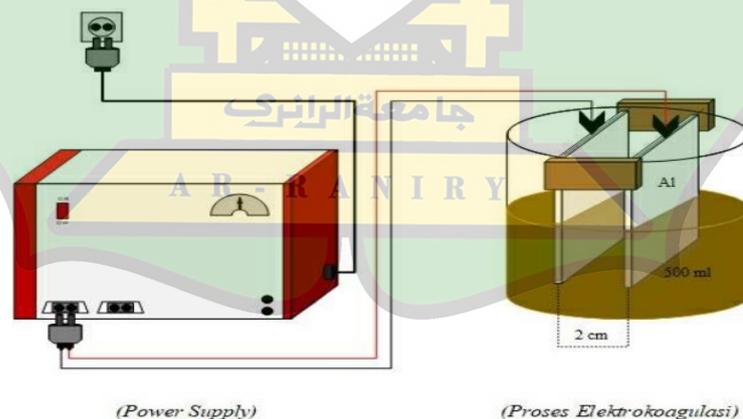
3.5.3 Susunan Rangkaian

Dipasang plat elektroda dalam gelas kimia berukuran 1500 ml dengan jarak antar katoda 2 cm. memakai sepasang elektroda yang terbuat dari aluminium (Al) dengan ketebalan 1 mm, lebar 5 cm dan panjang 20 cm.

3.6 Eksperimen Elektrokoagulasi

Prinsip redoks (reaksi reduksi dan oksidasi) digunakan dalam pengolahan limbah dengan metode elektrokoagulasi. Pada prinsipnya proses elektrokoagulasi didasarkan dengan proses sel elektrolisis. Sel elektrolisis adalah alat yang bisa merubah energi listrik DC (*direct current*) agar memperoleh reaksi elektrolit.

1. Larutan elektrolit yang sudah disiapkan sebelumnya dipasang elektroda dengan bantuan triplek berukuran 5 cm x 10 cm
2. Kemudian kabel penghubung dijepit dengan jepitan buaya pada elektroda
3. Selanjutnya kabel dihubungkan pada *power supply* dan diatur tegangan sebesar 12 volt dengan kuat arus 2,7 A selama 60 menit.
4. Tahapan tersebut dilakukan pengulangan terhadap variasi buah.



Gambar 3.3 Reaktor elektrokoagulasi

(Sumber: Koto, 2021)

3.7 Pengukuran Parameter

Penelitian ini menentukan parameter pH, TSS (*Total Suspended Solid*) dan Fosfat. Parameter tersebut diukur dari sampel sebelum dan sesudah perlakuan untuk menentukan perbandingan tingkatan pencemaran. Hasil pengukuran parameter tersebut dibandingkan dengan standar kualitas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi usaha dan/atau kegiatan industri sabun, detergen dan produk minyak nabati. Parameter yang diukur adalah sebagai berikut:

3.7.1 Pengukuran pH

Pengukuran pH dilakukan secara langsung menggunakan alat multiparameter untuk mengetahui kadar asam basa dalam limbah sesuai dengan SNI 6898.11:2004. Langkah-langkah pengukuran sebagai berikut:

1. Elektroda dicuci dengan aquades dan dikeringkan dengan tisu.
2. Elektroda dimasukkan ke dalam sampel sampai multiparameter menunjukkan angka yang stabil.
3. Catat angka yang ditunjukkan oleh multiparameter.
4. Elektroda dicuci kembali dengan aquades sesudah perlakuan.

3.7.2 Pengukuran TSS

Pengukuran TSS dilakukan dengan metode Gravimetri yang mengacu pada SNI 6989.3.2004. Pengukuran ini dilakukan untuk mengidentifikasi kadar padatan tersuspensi dalam limbah yang terdiri dari bahan organik ataupun anorganik. Langkah pengukuran TSS yaitu saringan pada alat vakum dibasahi dengan aquades, kemudian kertas saring *Whatman* No.42 dicuci dengan aquades agar steril, lalu dibiarkan mengering, setelah kering kertas saring terlebih dahulu ditimbang. Lalu kertas saring ditempatkan pada alat vakum. Kertas saring yang telah digunakan dikeringkan dalam oven dengan suhu 103°C selama 1 jam. Kemudian kertas saring didinginkan dalam desikator dan ditimbang sampai mendapatkan berat konstan. Nilai TSS dari sampel dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.1

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (ml)}} \quad 3.1$$

Keterangan: A = berat kertas saring + residu kering (mg)

B = berat kertas saring (mg)

3.7.3 Pengukuran Fosfat

Kandungan fosfat diukur dengan alat turbidimeter sesuai SNI 6989.20.2004.

Untuk menghitung kadar fosfat digunakan Persamaan 3.2

$$\text{Kadar fosfat (mg P/L)} = C \times f_p \quad 3.2$$

Keterangan: C = kadar yang didapat hari hasil pengukuran (mg/L)

F_p = faktor pengenceran

3.8 Rumus Efektivitas Penurunan Kadar Parameter

Untuk mengetahui besar efektivitas metode elektrokoagulasi dengan menghitung persen efektivitas yang diperoleh dalam menurunkan kadar parameter logam berat pada pengolahan limbah penatu dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{ efektivitas} = \frac{(A-B)}{A} \times 100\% \quad 3.3$$

Keterangan: A = Nilai pencemar sebelum perlakuan

B = Nilai setelah perlakuan

3.9 Variabel Penelitian

Variabel penelitian dalam penelitian ini ada dua jenis variabel yakni variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini ialah variasi buah nanas, jeruk nipis, belimbing wuluh, dengan tegangan listrik 12 volt serta 60 menit waktu yang dibutuhkan dalam metode elektrokoagulasi. Sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini adalah parameter uji yang terdiri dari pH, TSS dan Fosfat. Memakai elektroda alumunium (Al) sebagai katoda dan anoda dengan jarak antar elektroda 2 cm.

3.10 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan mengukur pH, TSS dan Fosfat terhadap limbah penatu dengan variasi penggunaan ekstrak buah. Persentase efektivitas dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.3 agar diperoleh nilai efektivitas sebelum dan sesudah dilakukan pengolahan. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan *microsoft excel* untuk menganalisis data. Analisis data bertujuan untuk mengetahui efektivitas elektrokoagulasi pada pencampuran ekstrak buah asam dalam limbah penatu.

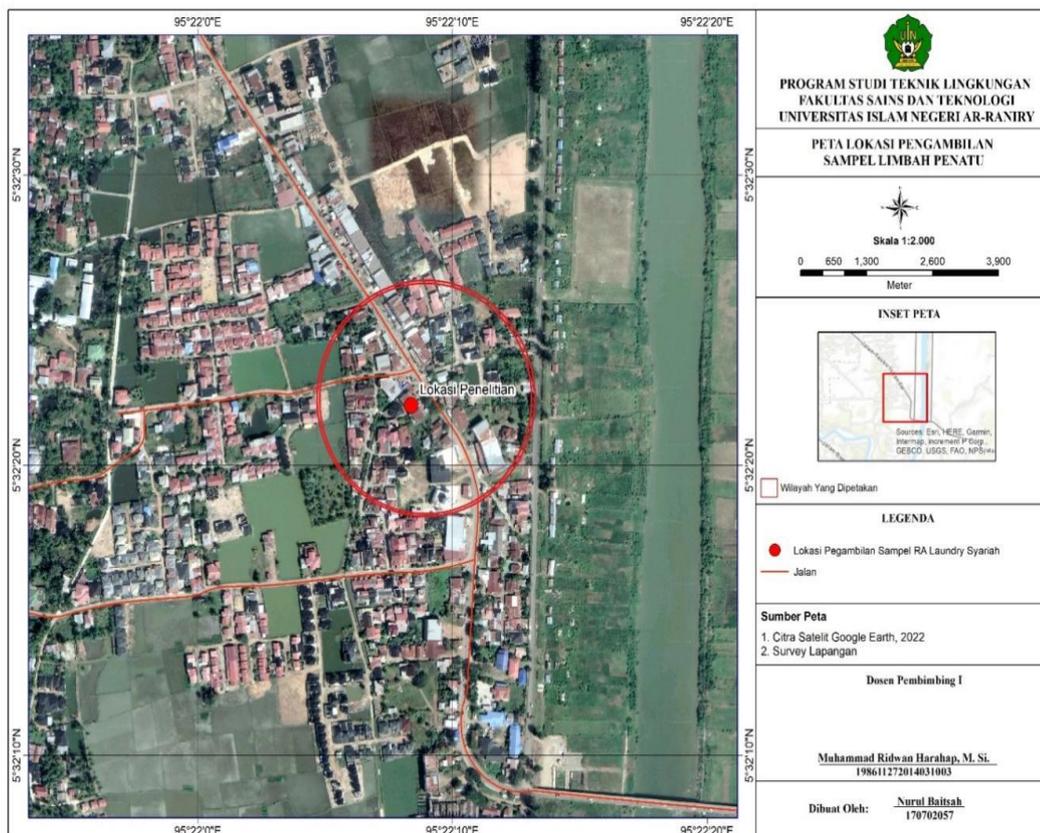


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel ini berlokasi di salah satu usaha *laundry* yang terletak di desa Cot Irie, Kecamatan Krueng Barona Jaya, Kabupaten Aceh Besar. Berikut ditunjukkan lokasi pengambilan sampel dalam Gambar 4.1



Gambar 4.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel

(Sumber: *Google Earth*, 2022)

Sampel diambil langsung pada saluran pembuangan akhir usaha *laundry* saat pagi hari antara pukul 06:00 hingga 09:00 WIB sebab kegiatan mencuci dilakukan dipagi hari. Pengambilan sampel dilakukan saat cuaca dalam keadaan cerah atau tidak sedang hujan guna menjaga konsentrasi limbah agar tetap stabil

dan tidak terkontaminasi dengan air hujan yang akan mempengaruhi nilai pH limbah penatu.

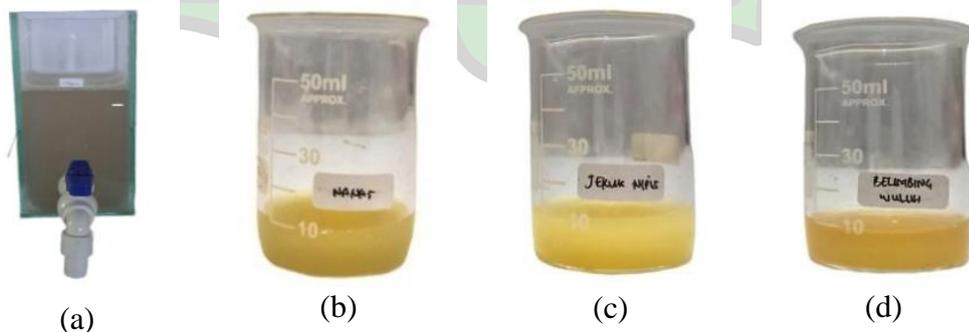
Berdasarkan hasil studi awal yang dilakukan pada sampel limbah penatu dengan parameter TSS, pH serta Fosfat, limbah penatu tidak dapat langsung dibuang ke lingkungan karena parameter yang diukur tidak sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Badan Usaha dan/atau Industri Produk Sabun, Detergen, dan Minyak Nabati. Ini menunjukkan bahwa limbah penatu berpotensi merugikan lingkungan khususnya perairan jika tidak diolah terlebih dahulu. Tabel 4.1 menampilkan hasil pengujian awal limbah penatu sebelum dilakukannya pengolahan.

Tabel 4.1 Hasil pengujian awal

No.	Parameter	Satuan	Hasil Pengujian Awal	Kadar Maksimum
1	pH	-	9,4	6-9
2	TSS	mg/L	71	60
3	Fosfat	mg/L	26,4	2

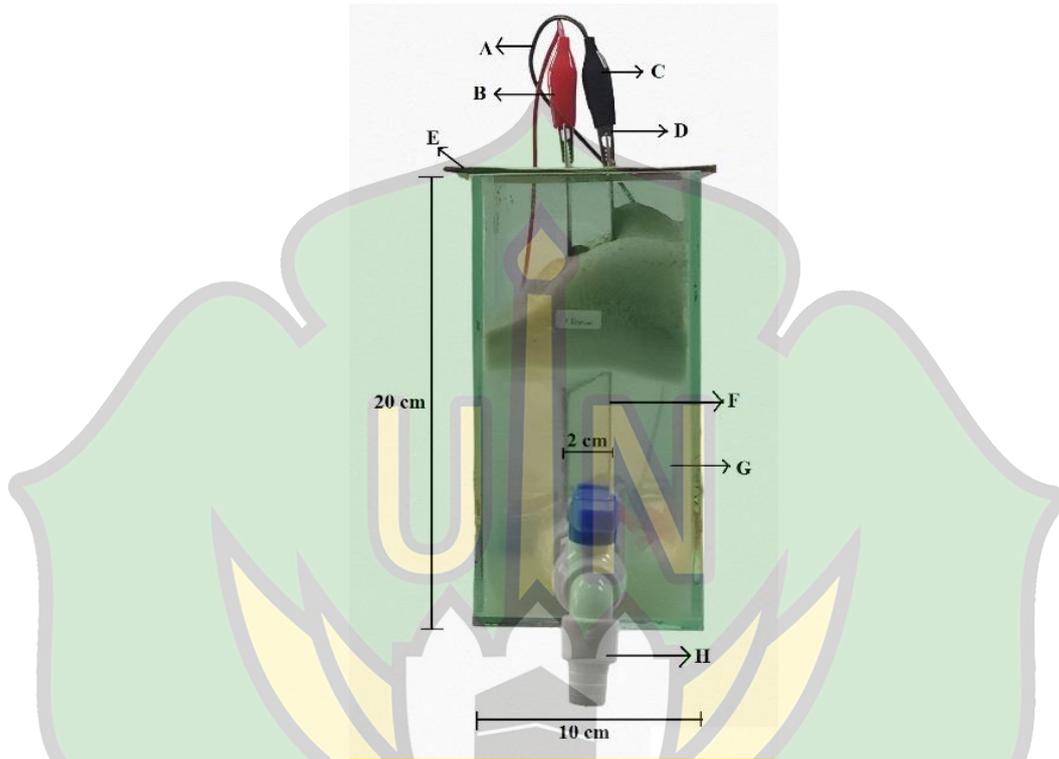
4.1.2 Preparasi Sampel

Berdasarkan tahapan persiapan pada pembuatan larutan elektrolit yang telah dilakukan didapati hasil ekstraksi buah belimbing wuluh, buah jeruk nipis dan buah nenas yang diambil sebanyak 5 ml, kemudian dihomogenkan dengan limbah penatu sebanyak 1000 ml dan selanjutnya dilakukan pengujian dengan menggunakan metode elektrokoagulasi.



Gambar 4.2 Larutan Elektrolit (a) limbah penatu setelah dihomogenkan dengan ekstraksi buah, (b) ekstraksi buah nanas, (c) ekstraksi buah jeruk nipis, (d) ekstraksi buah belimbing wuluh.

(Sumber: Pribadi 2023)

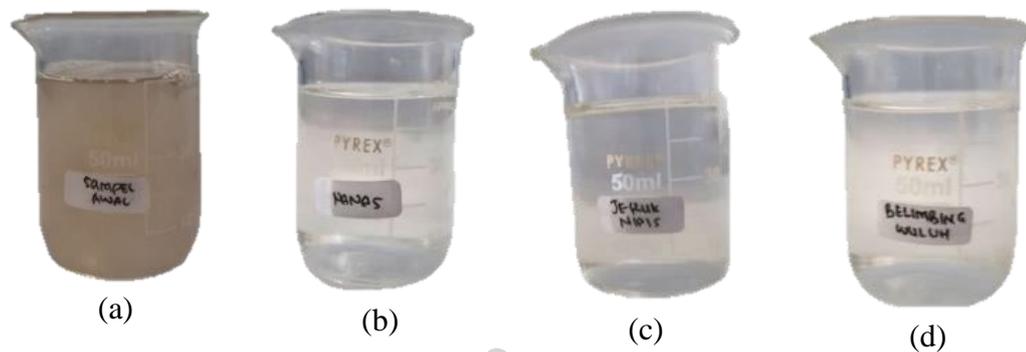


Gambar 4.3 Proses Elektrokoagulasi (A. Kabel Penghubung, B. Katoda (+), C. Anoda (-), D. Penjepit Buaya, E. Triplek, F. Elektroda Al, G. Larutan Elektrolit, H. Kran Air)

(Sumber: Pribadi 2023)

4.1.3 Hasil Pengukuran Analisis Parameter Uji

Hasil analisis parameter limbah penatu setelah dilakukan pengolahan dengan metode elektrokoagulasi menunjukkan perubahan yang sangat signifikan baik secara tampilan fisik maupun dari parameter pencemarannya. Tampilan fisik dari limbah penatu yang telah melalui proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Penampakan Fisik Limbah Penatu Sebelum dan Sesudah Pengolahan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi dengan Variasi Ekstraksi Buah yang Mengandung Rasa Asam (a) Limbah penatu awal (b) Limbah penatu setelah pengolahan menggunakan metode lektrokoagulasi dengan variasi ekstrak buah.

(Sumber: Pribadi 2023)

Tabel 4.2 menampilkan hasil pengujian sampel limbah penatu yang telah diolah dengan metode elektrokoagulasi berdasarkan variasi buah yang mengandung rasa asam dengan menganalisis parameter TSS, pH serta Fosfat.

Tabel 4.2 Hasil analisis parameter tss, pH serta fosfat pada limbah penatu setelah dilakukan pengolahan dengan metode elektrokoagulasi

Parameter	Waktu Kontak (menit)	Baku Mutu		Belimbing Wuluh	Jeruk Nipis	Nanas
		HPA	HPSE	HPSE	HPSE	HPSE
TSS (mg/L)	60	60	71	13	17	10
pH	6-9	9,4	8,1	7,6	8,1	
Fosfat (mg/L)	2	26,4	1,90	0,97	0,91	

Keterangan: *HPA (Hasil Pengukuran Awal), *HPSE (Hasil Pengukuran Setelah Eksperimen).

*Warna kuning menunjukkan hasil pengolahan yang memenuhi batas baku mutu.

4.2 Pembahasan

Studi pengujian awal pada sampel limbah penatu telah didapatkan dengan hasil diketahui bahwa pada setiap parameter yang ada seperti pH, TSS dan Fosfat melebihi baku mutu untuk limbah penatu yang disebutkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014. Mengacu pada Tabel 4.2, parameter pH awal sampel uji berada pada angka 9,4 atau jauh dari angka batas wajar untuk limbah penatu yang seharusnya bersifat netral pada angka antara 6-9. TSS pada sampel uji berada pada nilai 71 mg/l dengan baku mutu yang diperbolehkan adalah 60 mg/l serta parameter Fosfat pada sampel pengujian awal mencapai 26,4 mg/l dimana batas ambang baku mutu yang diperbolehkan adalah 2 mg/l. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan dengan menggunakan metode elektrokoagulasi.

Metode elektrokoagulasi merupakan metode yang melibatkan reaksi reduksi dan oksidasi dimana terjadi destabilisasi kontaminan karena adanya arus listrik yang masuk kedalam larutan elektrolit (Bharath dkk., 2018). Elektrolit adalah zat yang terurai atau terlarut kedalam bentuk ion dan mempunyai kemampuan dalam menghantarkan arus listrik, dimana ion tersebut merupakan partikel bermuatan listrik sehingga menyebabkan elektron akan mengalir melalui larutan elektrolit (Hadinugrahaningsih dkk., 2020). Menurut widyaningsih (2019) buah yang mempunyai sifat asam dapat dijadikan sebagai energi alternatif pengganti cairan asam sulfat (H_2SO_4) pada aki. Elektrolit dalam aki bersifat asam, sehingga buah yang bersifat asam dapat dijadikan pengganti elektrolit.

Salah satu faktor yang mempengaruhi efisiensi elektrokoagulasi adalah pH air limbah. pH adalah tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan, yang berkisar dari 0 (sangat asam) hingga 14 (sangat basa) dan pH yang netral adalah 7. Studi pengujian awal limbah penatu pada parameter pH mendapati nilai 9,4, dimana nilai tersebut menunjukkan bahwa air limbah berada dalam suasana basa. pH yang basa dapat menghambat proses koagulasi dan menyebabkan terbentuknya senyawa kompleks yang sulit diendapkan. Maka dari itu dibutuhkan buah yang bersifat asam agar mempermudah terjadinya proses koagulasi. Buah yang digunakan yaitu buah belimbing wuluh dengan nilai pH yang didapat yaitu 2,3,

buah jeruk nipis 2,7 dan buah nanas 3,8 yang menunjukkan bahwa buah-buahan tersebut bersifat asam. Buah yang mengandung asam organik, asam askarbot dan asam malat dapat menurunkan pH larutan ketika ditambahkan ke dalam air limbah penatu yang bersifat basa, maka pH air limbah akan menurun sesuai dengan konsentrasi ekstrak buah yang digunakan. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak buah asam maka semakin rendah pula kandungan TSS, pH dan Fosfat air limbah. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak buah asam dapat meningkatkan efektivitas pengolahan air limbah penatu dengan metode elektrokoagulasi dalam menghilangkan zat-zat penemar.

Hasil analisis parameter TSS, pH dan Fosfat pada limbah penatu setelah dilakukan pengolahan dengan metode elektrokoagulasi pada tegangan 12 volt dengan kuat arus 2,7 ampere selama 60 menit dan penambahan variasi ekstrak buah belimbing wuluh didapati hasil TSS yaitu 13 mg/l; pH yaitu 8,1; serta Fosfat yaitu 1,90. Pada variasi ekstrak buah jeruk nipis didapati hasil TSS 17 mg/l; pH 7,6 dan Fosfat 0,97 mg/l. Serta hasil yang didapat pada variasi ekstrak buah nanas, nilai TSS 10 mg/l; pH 8,1 dan Fosfat 0,91.

Hal ini sejalan dengan penelitian Abdul Malik Yudhistira dan Muhammad Mujiburrohan (2020) dimana saat nilai pH dalam suasana asam (5) menunjukkan penurunan kadar TSS yang lebih baik daripada pH dalam suasana basa (9) karena pada kondisi basa, konsentrasi ion OH^- yang tinggi akan menyebabkan terbentuknya $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ (*Aluminium Hidroksida*) dan dapat mempengaruhi pembentukan koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$. Elektrokoagulasi pada pH antara 2-7 memiliki efisiensi yang lebih tinggi dalam menghilangkan zat tersuspensi, namun pada pH antara 8-12 memiliki efisiensi yang lebih rendah.

Kecepatan dan jumlah ion yang terbentuk dipengaruhi oleh tegangan dan kuat arus yang masuk ke dalam larutan elektrolit. Semakin tinggi jumlah tegangan dan kuat arus maka semakin banyak ion yang terbentuk dan semakin cepat ion-ion bergerak. Namun, tingginya tegangan serta kuat arus akan mempengaruhi kenaikan suhu suatu larutan. Kenaikan suhu akan mempengaruhi pembacaan nilai pH dan dapat menurunkan kadar TSS dimana suhu yang meningkat dapat mempercepat gerakan partikel-partikel padat menuju koagulan

sehingga mempercepat proses pengendapan. Ini berkaitan dengan hasil penelitian Fadhila, dkk (2018), yang menyatakan bahwa waktu kontak dan tegangan yang lebih lama dan lebih tinggi pada elektrokoagulasi, akan membuat nilai pH cenderung semakin naik, dimana nilai pH awal pada pengolahan limbah menggunakan metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) adalah 0,56 kemudian setelah proses elektrokoagulasi, nilai pH naik menjadi 4,1 pada tegangan 12 volt dengan waktu kontak 120 menit.

4.2.1 Efektivitas Penurunan Parameter Pencemar pada Limbah Penatu

Tabel 4.3 Hasil efektivitas penyisihan pada limbah penatu setelah dilakukan pengolahan dengan metode elektrokoagulasi

Variasi Buah	Efektivitas Penyisihan (%)		
	TSS	pH	Fosfat
Belimbing Wuluh	81%	14%	92,8%
Jeruk Nipis	76%	19%	96,3%
Nanas	86%	14%	96,5%

Keterangan: * Warna biru menunjukkan efektivitas penyisihan tertinggi.

Berdasarkan Tabel 4.3 Variasi ekstrak buah nanas memiliki efektivitas tertinggi dalam menurunkan parameter TSS air limbah penatu, yaitu sebesar 86%. Hal ini menunjukkan bahwa asam malat yang terkandung dalam buah nanas dapat membantu proses koagulasi dan mengumpulkan partikel-partikel padat dalam air limbah penatu. Nilai TSS setelah pengolahan sudah memenuhi batas baku mutu yang diperbolehkan. Hasil yang didapat sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Budiany Rachmawati, dkk, dimana didapati penurunan kadar TSS pada tegangan 12 volt dengan waktu kontak 60 menit sebesar 16,67%, semakin lama kontak waktu yang digunakan maka akan semakin besar penyisihan kadar TSS, demikian sebaliknya. Hal ini disebabkan semakin lama waktu yang digunakan saat proses elektrokoagulasi, akan terjadi interaksi antar partikel sehingga ukuran akan semakin meningkat dan kualitas air yang diolah akan semakin baik. Berdasarkan hal tersebut didapatkan bahwa

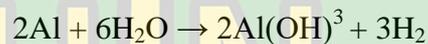
penurunan bahan organik yang paling efektif diperoleh pada perlakuan 12 volt dengan waktu kontak selama 60 menit.

Pada variasi ekstrak buah jeruk nipis memiliki efektivitas tertinggi dalam menurunkan parameter pH air limbah penatu, yaitu sebesar 19%. Hal ini menunjukkan bahwa asam askarbot yang terkandung dalam buah jeruk nipis dapat menetralkan air limbah penatu yang bersifat basa. Nilai pH setelah dilakukan pengolahan sudah memenuhi batas baku mutu yang diperbolehkan. Sejalan dengan penelitian Fitri Afina Radityani, dkk (2020) nilai pH tertinggi didapati pada besar tegangan 6 volt selama 60 menit yaitu sebesar 16% dari kondisi awal air limbah. Hal ini disebabkan oleh adanya pelepasan jumlah ion OH^- yang lebih besar dari ion H^+ selama proses elektrokoagulasi berlangsung.

Sedangkan pada parameter Fosfat, penurunan efektivitas tertinggi terjadi pada buah nanas, yaitu 96,5%. Hal ini menunjukkan bahwa asam organik yang terkandung dalam buah yang mengandung rasa asam dapat mengikat Fosfat dan membentuk senyawa yang mudah diendapkan. Nilai Fosfat setelah dilakukan pengolahan sudah memenuhi batas baku mutu yang diperbolehkan. Hasil yang telah diperoleh sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Juherah dan Muhammad Ansar (2018) dimana terjadi penurunan kadar fosfat pada limbah penatu sebesar 92,73% pada variasi tegangan 12 volt menjadi 95,14% pada besar tegangan 18 volt hingga 96,78% pada besar tegangan 24 volt. Penurunan kadar fosfat terjadi karena proses oksidasi dan reduksi yang akan membentuk gas oksigen dan hidrogen dan akan mempengaruhi reduksi fosfat.

Berdasarkan keterkaitan antara para peneliti terdahulu, dapat disimpulkan bahwa efektivitas elektrokoagulasi terhadap parameter TSS pH serta Fosfat pada tegangan 12 volt dengan kuat arus 2,7 ampere dan waktu kontak 60 menit bervariasi tergantung pada jenis limbah yang diolah, ukuran dan tebal elektroda serta susunan elektroda yang digunakan dan parameter lain yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi. Secara umum, elektrokoagulasi dapat meningkatkan nilai pH, menurunkan nilai TSS serta menurunkan nilai Fosfat dari limbah cair, maka dilakukan penetralan pada larutan elektrolit agar didapati nilai pH yang juga akan menurun.

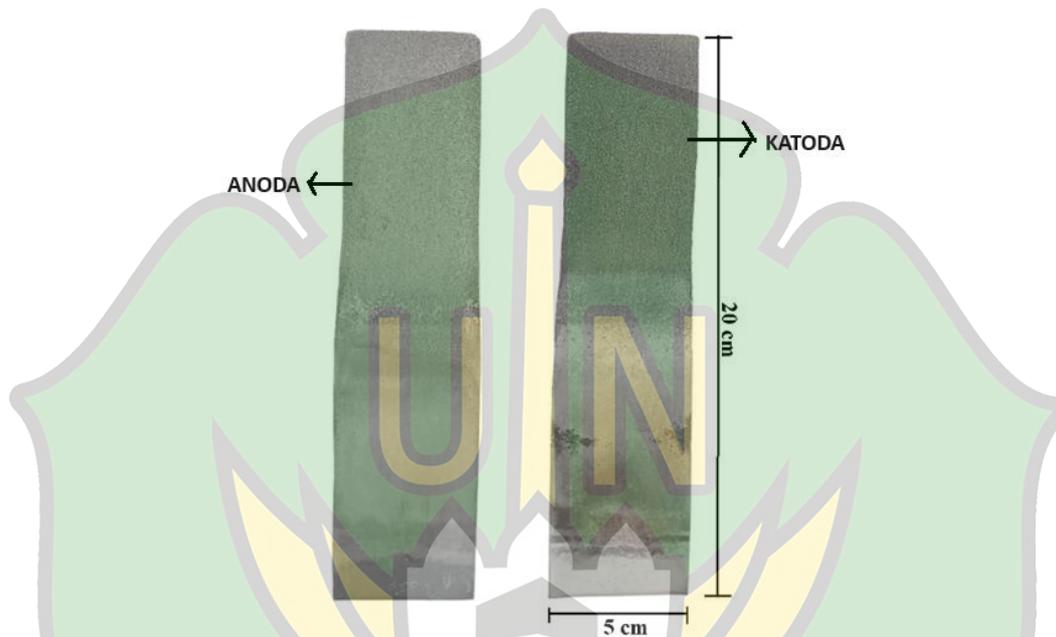
Kadar parameter TSS pH serta Fosfat menurun karena flok yang terbentuk oleh ion senyawa organik yang berikatan dengan ion koagulan yang bersifat positif. Molekul-molekul pada limbah penatu membentuk flok, partikel koloid pada limbah dapat mengikat partikel atau senyawa lain yang ada pada limbah. Flok yang dihasilkan akan mengendap dan menjadi endapan. Endapan yang dihasilkan dari proses elektrokoagulasi ini lebih ramah lingkungan karena tidak mengandung sulfat atau klorida seperti jika menggunakan koagulan berbahan kimia seperti PAC (*Poly Aluminium Chloride*) dan tawas (alum). Kation aluminium yang terbuang ke dalam tanah akan mudah diserap oleh koloid tanah (lempung) yang juga mempunyai kandungan Al_2O_3 karena kation *aluminium trihidrat* memiliki ukuran paling kecil. Reaksi kimia yang terjadi pada proses elektrokoagulasi yaitu:



Elektroda aluminium yang berperan sebagai kutub positif (anoda) mengalami oksidasi sehingga akan melepaskan ion aluminium (Al^{3+}). Kemudian Al^{3+} akan berikatan dengan OH^- dan membentuk flok hidroksida aluminium ($\text{Al}(\text{OH})_3$) yang dapat mengikat partikel kotoran dalam air limbah. Sedangkan pada kutub negatif (katoda) akan mengalami reduksi dan menjadi gas hidrogen (H_2) dan meninggalkan ion hidrogen (H^+) dalam air. Gas hidrogen ini akan membantu mengangkat flok-flok ke permukaan air. Terbentuknya $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang berfungsi sebagai koagulan akan mengikat parameter pencemar dalam larutan limbah penatu dan membentuk flok atau endapan. Ikatan Al^{3+} yang membentuk flok akan terangkat ke permukaan cairan oleh gas H_2 yang terbentuk dari reaksi reduksi pada katoda. Flok-flok tersebut akan saling bertemu dan bergabung membentuk flok yang lebih besar. Gabungan flok yang terbentuk akan mengendap jika massa jenisnya telah lebih besar dari massa jenis larutan, sehingga kadar parameter pencemar di dalam air limbah akan menurun.

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap kondisi fisik elektroda yang digunakan sebelum dan sesudah proses elektrokoagulasi, terlihat kondisi fisik yang berbeda dimana kondisi fisik permukaan elektroda sebelum diolah mengkilap dan halus sedangkan setelah perlakuan elektrokoagulasi

permukaannya menjadi kasar dan bertekstur serta berubah warna menjadi kehitaman dan sedikit terkikis pada bagian pinggirnya. Perubahan fisik tersebut membuktikan bahwa proses redoks (reduksi-oksidasi) telah terjadi atau dengan kata lain pelepasan ion aluminium sebagai bahan koagulan telah terjadi baik pada anoda maupun pada katoda. Pada anoda terjadi penurunan ion positif sedangkan pada katoda terjadi penyerapan permukaan elektroda atau absorpsi.



Gambar 4.5 Penampakan Fisik Elektroda Aluminium Sesudah Pengolahan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi dengan Variasi Ekstraksi Buah yang Mengandung Rasa Asam

(Sumber: Pribadi, 2023)

Hasil yang didapat di atas menunjukkan bahwa waktu kontak yang lebih lama akan meningkatkan penyisihan kadar parameter TSS, pH dan Fosfat, begitu juga sebaliknya. Ini disebabkan oleh interaksi antara partikel yang semakin lama saat proses elektrokoagulasi sehingga ukuran flok menjadi besar dan kualitas air menjadi lebih baik. Prinsip kerja pereduksian secara umum yaitu adanya pertumbuhan massa flok sehingga berat jenis flok menjadi besar dan akhirnya mengendap.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan mengenai pengolahan air limbah penatu menggunakan metode elektrokoagulasi maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengolahan dengan metode elektrokoagulasi dapat menurunkan nilai TSS dan Fosfat dari limbah penatu, namun juga dapat meningkatkan nilai pH dari limbah penatu.
2. Penambahan variasi ekstrak buah yang mengandung rasa asam dapat mempengaruhi efektivitas pengolahan dengan metode elektrokoagulasi. Ekstrak buah belimbing wuluh memberikan hasil terbaik dalam menurunkan TSS dan Fosfat, namun juga memberikan nilai pH tertinggi. Ekstrak buah jeruk nipis memberikan hasil terburuk dalam menurunkan nilai TSS, namun memberikan nilai pH terendah. Ekstrak buah nanas memberikan hasil terburuk dalam menurunkan nilai Fosfat, namun memberikan nilai TSS terendah.
3. Nilai-nilai parameter yang didapatkan setelah pengolahan dengan metode elektrokoagulasi dan penambahan ekstrak buah yang mengandung rasa asam sudah memenuhi batas baku mutu air limbah untuk kegiatan penatu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014.

5.2 Saran

Adapun beberapa hal yang dapat disarankan pada penelitian ini yaitu:

1. Untuk meningkatkan efektivitas pengolahan dengan metode elektrokoagulasi, sebaiknya dilakukan penyesuaian besar tegangan dan kuat arus yang sesuai dengan karakteristik limbah penatu. Tegangan dan kuat arus yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terjadinya *overvoltage* dan korosi elektroda yang dapat mengurangi efisiensi proses elektrokoagulasi.

2. Untuk menurunkan nilai pH dari limbah penatu yang cenderung basa, sebaiknya dilakukan penambahan asam atau bahan pengatur pH yang aman bagi lingkungan. Beberapa bahan yang dapat digunakan adalah asam sitrat, asam asetat, atau asam sulfat.
3. Untuk menentukan dosis optimal ekstrak buah yang dapat meningkatkan efektivitas pengolahan dengan metode elektrokoagulasi, sebaiknya dilakukan uji coba dengan variasi konsentrasi ekstrak buah yang berbeda. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi konsentrasi ekstrak buah adalah jenis buah, cara pembuatan ekstrak buah, dan waktu penyimpanan ekstrak buah.



DAFTAR PUSTAKA

- Ajulan, A. (2019). *Evaluasi Kualitas Air Minum Isi Ulangyang Berada Di Daerah Perkampungan Kodam Sunggal Kotamadya Medan Tahun 2019*. Institut Kesehatan Helvetia.
- Al'Amin, Z. A. (2018). *Kemampuan Tanaman Kiambang (Salvinia Molesta) Dalam Menurunkan Kadar Biological Oxygen Demand (Bod) Pada Limbah Cair Industri Tahu*. Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Amri, I., Pratiwi Destinefa, & Zultiniar. (2020). Pengolahan Limbah Cair Tahu Menjadi Air Bersih Dengan Metode Elektrokoagulasi Secara Kontinyu. *Chempublish Journal*, 5(1), 57–67. <https://doi.org/10.22437/Chp.V5i1.7651>
- Atina. (2015). Tegangan Dan Kuat Arus Listrik Dari Sifat Asam Buah. *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 12(2), 35.
- Diniah, Z. (2019). Produksi Cairan Detergen Tradisional Ramah Lingkungan Dari Biji Larek Dalam Upaya Menjaga Ekosistem Sungai. *Pkm-P*, 3(1), 56–57.
- Fadhila, R. Y. (2018). Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia Dengan Kombinasi Metode Elektroagulasi, Filtrasi Dan Pengikat Logam Dengan Asam Jawa. In *Jurnal Fisika Dan Terapannya* (Vol. 5, Issue 1).
- Farandy, G., Suwandi, S., & Fitriyanti, N. (2020). Pengaruh Konsentrasi Dan Temperatur Terhadap Daya Dan Tegangan Keluaran Listrik Pada Baterai Air Garam Dengan Metode Sel Elektrokimia. *Eproceedings Of Engineering*, 7(3), 9279–9780.
- Fauzi, N., Udyani, K., Zuchrillah, D. R., & Hasanah, F. (2019). Penggunaan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Alumunium Dan Besi Pada Pengolahan Air Limbah Batik. *Prosiding Seniati*, 214.
- Fitriyanti, R. (2020). Karakteristik Limbah Domestik Di Lingkungan Mess

- Karyawan Pertambangan Batubara. *Jurnal Redoks*, 5(2), 72.
<https://doi.org/10.31851/Redoks.V5i2.4305>
- Geriansyah, R. B. (2021). *Studi/Kajian Literasi Pengolahan Limbah Cair Usaha Laundry*. [Sn].
- Hamid, R. A., Purwono, & Oktiawan, W. (2017). *Penggunaan Metode Elektrolisis Menggunakan Elektroda Karbon Dengan Variasi Tegangan Listrik Dan Waktu Elektrolisis Dalam Penurunan Konsentrasi Tss Dan Cod Pada Pengolahan Air Limbah Domestik*. 6(1), 14.
- Handayani, L. (2020). Pengaruh Kandungan Detergen Pada Limbah Rumah Tangga Terhadap Kelangsungan Hidup Udang Galah (*Macrobracium Rosenbergii*). *Sebatik*, 24(1), 75–76.
- Harahap, M. R. (2016). Sel Elektrokimia: Karakteristik Dan Aplikasi. *Circuit: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 2(1), 177–178.
<https://doi.org/10.22373/Crc.V2i1.764>
- Harahap, M. R., Nasution, A. C., & Aritonang, S. P. (2015). Optimalisasi Metode Electroplating Koagulasi Terhadap Penurunan Kadar Logam Zinkum (Zn) Pada Air Buangan Limbah Industri Pengolahan Karet. *Circuit: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 1(1), 74–84.
<https://doi.org/10.22373/Crc.V1i1.312>
- Hasibuan, F. K. (2018). *Perbandingan Efisiensi Elektroda Aluminium (Al), Besi (Fe) Dan Seng (Zn) Dalam Menyisihkan Nitrat Dan Fosfat Dengan Proses Elektrokoagulasi*. Universitas Sumatera Utara.
- Hidayat, A. (2019). *Penambahan Sari Jeruk Nipis Dan Daun Mint Terhadap Karakteristik Minuman Sari Lidah Buaya* [University Of Muhammadiyah Malang]. <http://eprints.umm.ac.id/id/eprint/55711>
- Hidayat, K., Wibowo, S., Sari, L. A., & Darmawan, A. (2018). Acidifier Alami Air Perasaan Jeruk Nipis (*Citrus Aurantium*) Sebagai Pengganti Antibiotik Growth Promotor Ayam Broiler. *Jurnal Ilmu Nutrisi Dan Teknologi Pakan*,

16(2), 28.

Insan, R. R., Faridah, A., Yulastri, A., & Holinesti, R. (2019). Using Belimbing Wuluh (*Averhoa Blimbi L.*) As A Functional Food Processing Product. *Jurnal Pendidikan Tata Boga Dan Teknologi*, 1(1), 49.

Juansah, J., Dahlan, K., & Huriati, F. (2009). *Dengan Memanfaatkan Sistem Filtrasi Aliran Dead-End*. 13(1), 95.

Jubaedi, E. (2019). Hubungan Konsentrasi Tawas Dengan Persentase Penurunan Kadar Fosfat Total Pada Limbah Detergen Laundry X. *Publicitas Ak*, 1(1), 2–6.

Kencana, L. (2022). *Pengembangan Buku Referensi Karakteristik Morfologi Nanas (*Ananas Comosus L. Merr*) Varietas Queen Dan Varietas Cayenne Di Kebun Nanas Kediri*. Uin Satu Tulungagung.

Kolesnikov, V. A., Il'in, V. I., Brodskiy, V. A., & Kolesnikov, A. V. (2017). Electroflotation During Wastewater Treatment And Extraction Of Valuable Compounds From Liquid Technogenic Waste: A Review. *Theoretical Foundations Of Chemical Engineering*, 51(4), 370.

Koto, I. (2021). *Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan Memvariasikan Elektroda Melalui Proses Elektrokoagulasi*. 33. [Http://Repository.Uinsu.Ac.Id/12496/%0ahttp://Repository.Uinsu.Ac.Id/12496/1/SkripsiIrmawatiKotoUntukDijilid.Pdf](http://Repository.Uinsu.Ac.Id/12496/%0ahttp://Repository.Uinsu.Ac.Id/12496/1/SkripsiIrmawatiKotoUntukDijilid.Pdf)

Larasati, N. N., Wulandari, S. Y., Maslukah, L., Zainuri, M., & Kunarso, K. (2021). Kandungan Pencemar Detejen Dan Kualitas Air Di Perairan Muara Sungai Tapak, Semarang. *Indonesian Journal Of OceanographY*, 3(1), 2.

Lestari, P., Amri, C., & Sudaryanto, S. (2017). Efektifitas Jumlah Pasangan Elektroda Aluminium Pada Proses Elektrokoagulasi Terhadap Penurunan Kadar Fosfat Limbah Cair Laundry. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 9(1), 38–50.

- Lestari, R. K., Amalia, E., & Yuwono. (2018). Efektivitas Jeruk Nipis (*Citrus Aurantifolia Swingle*) Sebagai Zat Antiseptik Pada Cuci Tangan Pendahuluan Tindakan Yang Digunakan Untuk Memelihara Biasa Saja Sudah Cukup Untuk Mencuci Nipis (*Citrus Aurantifolia Swingle*). Swingle Memiliki Rasa Pahit. *Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan*, 5(2), 56.
- Lisnawati, N., & Prayoga, T. (2020). *Ekstrak Buah Belimbing Wuluh (Averrhoa Bilimbi L)*. Jakad Media Publishing.
- Masthura, & Abdullah. (2021). Pemanfaatan Sari Nenas Sebagai Sumber Energi Alternatif Pembuatan Bio-Baterai. *Circuit: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 5(1), 51–58.
- Mauidzoh, U., & Rengganis, E. (2020). Analisi Kelayakan Industri Detergen Lerak Dengan Menggunakan Financial Accounting. *Conference Senatik Stt Adisutjipto Yogyakarta*, 6, 305.
- Mohtashami, R., & Shang, J. Q. (2019). Electroflotation For Treatment Of Industrial Wastewaters: A Focused Review. *Environmental Processes*, 6(2), 326.
- Nasution, Z. A. (2021). *Analisis Kelistrikan Larutan Elektrolit Berbasis Sari Belimbing Wuluh Dan Sari Jeruk Kunci Sebagai Sumber Energi Alternatif*. Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.
- Nurhasmi, N. (2021). *Studi Kualitas Air Limbah Ditinjau Dari Mikroplastik Di Rumah Sakit Umum Daerah Batara Guru Kecamatan Belopa Utara Kabupaten Luwu*. Universitas Hasanuddin.
- Pangesty, A. W. M. (2021). *Analisis Karakteristik Limbah Cair Laundry Di Kecamatan Medan Selayang Kota Medan Tahun 2020*. 23–26.
- Prabowo, B. H., Hendriyana, H., Nurdini, L., & Duwi, R. (2018). Elektrokoagulasi Untuk Menurunkan Cod Dan Logam Berat Dalam Limbah Cair Tekstil Menggunakan Elektroda Aluminium Dan Baja. *Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*, 1.

- Putri, C. I. (2021). *Pengolahan Air Sungai Menjadi Air Bersih Dengan Proses Elektroflotasi-Biokoagulasi Menggunakan Lidah Buaya (Aloe Vera) Dan Jagung (Zea Mays)*. Universitas Islam Indonesia.
- Rumi, S., Ashari, T. M., & Rahman, A. (2022). Penyisihan Polutan Pada Limbah Cair Penatu Menggunakan Adsorben Arang Aktif Berasal. *Jurnal PHi: Jurnal Pendidikan Fisika Dan Fisika Terapan*, 3(1), 1–8.
- Setiawati, I., Oktarina, E., & Ariani, A. (2019). Kesesuaian Mutu Detergen Cuci Cair Untuk Alat Dapur. *Pertemuan Dan Presentasi Ilmiah Standardisasi*, 2019, 136.
- Sulianto, A. A., Kurniati, E., & Hapsari, A. A. (2020). Perancangan Unit Filtrasi Untuk Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Sistem Downflow. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 6(3), 32.
- Sulistiyawati, I. (2019). Potensi Isolat Bakteri Tanah Sawah Tercemar Limbah Detergen Dalam Mendegradasi Surfaktan Las. *Prosiding*, 8(1), 32.
- Suryaningsih, S. (2016). Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi*) Sebagai Sumber Energi Dalam Sel Galvani. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (Jpfa)*, 6(1), 12.
- Syah, B. W. (2016). *Pengaruh Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (Averrhoa Bilimbi) Terhadap Mortalitas Dan Perkembangan Larva Spodoptera Litura*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Tyagustin, N. S. (2021). *Pengolahan Air Gambut Menggunakan Proses Elektroflotasi-Biokoagulasi Dengan Kacang Hijau (Vigna Radiata) Dan Lidah Buaya (Aloe Vera) Sebagai Koagulan Alami*.
- Vistanty, H., Mukimin, A., & Handayani, N. I. (2015). Pengolahan Air Limbah Industri Karton Box Dengan Metode Integrasi Upflow Anaerobic Sludge Bed Reactor (Uasb) Dan Elektrokoagulasi-Flotasi. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 6(1), 2.

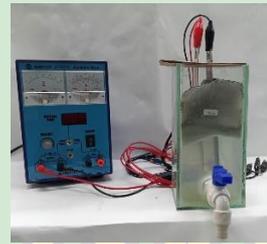
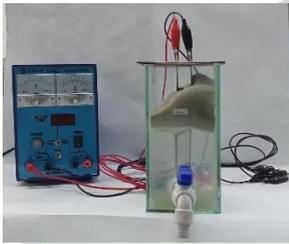
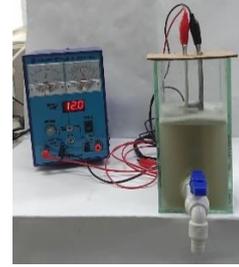
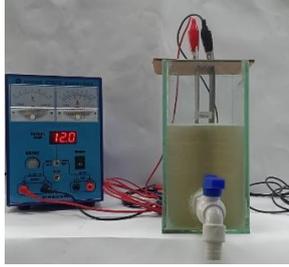
Widyaningsih, W. P. (2019). Pembangkit Listrik Electron Power Inverter (Epi) Dengan Memanfaatkan Buah Belimbing Wuluh Dan Kulit Pisang. *Eksergi*, 15(1), 20. <https://doi.org/10.32497/eksergi.V15i1.1463>

Widyantara, G. S. (2019). *Aplikasi Laporan Baku Mutu Air Limbah Berbasis Website Di Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bandung Barat*. Universitas Komputer Indonesia.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Pengukuran Parameter



Proses Elektrokoagulasi
Jeruk Nipis

Proses Elektrokoagulasi
Nanas

Proses Elektrokoagulasi
Belimbing Wuluh



Pengujian Parameter TSS RPengujian Parameter pH

Lampiran 2. Perhitungan Parameter TSS

Rumus yang digunakan untuk menghitung TSS yaitu:

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}}$$

dengan A merupakan berat dari residu kering ditambah kertas saring dan B merupakan berat dari kertas saring (mg).

$$\begin{aligned} \text{Nanas} &= \frac{(0,1240 - 0,1250) \times 1000}{0,1} \\ &= \frac{(0,001) \times 1000}{0,1} \\ &= \frac{1}{0,1} \\ &= 10 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jeruk Nipis} &= \frac{(0,1267 - 0,1284) \times 1000}{0,1} \\ &= \frac{(0,0017) \times 1000}{0,1} \\ &= \frac{1,7}{0,1} \\ &= 17 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Belimbing Wuluh} &= \frac{(0,1164 - 0,1177) \times 1000}{0,1} \\ &= \frac{(0,0013) \times 1000}{0,1} \\ &= \frac{13}{0,1} \\ &= 13 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Lampiran 3. Perhitungan Efektivitas Penyisihan Parameter TSS, pH, Fosfat
Persentase efektivitas elektrokoagulasi yang dapat diketahui dengan persamaan:

$$\% \text{ efektivitas} = \frac{(A-B)}{A} \times 100\%$$

dengan A merupakan konsentrasi awal sebelum dilakukan eksperimen dan B merupakan konsentrasi pencemar setelah dilakukan pengolahan,

1. TSS

- Nanas = $\frac{(71-10)}{71} \times 100\% = 86\%$
- Jeruk Nipis = $\frac{(71-17)}{71} \times 100\% = 76\%$
- Belimbing Wuluh = $\frac{(71-13)}{71} \times 100\% = 81\%$

2. pH

- Nanas = $\frac{(9,4-8,1)}{9,4} \times 100\% = 14\%$
- Jeruk Nipis = $\frac{(9,4-7,6)}{9,4} \times 100\% = 19\%$
- Belimbing Wuluh = $\frac{(9,4-8,1)}{9,4} \times 100\% = 14\%$

3. Fosfat (PO₄)

- Nanas = $\frac{(26,4-0,91)}{26,4} \times 100\% = 96,5\%$
- Jeruk Nipis = $\frac{(26,4-0,97)}{26,4} \times 100\% = 96,3\%$
- Belimbing Wuluh = $\frac{(26,4-1,90)}{26,4} \times 100\% = 92,8\%$

Lampiran 4. RAB

No.	Tahapan Penelitian	Kuantitas	Harga Satuan (Rupiah)	Total (Rupiah)
1.	Uji Pendahuluan			
	a. TSS	1 sampel	30.000	30.000
	b. Fosfat (PO ₄)	1 sampel	30.000	30.000
	Jumlah			165.000
2.	Pembuatan Reaktor			
	a. Bak Kaca	20 cm x 10 cm	35.000	35.000
	b. Kran Air	1 buah	10.000	10.000
	Jumlah			45.000
3.	Buah			
	a. Nanas	3 kg	50.000	50.000
	b. Jeruk Nipis	2 kg	50.000	50.000
	Jumlah			100.000
4.	Sewa <i>Power Supply</i>	1 unit	100.000	100.000
5.	Pengujian Setelah Eksperimen			
	a. Fosfat (PO ₄)	3 sampel	45.000	135.000
	Jumlah			135.000
	Total (1+2+3+4+5)			440.000