

**PENGARUH TEGANGAN LISTRIK PADA METODE
ELEKTROKOAGULASI DALAM MENJERNIHKAN LIMBAH
CAIR KELAPA SAWIT**

SKRIPSI

**LANSARI DAULAY
0705163050**



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

**PENGARUH TEGANGAN LISTRIK PADA METODE
ELEKTROKOAGULASI DALAM MENJERNIHKAN LIMBAH
CAIR KELAPA SAWIT**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Mencapai Gelar Sarjana Sains (S.Si)

**LANSARI DAULAY
0705163050**



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Hal : Surat Persetujuan Skripsi

Lamp : -

Kepada Yth.,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi saudara,

Nama	: Lansari Daulay
Nomor Induk Mahasiswa	: 0705163050
Program Studi	: Fisika
Judul	: Pengaruh Tegangan Listrik Pada Metode Elektrokoagulasi Dalam Menjernihkan Limbah Cair Kelapa Sawit

dapat disetujui untuk segera di *munaqasyah* kan. Atas perhatiannya kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Medan, 25 Maret 2021 M
11 Syakban 1442 H

Komisi Pembimbing,

Pembimbing Skripsi I,

Pembimbing Skripsi II,

Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.
NIP. 198111062005011003

Masthura, M.Si.
NIB. 1100000069

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Lansari Daulay
Nomor Induk Mahasiswa : 0705163050
Program Studi : Fisika
Judul : Pengaruh Tegangan Listrik Pada Metode
Elektrokoagulasi Dalam Menjernihkan
Limbah Cair Kelapa Sawit

menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya. Apabila dikemudian hari ditemukan plagiat dalam skripsi ini maka saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Medan, 25 Maret 2021

Lansari Daulay
NIM. 0705163050



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUMATERA UTARA MEDAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. IAIN No. 1 Medan 20235
Telp. (061) 6615683-6622925, Fax. (061) 6615683
Url: <http://saintek.uinsu.ac.id>, E-mail: saintek@uinsu.ac.id

PENGESAHAN SKRIPSI

Nomor: 072/ST/ST.V.2/PP.01.1/04/2021

Judul : Pengaruh Tegangan Listrik Pada Metode
Elektrokoagulasi Dalam Menjernihkan Limbah
Cair Kelapa Sawit
Nama : Lansari Daulay
Nomor Induk Mahasiswa : 0705163050
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji Skripsi Program Studi Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan dan
dinyatakan **LULUS**.

Pada hari/tanggal : Kamis, 25 Maret 2021
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Sains dan Teknologi

Tim Ujian Munaqasyah,
Ketua,

Muhammad Nuh, S.Pd., M.Pd.
NIP. 197503242007101001

Dewan Penguji,
Penguji I, Penguji II,

Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si.
NIP. 1981110620050111003

Masthura, M.Si.
NIB. 1100000069

Penguji III, Penguji IV,

Ratni Sirait, M.Pd.
NIB. 1100000071

Mulkan Iskandar Nasution, M.Si.
NIB. 1100000020

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sumatera Utara Medan,

Dr. Mhd. Syahnan, M.A.
NIP. 196609051991031002

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian yang bertujuan (i) untuk mengetahui hasil uji sampel limbah cair kelapa sawit sebelum diterapkan metode elektrokoagulasi dengan elektroda Aluminium (Al), (ii) untuk mengetahui hasil uji sampel limbah cair kelapa sawit setelah diterapkan metode elektrokoagulasi dengan elektroda Aluminium (Al), (iii) untuk mengetahui pengaruh variasi tegangan listrik pada proses elektrokoagulasi terhadap kualitas sampel limbah cair kelapa sawit. Penelitian ini menggunakan limbah cair kelapa sawit yang berasal dari PTPN IV Adolina Perbaungan Kabupaten Serdang Bedagai Provinsi Sumatera Utara dengan metode elektrokoagulasi memvariasikan tegangan listrik dari 6, 9, dan 12 Volt. Waktu proses elektrokoagulasi dilakukan selama 60 menit dengan jarak antar elektroda 2 cm. Parameter yang diuji yaitu BOD, COD, TSS, minyak dan lemak, nitrogen total, pH, dan aluminium. Hasil uji sampel limbah cair kelapa sawit sebelum diterapkan metode elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium (Al) belum memenuhi baku mutu air limbah berdasarkan PERMEN LH RI No. 5 tahun 2014. Untuk parameter yang belum memenuhi baku mutu air limbah adalah BOD, COD, dan Nitrogen Total (N-Total). Hasil uji sampel limbah cair kelapa sawit setelah diterapkan metode elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium (Al) dengan variasi tegangan listrik 6, 9, dan 12 Volt telah memenuhi baku mutu air limbah berdasarkan PERMEN LH No. 5 tahun 2014 kecuali pada parameter Nitrogen Total (N-Total). Tegangan listrik memberikan pengaruh yang signifikan terhadap proses penjernihan limbah cair kelapa sawit menggunakan metode elektrokoagulasi. Hal ini ditunjukkan dengan semakin tinggi nilai tegangan yang diberikan maka nilai BOD, COD, dan Nitrogen total yang diperoleh mengalami penurunan serta proses elektrokoagulasi menjadi lebih singkat.

Kata-kata kunci: Elektroda Aluminium, Elektrokoagulasi, Limbah Cair Kelapa Sawit dan Tegangan Listrik.

ABSTRACT

Research has been carried out aimed at (i) to determine the test results of oil palm liquid waste samples before applying the electrocoagulation method with Aluminum (Al) electrodes, (ii) to determine the test results of oil palm liquid waste samples after applying the electrocoagulation method with Aluminum electrodes (Al) , (iii) to determine the effect of variations in electric voltage on the electrocoagulation process on the quality of palm oil wastewater samples. This study used palm oil liquid waste from PTPN IV Adolina Perbaungan, Serdang Bedagai Regency, North Sumatra Province with the electrocoagulation method varying the electric voltage from 6, 9, and 12 volts. The electrocoagulation process was carried out for 60 minutes with a distance between the electrodes of 2 cm. The parameters tested were BOD, COD, TSS, oil & grease, total nitrogen, pH, and aluminum. The results of the oil palm liquid waste sample test before the electrocoagulation method with aluminum (Al) electrodes were applied did not meet the wastewater quality standards based on PERMEN LH RI No. 5 tahun 2014. For parameters that do not meet the quality standards of wastewater are BOD, COD, and Total Nitrogen (N-Total). The results of the oil palm liquid waste sample test after applying the electrocoagulation method with aluminum (Al) electrodes with variations in electric voltage of 6, 9, and 12 volts have met the quality standards for wastewater based on PERMEN LH No. 5 tahun 2014 except for the parameter of Total Nitrogen (N-Total). Electric voltage has a significant effect on the process of purifying palm oil liquid waste using the electrocoagulation method. This is indicated by the higher the value of the given voltage, the lower the BOD, COD and nitrogen values obtained and the shorter the electrocoagulation process.

Keywords: *Aluminum Electrodes, Electric Voltage, Electrocoagulation, and Palm Oil Mill Effluent.*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahiim, puji syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Tegangan Listrik Pada Metode Elektrokoagulasi Dalam Menjernihkan Limbah Cair Kelapa Sawit”. Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh Gelar Sarjana Sains dalam Program Studi Fisika.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari adanya kerja sama dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Syahrin Harahap, M.A., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
2. Dr. Mhd. Syahnan, M.A., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
3. Muhammad Nuh, S.Pd., M.Pd., selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
4. Miftahul Husna, S.Pd., M.Si., selaku Sekretaris Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan.
5. Dr. Abdul Halim Daulay, S.T., M.Si., selaku Pembimbing I yang telah membimbing dengan sabar serta meluangkan waktu memberi saran dan motivasi selama penyusunan skripsi.
6. Masthura, M.Si., selaku Pembimbing II yang telah memberikan arahan dengan penuh kesabaran serta meluangkan waktu memberi ide, masukan, saran, dan motivasi selama penyusunan skripsi.
7. Nazaruddin Nasution, M.Pd., selaku dosen Penasihat Akademik penulis.
8. Ayah Padelu Daulay dan Ibu Siti Hayati Hasibuan selaku orangtua saya yang selalu mendoakan, memberi semangat dan mendukung setiap langkah yang penulis tempuh.
9. Teman-teman Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan angkatan 2016.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bermanfaat terhadap karya tulis ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat baik bagi penulis maupun para pembaca.

Medan, 25 Maret 2021

Penulis,

Lansari Daulay
NIM. 0705163050

DAFTAR ISI

	Halaman
PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
PENGESAHAN SKRIPSI	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Limbah Cair Kelapa Sawit.....	5
2.2 Karakteristik Limbah Cair Kelapa Sawit	7
2.3 Dampak Buruk Air Limbah Industri	8
2.4 Logam Aluminium	10
2.5 Elektrokoagulasi.....	10
2.5.1 Definisi Elektrokoagulasi.....	10
2.5.2 Mekanisme Elektrokoagulasi	11
2.5.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Elektrokoagulasi.....	13
2.5.4 Kelebihan dan Kekurangan Elektrokoagulasi	14
2.6 Parameter yang Diuji.....	15
2.6.1 BOD (<i>Biochemical Oxygen Demand</i>)	15
2.6.2 COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>).....	16

2.6.3 TSS (<i>Total Suspended Solid</i>)	16
2.6.4 Minyak dan Lemak	17
2.6.5 Nitrogen Total	17
2.6.7 pH	17
2.7 Penelitian yang Relevan	18
2.8 Hipotesis Penelitian	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	20
3.1.1 Lokasi Penelitian	20
3.1.2 Waktu Penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	20
3.2.1 Peralatan Penelitian	20
3.2.2 Bahan Penelitian	21
3.3 Diagram Alir Penelitian	21
3.4 Prosedur Pengambilan Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit	23
3.5 Prosedur Pengolahan Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Metode Elektrokoagulasi	23
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Limbah Cair Kelapa Sawit Sebelum Dielektrokoagulasi	24
4.2 Kualitas Limbah Cair Kelapa Sawit Setelah Dielektrokoagulasi Dengan Tegangan Listrik 6 Volt	25
4.3 Kualitas Limbah Cair Kelapa Sawit Setelah Dielektrokoagulasi Dengan Tegangan Listrik 9 Volt	26
4.4 Kualitas Limbah Cair Kelapa Sawit Setelah Dielektrokoagulasi Dengan Tegangan Listrik 12 Volt	27
4.5 Pembahasan Penelitian	28
4.5.1 Pengaruh Variasi Tegangan Terhadap BOD	28
4.5.2 Pengaruh Variasi Tegangan Terhadap COD	29
4.5.3 Pengaruh Variasi Tegangan Terhadap TSS	30
4.5.4 Pengaruh Variasi Tegangan Terhadap Nitrogen Total	31
4.5.5 Pengaruh Variasi Tegangan Terhadap pH	32
4.5.6 Pengaruh Variasi Tegangan Terhadap Logam Aluminium ..	33

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul Tabel	Halaman
2.1	Karakteristik Limbah Cair Kelapa Sawit	8
2.2	Baku Mutu Air Limbah Untuk Industri Minyak Sawit	8
4.1	Data Kualitas Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit Sebelum Dielektrokoagulasi	24
4.2	Data Kualitas Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit Setelah Dielektrokoagulasi Dengan Tegangan Listrik 6 Volt	25
4.3	Data Kualitas Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit Setelah Dielektrokoagulasi Dengan Tegangan Listrik 9 Volt	26
4.4	Data Kualitas Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit Setelah Dielektrokoagulasi Dengan Tegangan Listrik 12 Volt	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul Gambar	Halaman
3.1	Diagram Alir Pengujian Kualitas Limbah Cair Kelapa Sawit.....	21
3.2	Diagram Alir Penelitian dan Pengujian Kualitas Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan Metode Elektrokoagulasi.....	22
3.3	Proses Pengolahan Limbah Cair Menggunakan Metode Elektrokoagulasi	23
4.1	Grafik Nilai Pengukuran BOD Sebelum dan Sesudah Dielektrokoagulasi.....	28
4.2	Grafik Nilai Pengukuran COD Sebelum dan Sesudah Dielektrokoagulasi.....	29
4.3	Grafik Nilai Pengukuran TSS Sebelum dan Sesudah Dielektrokoagulasi.....	30
4.4	Grafik Nilai Pengukuran Nitrogen Total Sebelum dan Sesudah Dielektrokoagulasi	31
4.5	Grafik Nilai Pengukuran pH Sebelum dan Sesudah Dielektrokoagulasi.....	32
4.6	Grafik Nilai Pengukuran Aluminium Sebelum dan Sesudah Dielektrokoagulasi	33

DAFTAR LAMPIRAN

- | No. | Judul Lampiran |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Daftar Persyaratan Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha Industri Minyak Sawit menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 5 tahun 2014 Tanggal 15 Oktober 2014 |
| 2. | SNI 6989-59-2008 tentang metoda pengambilan contoh air limbah |
| 3. | Data Kualitas Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit |
| 4. | Gambar Alat Penelitian |
| 5. | Gambar Bahan Penelitian |
| 6. | Gambar Proses Elektrokoagulasi |
| 7. | Gambar Limbah Cair Kelapa Sawit |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan produsen CPO (*Crude Palm Oil*) terbesar. Seiring dengan semakin meningkatnya produksi dan proyeksi pasar industri kelapa sawit menyebabkan jumlah limbah yang dihasilkan semakin banyak. Di mana limbah yang dihasilkan dapat mencemarkan lingkungan apabila tidak diolah dengan baik. Salah satu penyebab terjadinya pencemaran adalah banyaknya limbah yang dibuang tanpa dioalah terlebih dahulu ataupun sudah diolah, akan tetapi belum memenuhi persyaratan standar baku air mutu limbah. Hal ini mungkin belum tersedianya sebuah teknologi pengolahan air limbah yang mudah dan efisien sehingga belum diterapkan oleh industri-industri. (Hanum, 2015)

Metode Elektrokoagulasi merupakan suatu metode yang memiliki kelebihan yaitu, peralatan sederhana, mudah dalam pengoperasiannya, dan lebih ekonomis karena tanpa penggunaan bahan kimia. Elektrokoagulasi adalah suatu proses koagulasi kontinu dengan menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa kimia, yaitu gejala dekomposisi elektrolit, yang salah satu elektrodanya terbuat dari aluminium (Al). Dalam proses ini akan terjadi reaksi reduksi dimana logam-logam akan direduksi dan diendapkan di kutub negatif, sedangkan elektroda positif (Al) akan terjadi reaksi oksidasi menjadi $[Al(OH)_3]$ yang berfungsi sebagai koagulan (Penggumpalan). Reaksi kimia yang terjadi pada proses elektrokoagulasi yaitu reaksi reduksi oksidasi, sebagai akibat adanya arus listrik (DC). (Mulyana, 2019)

Pada penelitian Farida Hanum (2015) “Aplikasi Elektrokoagulasi Dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit” melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh parameter tegangan pada adaptor terhadap kinerja sistem elektrokoagulasi serta menentukan waktu terbaik untuk pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil terbaik diperoleh pada tegangan 5 Volt untuk penyisihan COD sebesar 81,32% dengan nilai COD 233,5 mg/l pada waktu pengolahan 180 menit, hal ini menunjukkan bahwa limbah

olahan telah memenuhi baku mutu air limbah PKS untuk COD yaitu 350 mg/l. Dan persentase penyisihan turbiditas yang tertinggi diperoleh pada tegangan 5 Volt dan pada waktu 180 menit dengan perolehan 95,08%.

Pada penelitian selanjutnya Prayitno, Vemi Ridantam, Imam Prayogo (2016) “Reduksi Aktivitas Uranium Dalam Limbah Radioaktif Cair Menggunakan Proses Elektokoagulasi” dilakukan mengetahui efisiensi penurunan aktivitas uranium dalam limbah radioaktif cair yang dihasilkan pada proses elektokoagulasi dengan variasi tegangan, waktu tinggal, jarak elektoda dan pH inlet limbah. Percobaan ini dilakukan untuk dengan metode batch dengan elektoda aluminium. Hasil penelitian diperoleh parameter optimal pada tegangan 12,50 Volt, jarak 1 cm, pH 7, dan waktu proses selama 60 menit diperoleh efisiensi penurunan limbah uranium sebesar 97,20%.

Nida Nur Maulida (2019) dalam jurnal yang berjudul “Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Dengan Menggunakan Metode Elektokoagulasi Pada Skala Laboratorium” dibuat untuk mengetahui pengaruh pH awal, kuat arus dan waktu detensi optimal pada proses elektokoagulasi yang dapat menurunkan konsentrasi COD, warna, kekeruhan, dan TTS terhadap limbah cair industri batik. Kondisi optimum didapat pada pH awal 4, Kuat arus 0,5 Ampere dengan waktu detensi 3 jam dengan hasil analisa menunjukkan adanya persentase penyisihan tertinggi pada COD, warna, kekeruhan dan TTS masing-masing mencapai 94, 87, 98,9, dan 99,79%.

Dari penelitian-penelitian yang sudah ada, maka penulis mencoba suatu penelitian tentang Pengaruh Tegangan Listrik Pada Metode Elektokoagulasi Dalam Menjernihkan Limbah Cair Kelapa Sawit. Tegangan dan arus listrik merupakan suatu hal yang sangat penting atau berpengaruh dalam penurunan kadar yang terkandung di dalam limbah, karena dengan memvariasikan suatu tegangan dan arus listrik kita bisa mengetahui berapa lama waktu limbah tersebut akan berubah warna menjadi bersih atau jernih. Adapun elektoda yang digunakan adalah elektoda aluminium dan dengan menggunakan pelat penyangga yang terbuat dari Aluminium (Al) yang berfokus pada pengukuran arus listrik dan tegangan yang akan divariasikan. Pada penelitian terdahulu dengan variasi tegangan 3, 4, dan 5 Volt hasil terbaik diperoleh pada tegangan 5 Volt telah

menunjukkan bahwa limbah olahan telah memenuhi baku mutu air limbah. Jadi semakin tinggi nilai tegangan yang diberikan maka akan semakin cepat proses elektrokoagulasinya. Oleh karena itu pada penelitian ini penulis memvariasikan tegangan dengan 6, 9 dan 12 Volt. Parameter yang akan diuji yaitu parameter yang mengacu pada Standat Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Industri Minyak Sawit.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil uji sampel limbah cair kelapa sawit sebelum diterapkan metode elektrokoagulasi dengan elektroda Aluminium (Al)?
2. Bagaimana hasil uji sampel limbah cair kelapa sawit setelah diterapkan metode elektrokoagulasi dengan elektroda Aluminium (Al) ?
3. Bagaimana pengaruh variasi tegangan listrik pada proses elektrokoagulasi terhadap kualitas sampel limbah cair kelapa sawit?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel limbah cair kelapa sawit diambil dari PTPN IV Adolina Perbaungan Kabupaten Serdang Bedagai Provinsi Sumatera Utara.
2. Penjernihan limbah cair kelapa sawit menggunakan metode elektrokoagulasi dengan elektroda Aluminium (Al).
3. Parameter penelitian yang divariasikan pada metode elektrokoagulasi yaitu: Tegangan listrik dengan nilai 6, 9, dan 12 Volt.
4. Waktu proses elektrokoagulasi dilakukan selama 60 menit dengan jarak antar elektroda 2 cm.
5. Analisis kualitas sampel (limbah cair kelapa sawit) dilakukan sebelum dan sesudah menggunakan metode elektrokoagulasi.
6. Parameter analisis meliputi: BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak, Nitrogen Total, pH, dan Aluminium.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui hasil uji sampel limbah cair kelapa sawit sebelum diterapkan metode elektrokoagulasi dengan elektroda Aluminium (Al).
2. Untuk mengetahui hasil uji sampel limbah cair kelapa sawit setelah diterapkan metode elektrokoagulasi dengan elektroda Aluminium (Al).
3. Untuk mengetahui pengaruh variasi tegangan listrik pada proses elektrokoagulasi terhadap kualitas sampel limbah cair kelapa sawit.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Mengatasi permasalahan limbah cair pada industri kelapa sawit dengan metode pengolahan limbah yang inovasi dan efektif sebelum limbah cair tersebut dibuang ke lingkungan.
2. Memberikan informasi apakah Aluminium (Al) efektif digunakan sebagai elektroda dalam proses elektrokoagulasi untuk menjernihkan limbah cair kelapa sawit.
3. Hasil penelitian ini dapat dijadikan bahan informasi atau referensi untuk melakukan penelitian-penelitian lebih lanjut mengenai pengolahan limbah cair kelapa sawit dengan proses metode elektrokoagulasi.
4. Meminimalisir biaya pengolahan limbah sebab pada umumnya menggunakan bahan-bahan kimia yang harganya mahal.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair Kelapa Sawit

Limbah adalah bahan yang dibuang atau buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Air limbah atau air buangan adalah sisa air yang dibuang dari sumber hasil aktivitas manusia yang berasal dari rumah tangga, industri ataupun tempat umum lainnya. Pada umumnya air limbah mengandung zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia, merusak lingkungan hidup, dan mempengaruhi aktivitas makhluk hidup lainnya. (Anis syafira, 2017)

Limbah Cair kelapa sawit merupakan sisa limbah atau buangan dari proses pembuatan minyak sawit yang berbentuk cair yang berasal dari kegiatan industri minyak kelapa sawit (Pratiwi, 2013). Limbah cair kelapa sawit berasal dari pengolahan tandan buah segar (TBS). Limbah cair yang dihasilkan pabrik kelapa sawit mengandung bahan organik dan mineral yang cukup tinggi apabila dibuang langsung ke sungai atau perairan lainnya dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan air dan tanah yang akan menimbulkan pencemaran. (Susilawati, 2012)

Dari ulasan singkat di atas jelas bahwa limbah itu dapat merusak lingkungan yang pada akhirnya akan membahayakan kehidupan manusia itu sendiri. Dalam hal ini, bahwa kerusakan yang terjadi di darat maupun di laut adalah akibat dari ulah perbuatan manusia.

Firman Allah SWT di dalam Q.S Ar-Rum: 41 sangat jelas memperingatkan bahwa:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: “Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”

Dari ayat di atas dapat dijelaskan bahwa Allah sangat jelas memperingatkan manusia agar tidak melakukan kerusakan dimuka bumi ini. Salah satunya dengan tidak membuang limbah yang dapat mengakibatkan kerusakan terhadap lingkungan. Limbah merupakan dampak negatif dari kemajuan yang diperoleh manusia, baik dalam bidang industri maupun pertanian, guna meningkatkan taraf hidupnya. Sehingga nampaknya akan mengalami kesulitan untuk tidak menghasilkan limbah. Oleh karena itu, langkah yang terbaik adalah mengolah limbah industri agar tidak menjadi bahan yang berbahaya.

Limbah industri kelapa sawit dapat digolongkan dalam tiga jenis, yaitu limbah padat, limbah cair, dan limbah gas.

a. Limbah padat

Salah satu jenis limbah padat industri kelapa sawit adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Tempurung kelapa sawit termasuk juga limbah padat hasil pengolahan kelapa sawit. Limbah padat mempunyai ciri khas pada komposisinya. Komponen terbesar dalam limbah padat tersebut adalah selulosa, di samping komponen lain meskipun lebih kecil seperti abu, lignin, dan hemiselulosa.

b. Limbah cair

Limbah ini berasal dari kondensat, stasiun klarifikasi, dan dari hidrosilikon. Limbah kelapa sawit memiliki kadar bahan organik yang tinggi. Tingginya kadar tersebut menimbulkan beban pencemaran yang besar karena diperlukan degradasi bahan organik yang lebih besar pula. Lumpur (sludge) disebut juga lumpur primer yang berasal dari proses klarifikasi merupakan salah satu limbah cair yang dihasilkan dalam proses pengolahan kelapa sawit, sedangkan lumpur yang telah mengalami proses sedimentasi disebut lumpur sekunder. Kandungan bahan organik lumpur juga tinggi dengan pH rendah berkisar 3-5.

c. Limbah Gas

Selain limbah padat dan cair, industri pengolahan kelapa sawit juga menghasilkan limbah bahan gas. Limbah bahan gas ini antara lain gas cerobong dan uap air buangan pabrik kelapa sawit. (Fauzi, 2012)

2.2 Karakteristik Limbah Cair Kelapa Sawit

Limbah Cair Kelapa Sawit merupakan salah satu produk samping dari pabrik minyak kelapa sawit yang berasal dari kondensat, stasiun klarifikasi, air *hydrocyclone* (*claybath*), dan air pencucian pabrik. Limbah cair ini mempunyai beban pencemaran yang besar karena mengandung senyawa organik yang tinggi. Apabila senyawa organik yang terkandung didalam limbah cair tidak terdegradasi maka akan menyebabkan pencemaran lingkungan di sekitar pabrik kelapa sawit. Limbah cair mengandung berbagai senyawa kompleks seperti protein, karbohidrat, lemak, dan senyawa terlarut termasuk serat-serat pendek, hemiselulosa dan turunannya, asam organik bebas, dan campuran mineral-mineral. Bahan organik tersebut secara agregat dinyatakan dalam COD dan tergolong mudah terdegradasi secara biologi baik dalam kondisi aerobik maupun anaerobik.

Limbah cair ini umumnya berwarna kecoklatan, mengandung padatan terlarut dan tersuspensi berupa koloid dan residu minyak dengan BOD dan COD yang tinggi. BOD merupakan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme pengurai untuk memecahkan bahan-bahan organik. Menurut Sasongko (1990), nilai BOD dapat diketahui dengan menginkubasi air limbah selama 5 hari pada suhu 20 °C, sehingga disebut dengan BOD₅. Inkubasi yang dilakukan selama 5 hari tersebut hanya dapat mengukur sekitar 68% dari total BOD, sehingga pengujian BOD tidak menunjukkan jumlah keseluruhan bahan-bahan organik yang terdapat pada air limbah. COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mendegradasi zat organik secara kimia. Pengoksidasi yang digunakan dalam pengukuran COD yaitu K₂Cr₂O₇ atau KMnO₄. Nilai COD menunjukkan ukuran pencemaran air oleh zat zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air. Kandungan COD dan BOD pada limbah cair kelapa sawit berkisar antara 15.103-65.100 mg/l dan 8.200-35.000 mg/l.

Limbah Pabrik Kelapa Sawit sebelum mengalami perlakuan di unit pengolahan limbah, mempunyai karakteristik sebagai berikut:

Tabel 2.1 Karakteristik Limbah Cair Kelapa Sawit

No	Parameter	Satuan	Kisaran	Rata-rata
1.	BOD	mg/l	8200-3500	21280
2.	COD	mg/l	15103-65100	34720
3.	TSS	mg/l	1330-50700	31170
4.	Nitrogen Total	mg/l	12-126	41
5.	pH	-	3,3-4,6	4
6.	Minyak dan Lemak	mg/l	190-14720	3075

Sumber: Anggraini, 2018

Air limbah pabrik kelapa sawit merupakan nutrien yang kaya akan senyawa organik dan karbon, dekomposisi dari senyawa-senyawa organik oleh bakteri aerob dapat menghasilkan biogas. Apabila gas-gas tersebut tidak dikelola dan dibiarkan lepas ke udara bebas maka akan menjadi salah satu penyebab pemanasan global. Maka dari itu sebelum limbah dibuang ke lingkungan dan agar tidak mencemari lingkungan, air limbah pabrik kelapa sawit harus memenuhi baku mutu yang telah ditentukan oleh Kementerian Lingkungan Hidup. (Anggraini, 2018)

Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup RI No. 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah, parameter limbah cair untuk industri minyak sawit dapat di lihat pada tabel 2.2 yaitu:

Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Untuk Industri Minyak Sawit

Parameter	Kadar Maksimum (mg/l)	Beban Pencemaran Maksimum (kg/ton)
BOD	100	0,25
COD	350	0,88
TSS	250	0,63
Minyak dan Lemak	25	0,063
Amonia Total (sebagai N)	50	0,125
pH		6,0-9,0
Debit Limbah Maksimum	2,5 m ² per ton produk minyak sawit (CPO)	

Sumber: Permen LH No. 5 Tahun 2014

2.3 Dampak Buruk Air Limbah Industri

Air limbah yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan dampak buruk bagi makhluk hidup dan lingkungannya. Menurut (Anis Syafira, 2017), beberapa dampak buruk tersebut adalah sebagai be:

1. Gangguan kesehatan

Air limbah dapat mengandung bibit penyakit yang dapat menimbulkan penyakit bawaan air (*waterborne disease*). Selain itu di dalam air limbah mungkin juga terdapat zat-zat berbahaya dan beracun yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan bagi makhluk hidup yang mengkonsumsinya. Adakalanya air limbah yang tidak dikelola dengan baik juga dapat menjadi sarang vektor penyakit (misalnya nyamuk, lalat, kecoa, dan lain-lain).

2. Penurunan Kualitas Lingkungan

Air limbah yang dibuang langsung ke air permukaan (misalnya: sungai dan danau) dapat mengakibatkan pencemaran air permukaan tersebut. Adakalanya, air limbah juga merembes ke dalam tanah, sehingga menyebabkan pencemaran air tanah. Bila air tanah tercemar, maka kualitasnya akan menurun sehingga tidak dapat lagi digunakan sesuai peruntukannya.

3. Gangguan terhadap keindahan

Adakalanya air limbah mengandung polutan yang tidak mengganggu kesehatan dan ekosistem, tetapi mengganggu keindahan. Kadang-kadang air limbah dapat juga mengandung bahan-bahan yang bila terurai menghasilkan gas-gas yang berbau. Bila air limbah jenis ini mencemari badan air, maka dapat menimbulkan gangguan keindahan pada badan air tersebut.

4. Gangguan terhadap kerusakan benda

Adakalanya air limbah mengandung zat-zat yang dapat dikonversi oleh bakteri anaerobic menjadi gas yang agresif seperti H_2S . Gas ini dapat mempercepat proses perkaratan pada benda yang terbuat dari besi (misalnya pipa saluran air limbah) dan buangan air kotor lainnya. Dengan cepat rusaknya air tersebut maka biaya pemeliharaannya akan semakin besar juga, yang berarti akan menimbulkan kerugian material. Untuk menghindari terjadinya gangguan-gangguan di atas, air limbah yang dialirkan ke lingkungan harus memenuhi ketentuan seperti yang disebutkan dalam Baku Mutu Air Limbah.

2.4 Logam Aluminium

Aluminium merupakan salah satu unsur yang tidak berbahaya. Aluminium merupakan salah satu logam anorganik yang dijumpai dalam air minum. Adapun aluminium juga merupakan salah satu elektroda yang digunakan dalam proses elektrokoagulasi karena nilai konduktivitasnya yang cukup tinggi sehingga dianggap baik untuk menghantarkan muatan-muatan listrik dalam proses tersebut. Aluminium digunakan sebagai koagulan dalam pengolahan limbah. Proses elektrokoagulasi melibatkan logam aluminium yang menghasilkan ion Al^{3+} untuk ditambah ke limbah sebagai koagulan. (Ananda, 2018)

2.5 Elektrokoagulasi

2.5.1 Definisi Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi adalah suatu proses koagulasi dengan menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit yang digunakan untuk mengolah air limbah, yang salah satu elektrodanya terbuat dari aluminium. Elektrokoagulasi beroperasi dengan penggumpalan dan pengendapan partikel-partikel halus yang terdapat dalam air dengan menggunakan energi listrik. (Ananda, 2018)

Elektrokoagulasi adalah teknik yang digunakan untuk mengolah air limbah untuk memulihkan zat-zat kimia yang masih bernilai. Keuntungan utama dari elektrokoagulasi dibandingkan dengan teknik konvensional lainnya, seperti koagulasi kimia atau adsorpsi, adalah adanya penghantaran agen reaktif tanpa menghasilkan polusi sekunder, dan menggunakan peralatan yang ringkas. Selain itu, elektrokoagulasi adalah teknik yang melibatkan penambahan elektrolit dari koagulan ion logam secara langsung dari elektroda. Ion-ion ini akan berkoagulasi dengan polutan dalam cairan, mirip dengan penambahan kimia koagulan seperti tawas dan besi klorida, yang dilanjutkan dengan sedimentasi dan flotasi. Pengumpulan dan pemisahan polutan terjadi karena ketidakstabilan partikel yang ditimbulkan selama proses elektrolisis dan elektrokoagulasi. (Saputra, 2016)

2.5.2 Mekanisme Elektrokoagulasi

Mekanisme proses elektrokoagulasi terdiri dari beberapa proses utama, yaitu: (a) proses oksidasi yang terjadi di anoda akan membentuk koagulan aktif, (b) koagulan yang terbentuk akan mendestabilisasi partikel koloid dan pemecahan emulsi yang terdapat di dalam larutan, dan (c) partikel koloid yang terdestabilisasi akan teragregatisasi membentuk flok. Mekanisme terjadinya destabilisasi partikel koloid dan pemecah emulsi adalah sebagai berikut:

1. Kompresi dari difusi lapisan ganda di sekitar spesies yang bermuatan terjadi oleh interaksi ion yang dihasilkan dari proses oksidasi pada *sacrificial anode*.
2. Netralisasi ion polutan dalam air menggunakan ion berlawanan yang dihasilkan oleh *sacrificial anode*. Ion berlawanan tersebut dapat meningkatkan gaya tarik menarik *van der waals* dengan ion polutan sehingga terjadinya proses koagulasi.
3. Pembentukan flok dari hasil proses elektrokoagulasi berupa *sludge* yang dalam hal ini berupa partikel yang terperangkap dalam pengendapan dan partikel koloid yang masih tersisa di air. (Mulyana, 2019)

Prinsip dasar dari elektrokoagulasi adalah reaksi reduksi dan oksidasi. Dalam suatu sel elektrokoagulasi peristiwa oksidasi terjadi di anoda, sedangkan reduksi terjadi di katoda. Dalam reaksi elektrokoagulasi selain elektroda juga melibatkan air yang diolah yang berfungsi sebagai larutan elektrolit. Apabila dalam suatu elektrolit ditempatkan dua elektroda dan dialiri arus listrik searah maka akan terjadi peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana ion positif (kation) bergerak ke katoda dan menerima elektron yang direduksi dan ion negatif (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron yang dioksidasi. Untuk proses elektrokoagulasi digunakan elektroda yang terbuat dari aluminium (Al) karena logam ini mempunyai sifat sebagai koagulan yang baik.

Proses elektrokoagulasi pada prinsipnya berdasarkan pada proses sel elektrolisis. Sel elektrolisis merupakan suatu alat yang dapat mengubah energi listrik DC (*direct current*) untuk menghasilkan reaksi elektrolit. Setiap sel elektrolisis mempunyai dua elektroda, katoda dan anoda. Anoda berfungsi sebagai

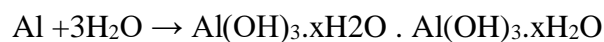
koagulan dalam proses koagulasi-flokulasi yang terjadi di dalam sel tersebut. Sedangkan di katoda terjadi reaksi katodik dengan membentuk gelembung-gelembung gas hidrogen yang berfungsi untuk menaikkan flok-flok tersuspensi yang tidak dapat mengendap di dalam sel.

Reaksi yang terjadi pada sel elektroda dengan anoda dan katoda yang digunakan aluminium adalah:

1. Reaksi pada Anoda

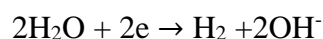


Proses anodik mengakibatkan terlarutnya logam aluminium menjadi molekul ion Al^{3+} . Ion yang terbentuk ini, di dalam larutan akan mengalami reaksi hidrolisis, menghasilkan padatan $\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ yang tidak dapat larut lagi dalam air. Reaksinya:



yang terbentuk dalam larutan dapat berfungsi sebagai koagulan untuk proses koagulasi-flokulasi yang terjadi pada proses selanjutnya di dalam sel elektrokoagulasi. Setelah proses koagulasi-flokulasi ini selesai maka kontaminan-kontaminan yang berada dalam air buangan dapat terpresipitasi dengan sendirinya.

2. Reaksi pada Katoda



Reaksi sel merupakan hasil reaksi dari proses anodik dan katodik yang terjadi secara serentak, laju mol ekuivalen yang sama pada masing-masing elektroda. Hasil reaksi sel yang terjadi sangat bervariasi. Dapat berupa bahan-bahan yang terlarut dan ion-ion terlarut seperti Al^{3+} dan OH^- atau berupa bahan padatan yang tidak dapat larut seperti Al_2O_3 , $\text{Al}(\text{OH})_3$, dan pembentukan H_2 . Berlangsungnya proses reaksi elektrodik mengakibatkan terjadinya perubahan komposisi elektrolit terutama kenaikan pH karena adanya pelepasan OH^- dan gas H_2 pada reaksi katodik. Besar atau kecilnya pengaruh-pengaruh tersebut tergantung pada rapat arus katoda dan jumlah Al^{3+} yang terhidrolisis. Adanya kenaikan pH karena reaksi katodik pada

permukaan katoda akan mengakibatkan logam Aluminium terlapis oleh suatu lapisan hidroksida yang mengendap (pasivitas). (Hanum, 2015)

2.5.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Elektrokoagulasi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya proses Elektrokoagulasi antara lain:

1. Material Elektroda

Material elektroda merupakan tempat terjadinya reaksi elektrokimia pada proses elektrokoagulasi. Pemilihan material elektroda didasarkan pada polutan yang akan dihilangkan serta pada sifat kimia yang terkandung pada larutan elektrolit. Semakin padu antara material elektroda dengan polutan yang dihilangkan serta elektrolit yang digunakan, maka semakin besar pula efisiensi pengurangan polutan pada proses elektrokoagulasi. (Mulyana, 2019)

2. Pengaturan Elektroda

Pada proses elektrokoagulasi, elektroda dapat diatur dengan beberapa cara yakni monopolar dan bipolar, serta seri dan paralel. Pemilihan pengaturan elektroda berdasar pada jenis polutan dan juga biaya yang dikeluarkan. Sementara menurut Khandegar, pengaturan elektroda sangat signifikan terhadap jumlah biaya yang digunakan pada proses elektrokoagulasi. Elektroda monopolar yang diatur dengan pola paralel memiliki beda potensial lebih kecil dibandingkan elektroda monopolar yang diatur dengan pola seri. Hal ini karena pada elektroda yang dipasang dengan pola paralel, arus akan dibagi. Jika dibandingkan dengan elektroda bipolar, elektroda monopolar lebih efektif, terutama jika diatur dengan pola paralel. (Mulyana, 2019)

3. Kerapatan Arus Listrik

Kerapatan arus merupakan parameter yang sangat penting pada proses elektrokoagulasi, karena dapat menjelaskan laju dosis koagulan, laju produksi gelembung, ukuran dan bentuk flok, yang semuanya berdampak pada efisiensi proses elektrokoagulasi (Mulyana, 2019). Kenaikan kerapatan arus akan mempercepat ion bermuatan membentuk endapan-

endapan berupa flok-flok. Jumlah arus listrik yang mengalir berbanding lurus dengan bahan yang dihasilkan selama proses. (Prayitno, 2016)

4. Waktu

Menurut hukum Faraday, jumlah muatan yang mengalir selama proses elektrolisis sebanding dengan jumlah waktu kontak yang digunakan. (Prayitno, 2016)

5. Tegangan

Arus listrik yang menyebabkan perubahan kimia mengalir melalui medium (logam atau elektrolit) akibat adanya beda potensial, tahanan listrik pada medium lebih besar dari logam, maka yang perlu diperhatikan adalah mediumnya dan batas antar logam dan medium. (Prayitno, 2016)

6. Kadar Keasaman (pH)

Pada proses elektrokoagulasi terjadi proses elektrolisis air yang menghasilkan gas hidrogen dan ion hidroksida. Semakin lama waktu kontak, maka pembentukan gas hidrogen dan ion hidroksida makin cepat juga. Apabila ion hidroksida yang dihasilkan lebih banyak maka akan menaikkan pH larutan dengan mudah dapat diubah menjadi pH optimal dalam larutan dari nilai 6,5 sampai 7,5. (Prayitno, 2016)

7. Ketebalan Pelat

Semakin tebal pelat elektroda yang digunakan, daya tarik elektrostatis dalam mereduksi dan mengoksidasi ion logam dalam larutan semakin besar.

8. Jarak Antar Elektroda

Jarak antara elektroda mempengaruhi besarnya hambatan elektrolit, semakin jauh jaraknya semakin besar hambatannya sehingga semakin kecil arus yang mengalir. (Prayitno, 2016)

2.5.4 Kelebihan dan Kekurangan Elektrokoagulasi

Berikut ini adalah kelebihan elektrokoagulasi (Mulyana, 2019):

1. Tidak membutuhkan senyawa kimia (selain untuk kontrol pH).
2. Konsumsi energinya cukup rendah.

3. Dapat digunakan untuk menangani berbagai jenis polutan seperti *suspended* dan *colloidal solids*, logam berat, bakteri, dan senyawa organik.
4. Penggunaannya mudah dan sederhana.
5. Biaya operasi cukup murah: untuk menghilangkan 1 kg *suspended solid* hanya membutuhkan 15 g Al/m³ dan 0,6 kWh.
6. Gelembung gas yang terbentuk akan membawa polutan ke permukaan air sehingga air tersebut dapat digunakan kembali.
7. Dapat digunakan untuk proses *recycle* air yang telah digunakan sehingga air tersebut dapat digunakan kembali.
8. Lebih efisiensi dibandingkan koagulasi kimia untuk proses penyisihan turbiditas.
9. Proses berjalan secara otomatis dan bahaya operasi minimum.

Berikut ini adalah kekurangan dari elektrokoagulasi (Mulyana, 2019):

1. *Sacrificial electrode* yang mengalami proses oksidasi perlu dilakukan penggantian secara berkala.
2. Lapisan yang terbentuk di katoda dapat mengurangi efisiensi pada proses elektrokoagulasi.
3. Dibutuhkan konduktivitas yang tinggi untuk limbah tertentu.
4. *Gelatinous hydroxide* dapat terlarut dalam beberapa kasus elektrokoagulasi pada air limbah.
5. Besarnya reduksi logam berat yang terdapat dalam limbah cair dipengaruhi oleh besar kecilnya arus voltase listrik searah, luas sempitnya bidang kontak elektroda dan jarak antar elektroda.

2.6 Parameter yang Diuji

2.6.1 BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD adalah parameter yang umum dipakai untuk menentukan tingkat pencemaran bahan organik pada air limbah. BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* merupakan suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik. Pemeriksaan BOD

diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan dan untuk mendesain sistem pengolahan secara biologis. Mikroorganisme dapat mengoksidasi senyawa yang mengandung karbon dan senyawa-senyawa nitrogen. Jadi, BOD menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroba untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan pencemar yang terdapat di dalam suatu perairan. (Ningsih, 2017)

Pengujian BOD merupakan salah satu dari uji coba yang penting untuk mengetahui kekuatan atau daya cemar air limbah, sampah industri, selokan-selokan, dan air yang tercemar. Secara luas BOD digunakan untuk menentukan daya pencemaran atau kekuatan air limbah, maksudnya jumlah oksigen yang akan dibutuhkan apabila dibuang kedalam air alamiah atau perairan umum. (Pujiastuti, 2010)

2.6.2 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD adalah parameter yang menggambarkan nilai kandungan bahan organik dalam limbah cair baik yang *biodegradable* maupun *nonbiodegradable*, dalam bentuk terlarut maupun tersuspensi. Dalam limbah cair pabrik kelapa sawit, kandungan bahan organik terlarut lebih besar daripada yang tersuspensi. (Hanum, 2015). COD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air. Nilai COD umumnya lebih besar dari BOD karena COD merupakan total dari bahan organik yang terkandung pada limbah, sedangkan BOD hanya merupakan bahan organik yang mudah didegradasi. (Ningsih, 2017)

2.6.3 TSS (*Total Suspended Solid*)

Total Suspended Solid (TSS) atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi di dalam air berupa bahan-bahan organik dan anorganik. (Irawati, 2011). Zat padat tersuspensi (*total suspended solid*) adalah suatu zat padat (pasir, lumpur dan tanah liat) atau partikel-partikel yang tersuspensi dalam air dan dapat berupa komponen hidup (biotik), seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi, ataupun komponen mati (abiotik), seperti detritus dan partikel-partikel anorganik. TSS merupakan tempat berlangsungnya reaksi-reaksi kimia yang heterogen dan

berfungsi sebagai bahan pembentuk endapan yang paling awal dan dapat menghalangi kemampuan produksi zat organik di suatu perairan. (Wiyanto, 2014)

2.6.4 Minyak dan Lemak

Minyak dan Lemak merupakan salah satu senyawa yang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran di suatu perairan sehingga konsentrasinya harus dibatasi. Minyak mempunyai berat jenis lebih kecil dari air sehingga akan membentuk lapisan tipis di permukaan air. Kondisi ini dapat mengurangi konsentrasi oksigen terlarut dalam air karena fiksasi oksigen bebas menjadi terhambat. Minyak dan lemak merupakan bahan organik bersifat tetap dan sukar diuraikan bakteri. (Sulistia, 2019)

2.6.5 Nitrogen Total

Nitrogen total adalah jumlah dari nitrogen di terikat dalam zat organik, nitrogen di amonia dan dalam amonium dalam analisis kimia tanah, air, atau air limbah. Nitrogen dalam air pada umumnya terdapat dalam bentuk organik dan oleh bakteri berubah menjadi nitrogen amonia. Amonia yang terukur di perairan berupa amonia total (NH_3 dan NH_4^+). Amonia merupakan hasil tambahan penguraian (pembusukan) protein tanaman atau hewan atau dalam kotorannya. (Sulistia, 2019)

2.6.6 pH

Secara umum nilai pH air menggambarkan keadaan seberapa besar tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Larutan dengan nilai $\text{pH} = 7$ berarti kondisi larutan bersifat netral, $\text{pH} < 7$ berarti kondisi larutan bersifat asam, sedangkan $\text{pH} > 7$ berarti kondisi larutan bersifat basa. pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasamaan atau kebasaan yang dimiliki suatu larutan. pH didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen (H^+) yang terlarut. Nilai pH merupakan ukuran untuk konsentrasi ion hidrogen dalam larutan akuatik (Sulistia, 2019)

2.7 Penelitian yang Relevan

Pada peneliti sebelumnya tidak sedikit yang membahas tentang masalah limbah cair kelapa sawit. Farida Hanum (2015) “Aplikasi Elektrokoagulasi Dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit” melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh parameter tegangan pada adaptor terhadap kinerja sistem elektrokoagulasi serta menentukan waktu terbaik untuk pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil terbaik diperoleh pada tegangan 5 volt untuk penyisihan COD sebesar 81,32% dengan nilai COD 233,5 mg/l pada waktu pengolahan 180 menit, hal ini menunjukkan bahwa limbah olahan telah memenuhi baku mutu limbah cair PKS untuk COD yaitu 350 mg/l. Dan persentase penyisihan turbiditas yang tertinggi diperoleh pada tegangan 5 Volt dan pada waktu 180 menit dengan perolehan 95,08%.

Pada penelitian selanjutnya Prayitno, Vemi Ridantam, Imam Prayogo (2016) “Reduksi Aktivitas Uranium Dalam Limbah Radioaktif Cair Menggunakan Proses Elektokoagulasi” dilakukan mengetahui efisiensi penurunan aktivitas uranium dalam limbah radioaktif cair yang dihasilkan pada proses elektrokoagulasi dengan variasi tegangan, waktu tinggal, jarak elektoda dan pH inlet limbah. Percobaan ini dilakukan untuk dengan metode batch dengan elektoda aluminium. Hasil penelitian diperoleh parameter optimal pada tegangan 12,50 Volt, jarak 1 cm, pH 7, dan waktu proses selama 60 menit diperoleh efisiensi penurunan limbah uranium sebesar 97,20%.

Nida Nur Maulida (2019) dalam jurnal yang berjudul “Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Dengan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi Pada Skala Laboratorium” dibuat untuk mengetahui pengaruh pH awal, kuat arus dan waktu detensi optimal pada proses elektokoagulasi yang dapat menurunkan konsentrasi COD, warna, kekeruhan, dan TTS terhadap limbah cair industri batik. Kondisi optimum didapat pada pH awal 4, Kuat arus 0,5 Ampere dengan waktu detensi 3 jam dengan hasil analisa menunjukkan adanya persentase penyisihan tertinggi pada COD, warna, kekeruhan dan TTS masing-masing mencapai 94, 87, 98,9, dan 99,79%.

2.8 Hipotesis Penelitian

Rumusan hipotesis penelitian ini yaitu, penggunaan metode elektrokoagulasi dengan elektroda Aluminium (Al) dapat menjernihkan dan menurunkan kadar BOD, COD, TSS, minyak dan lemak, nitrogen total, pH, dan aluminium yang terdapat di dalam limbah cair kelapa sawit sehingga memenuhi standar baku mutu air limbah bagi usaha industri minyak sawit sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 5 tahun 2014 Tanggal 15 Oktober 2014.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian yang menggunakan metode eksperimen. Sampel yang digunakan adalah limbah cair kelapa sawit yang berasal dari PT. Perkebunan Nusantara IV Adolina. Sampel tersebut diuji untuk mengetahui pengaruh tegangan listrik pada metode elektrokoagulasi dalam menjernihkan limbah cair kelapa sawit.

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.1.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di beberapa lokasi sebagai berikut:

1. Laboratorium Fisika Dasar UIN SU Medan (Jl. IAIN No.1 Medan).
2. UPT. Laboratorium Lingkungan (Jl. HM. Said No. 25 Medan).
3. Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BTKLLPP) Kelas I Medan.

3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September – November 2020.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Peralatan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Power Supply Adaptor*
2. Multimeter
3. Kabel Penghubung
4. *Stopwatch*
5. *Beaker Glass* 500 ml
6. Pelat Penyangga
7. Kertas Saring

3.2.2 Bahan Penelitian

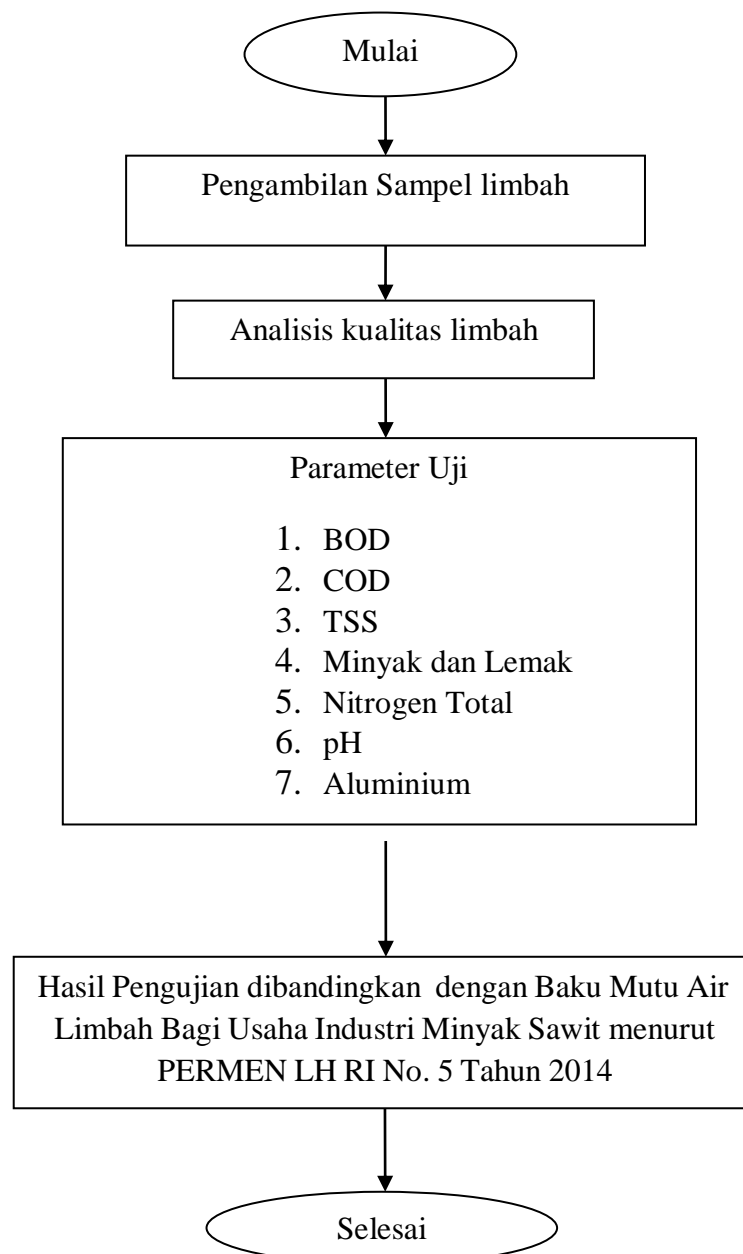
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel limbah cair kelapa sawit
2. Elektroda Aluminium 0,4 mm

3.3 Diagram Alir Penelitian

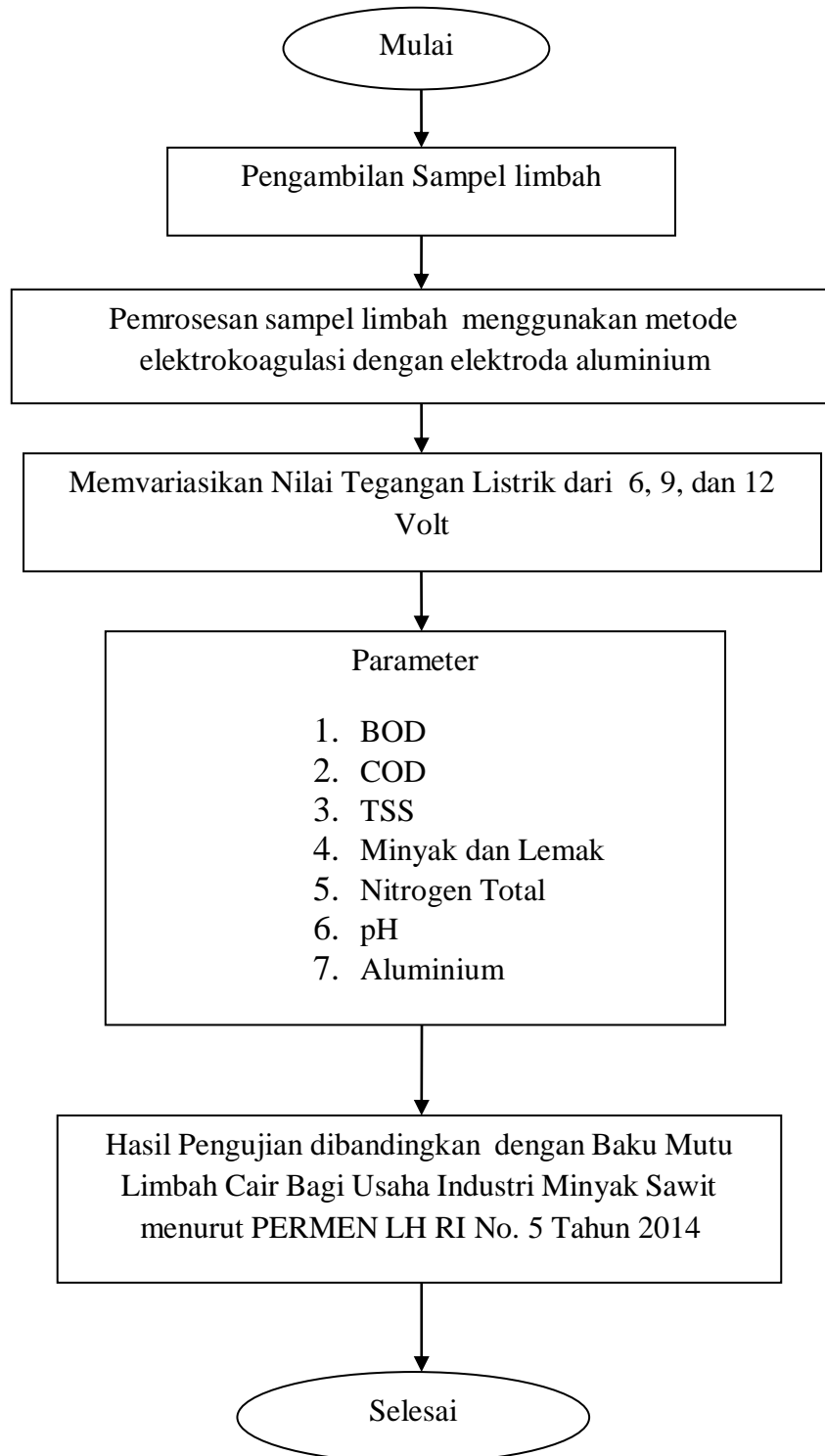
Diagram alir penelitian akan dilakukan secara 2 (dua) tahap yaitu:

Tahap I



Gambar 3.1. Diagram Alir Pengujian Kualitas Limbah Cair Kelapa Sawit

Tahap II



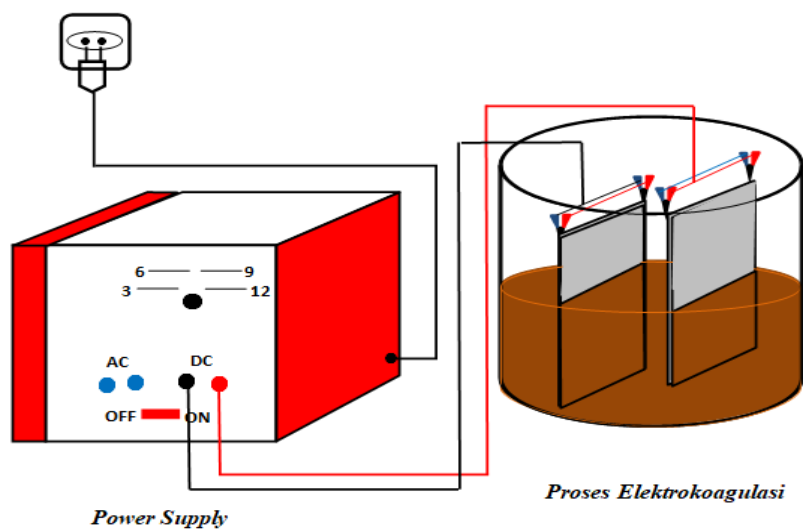
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian dan Pengujian Kualitas Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan Metode Elektrokoagulasi

3.4 Prosedur Pengambilan Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit

Pada penelitian ini sampel limbah cair kelapa sawit yang digunakan berasal dari PT. Perkebunan Nusantara IV Adolina. Limbah cair diambil dari Instalasi Pengolahan Akhir Limbah (IPAL). Sampel diambil pada titik setelah (*outlet*) pengolahan limbah sesuai dengan SNI 6989-59-2008 tentang metoda pengambilan contoh air limbah.

3.5 Prosedur Pengolahan Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Metode Elektrokoagulasi

Prosedur Pengolahan Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Metode Elektrokoagulasi yaitu:



Gambar 3.3 Proses Pengolahan Limbah Cair Menggunakan Metode Elektrokoagulasi

1. Sampel limbah cair kelapa sawit dimasukkan ke dalam beaker glass.
2. Dijepitkan plat aluminium di penyangga dengan jarak antar elektroda 2 cm.
3. Plat aluminium dihubungkan dengan kabel ke power supply.
4. Diatur tegangan pada power supply dengan memvariasikan nilai tegangan tegangan mulai dari 6, 9, dan 12 Volt.
5. Dicatat hasil data tegangan dan arus yang optimum (terbaik).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini telah dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen. Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel limbah cair kelapa sawit yang berasal dari PT. Perkebunan Nusantara IV Adolina. Limbah yang baik harus memenuhi baku mutu yang telah ditentukan agar lingkungan tidak tercemar. Dan untuk mengetahuinya sampel tersebut di uji dengan metode elektrokoagulasi dengan memvariasikan tegangan listrik.

4.1 Limbah Cair Kelapa Sawit Sebelum Dielektrokoagulasi

Data kualitas sampel limbah cair kelapa sawit PTPN IV Adolina Perbaungan Kabupaten Serdang Bedagai Provinsi Sumatera Utara sebelum dielektrokoagulasi dapat dilihat pada tabel 4.1:

Tabel 4.1 Data kualitas sampel limbah cair kelapa sawit sebelum dielektrokoagulasi

Parameter Uji	Hasil	Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Industri Minyak Sawit menurut PERMENLH RI No. 5 tahun 2014
BOD	243 mg/l	100 mg/l
COD	649 mg/l	350 mg/l
TSS	186 mg/l	250 mg/l
Minyak dan Lemak	2,0 mg/l	25 mg/l
Nitrogen Total	96,4 mg/l	50 mg/l
pH	6,82	6,0 – 9,0
Aluminium	0,38954 mg/l	-

Dari hasil analisis Tabel 4.1 menunjukkan bahwa hasil limbah cair kelapa sawit sebelum diolah dengan menggunakan metode elektrokoagulasi untuk parameter baku mutu air limbah yaitu BOD dengan nilai 243 mg/l dengan kadar maksimumnya 100 mg/l yang artinya nilai ini jauh melampaui baku mutu air limbah. COD dengan nilai 649 mg/l dengan kadar maksimumnya 350 mg/l yang artinya nilai ini jauh melampaui baku mutu air limbah. TSS dengan nilai 186 mg/l dengan kadar maksimumnya 250 mg/l yang artinya nilai ini masih termasuk

kedalam baku mutu air limbah. Minyak dan lemak dengan nilai 2,0 mg/l dengan kadar maksimumnya 25 mg/l yang artinya nilai ini masih termasuk kedalam baku mutu air limbah. Nitrogen Total dengan nilai 96,4 mg/l dengan kadar maksimumnya 50 mg/l yang artinya nilai ini jauh melampaui baku mutu air limbah. pH dengan nilai 6,82 dengan kadar maksimumnya 6,0 – 9,0 yang artinya nilai ini masih termasuk kedalam baku mutu air limbah. Untuk pengujian logam Aluminium (Al) hasil yang didapat sebesar 0,38954 mg/l dan tidak tercantum di dalam baku mutu air limbah.

4.2 Kualitas Limbah Cair Kelapa Sawit Setelah Dielektrokoagulasi Dengan Tegangan Listrik 6 Volt

Data kualitas sampel limbah cair kelapa sawit PTPN IV Adolina Perbaungan Kabupaten Serdang Bedagai Provinsi Sumatera Utara setelah dielektrokoagulasi dengan tegangan listrik 6 Volt dapat dilihat pada tabel 4.2:

Tabel 4.2 Data kualitas sampel limbah cair kelapa sawit setelah dielektrokoagulasi dengan tegangan listrik 6 Volt

Parameter Uji	Hasil	Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Industri Minyak Sawit menurut PERMENLH RI No. 5 tahun 2014
BOD	81 mg/l	100 mg/l
COD	210 mg/l	350 mg/l
TSS	10 mg/l	250 mg/l
Minyak dan Lemak	<1 mg/l	25 mg/l
Nitrogen Total	63,3 mg/l	50 mg/l
pH	8,19	6,0 – 9,0
Aluminium	0,19945 mg/l	-

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa hasil limbah cair kelapa sawit setelah diolah dengan menggunakan metode elektrokoagulasi dengan tegangan listrik 6 Volt untuk parameter baku mutu air limbah yaitu BOD dengan nilai 81 mg/l dengan kadar maksimumnya 100 mg/l yang artinya nilai ini masih dalam kadar baku mutu air limbah. COD dengan nilai 210 mg/l dengan kadar maksimumnya 350 mg/l yang artinya nilai ini masih dalam kadar baku mutu air limbah. TSS dengan nilai

10 mg/l dengan kadar maksimumnya 250 mg/l yang artinya nilai ini masih dalam kadar baku mutu air limbah. Minyak dan Lemak dengan nilai <1 mg/l dengan kadar maksimumnya 25 mg/l nilai ini masih dalam kadar baku mutu air limbah. Nitrogen Total dengan nilai 63,3 mg/l dengan kadar maksimumnya 50 mg/l yang artinya nilai ini jauh melampaui baku mutu air limbah. pH dengan nilai 8,19 dengan kadar maksimumnya 6,0 – 9,0 yang artinya nilai ini masih dalam kadar baku mutu air limbah. Untuk pengujian logam Aluminium (Al) hasil yang didapat sebesar 0,19945 mg/l dan tidak tercantum di dalam baku mutu air limbah.

4.3 Kualitas Limbah Cair Kelapa Sawit Setelah Dielektrokoagulasi dengan Tegangan Listrik 9 Volt

Data kualitas sampel limbah cair kelapa sawit PTPN IV Adolina Perbaungan Kabupaten Serdang Bedagai Provinsi Sumatera Utara setelah dielektrokoagulasi dengan tegangan listrik 9 Volt dapat dilihat pada tabel 4.3:

Tabel 4.3 Data kualitas sampel limbah cair kelapa sawit setelah dielektrokoagulasi dengan tegangan listrik 9 Volt

Parameter Uji	Hasil	Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Industri Minyak Sawit menurut PERMENLH RI No. 5 tahun 2014
BOD	69,8 mg/l	100 mg/l
COD	188 mg/l	350 mg/l
TSS	23 mg/l	250 mg/l
Minyak dan Lemak	<1 mg/l	25 mg/l
Nitrogen Total	60,5 mg/l	50 mg/l
pH	8,27	6,0 – 9,0
Aluminium	0,19877 mg/l	-

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa hasil limbah cair kelapa sawit setelah diolah dengan menggunakan metode elektrokoagulasi dengan tegangan listrik 9 Volt untuk parameter baku mutu air limbah yaitu BOD dengan nilai 69,8 mg/l dengan kadar maksimumnya 100 mg/l yang artinya nilai ini masih dalam kadar baku mutu air limbah. COD dengan nilai 188 mg/l dengan kadar maksimumnya 350 mg/l yang artinya nilai ini masih dalam kadar baku mutu air limbah. TSS dengan nilai 23 mg/l dengan kadar maksimumnya 250 mg/l yang artinya nilai ini masih dalam

kadar baku mutu air limbah. Minyak dan Lemak dengan nilai <1 mg/l dengan kadar maksimumnya 25 mg/l nilai ini masih dalam kadar baku mutu air limbah. Nitrogen Total dengan nilai 60,5 mg/l dengan kadar maksimumnya 50 mg/l yang artinya nilai ini jauh melampaui baku mutu air limbah. pH dengan nilai 8,27 dengan kadar maksimumnya 6,0 – 9,0 yang artinya nilai ini masih dalam kadar baku mutu air limbah. Untuk pengujian logam Aluminium (Al) hasil yang didapat sebesar 0,19877 mg/l dan tidak tercantum di dalam baku mutu air limbah.

4.4 Kualitas Limbah Cair Kelapa Sawit Setelah Dielektrokoagulasi Dengan Tegangan Listrik 12 Volt

Data kualitas sampel limbah cair kelapa sawit PTPN IV Adolina Perbaungan Kabupaten Serdang Bedagai Provinsi Sumatera Utara setelah dielektrokoagulasi dengan tegangan listrik 12 Volt dapat dilihat pada tabel 4.:

Tabel 4.4 Data kualitas sampel limbah cair kelapa sawit setelah dielektrokoagulasi dengan tegangan listrik 12 Volt

Parameter Uji	Hasil	Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Industri Minyak Sawit menurut PERMENLH RI No. 5 tahun 2014
BOD	42,5 mg/l	100 mg/l
COD	110 mg/l	350 mg/l
TSS	18 mg/l	250 mg/l
Minyak dan Lemak	<1 mg/l	25 mg/l
Nitrogen Total	53,1 mg/l	50 mg/l
pH	8,63	6,0 – 9,0
Aluminium	0,17066 mg/l	-

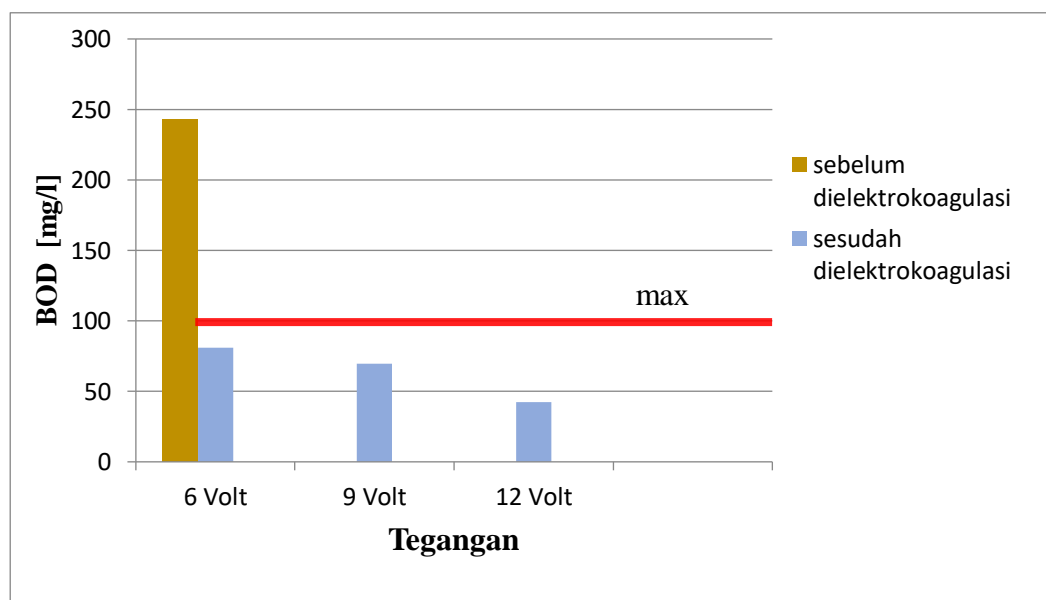
Tabel 4.4 menunjukkan bahwa hasil limbah cair kelapa sawit setelah diolah dengan menggunakan metode elektrokoagulasi dengan tegangan listrik 12 Volt untuk parameter baku mutu air limbah yaitu BOD dengan nilai 42,5 mg/l dengan kadar maksimumnya 100 mg/l yang artinya nilai ini masih dalam kadar baku mutu air limbah. COD dengan nilai 110 mg/l dengan kadar maksimumnya 350 mg/l yang artinya nilai ini masih dalam kadar baku mutu air limbah. TSS dengan nilai 18 mg/l dengan kadar maksimumnya 250 mg/l yang artinya nilai ini masih dalam kadar baku mutu air limbah. Minyak dan Lemak dengan nilai <1 mg/l dengan

kadar maksimumnya 25 mg/l nilai ini masih dalam kadar baku mutu air limbah. Nitrogen Total dengan nilai 53,1 mg/l dengan kadar maksimumnya 50 mg/l yang artinya nilai ini jauh melampaui baku mutu air limbah. pH dengan nilai 8,63 dengan kadar maksimumnya 6,0 – 9,0 yang artinya nilai ini masih dalam kadar baku mutu air limbah. Aluminium dengan nilai 0,17066 mg/l dan tidak tercantum di baku mutu air limbah.

4.5 Pembahasan Penelitian

4.5.1 Pengaruh Variasi Tegangan terhadap BOD

Biological Oxygen Demand (BOD) menunjukkan nilai jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroba untuk memecahkan atau mengoksidasi bahan-bahan pencemar yang terdapat dalam suatu perairan. Pengaruh tegangan listrik pada proses elektrokoagulasi dalam menjernihkan limbah cair kelapa sawit dengan variasi tegangan 6, 9, dan 12 Volt dapat dilihat pada grafikik:



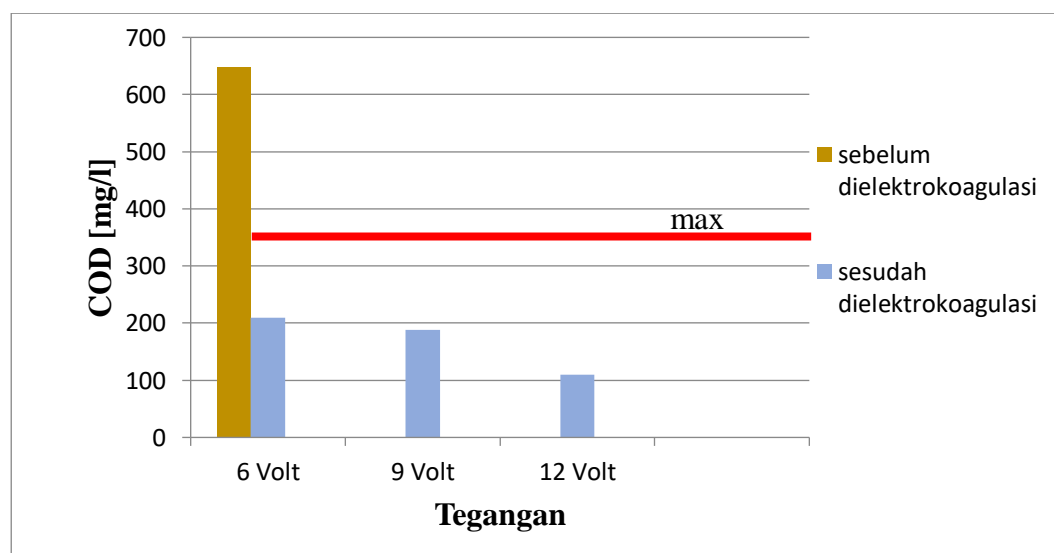
Gambar 4.1 Grafik Nilai Pengukuran BOD Sebelum dan Sesudah Dielektrokoagulasi

Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai BOD yang didapat sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi belum memenuhi baku mutu air limbah yaitu 243 mg/l. Pada tegangan 6 Volt nilai yang didapat sebesar 81 mg/l, sedangkan untuk tegangan 9 Volt dan 12 Volt nilai yang didapat yaitu sebesar 69,8 mg/l dan 42,5 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa nilai untuk parameter BOD sudah

memenuhi baku mutu air limbah untuk industri minyak sawit. Berdasarkan data diatas terlihat bahwa nilai BOD di dalam limbah cair mengalami penurunan. Hal ini disebabkan semakin tinggi nilai tegangan elektrokoagulasi yang diberikan maka nilai BOD yang diperoleh semakin rendah. Menurut penelitian Eddy Wiyanto (2014) bahwa parameter BOD yang diperoleh setelah melakukan penerapan elektrokoagulasi dalam proses penjernihan limbah cair mengalami penurunan cukup signifikan, sama halnya dengan penelitian yang dilakukan ini bahwa parameter ini sudah memenuhi PERMEN LH RI No. 1815 tahun 2014.

4.5.2 Pengaruh Variasi Tegangan terhadap COD

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan parameter yang menggambarkan nilai kandungan bahan organik dalam limbah cair baik yang *biodegradable* maupun *nonbiodegradable*, dalam bentuk terlarut maupun tersuspensi. Pengaruh tegangan listrik pada proses elektrokoagulasi dalam menjernihkan limbah cair kelapa sawit dengan variasi tegangan 6, 9, dan 12 Volt dapat dilihat pada grafik:



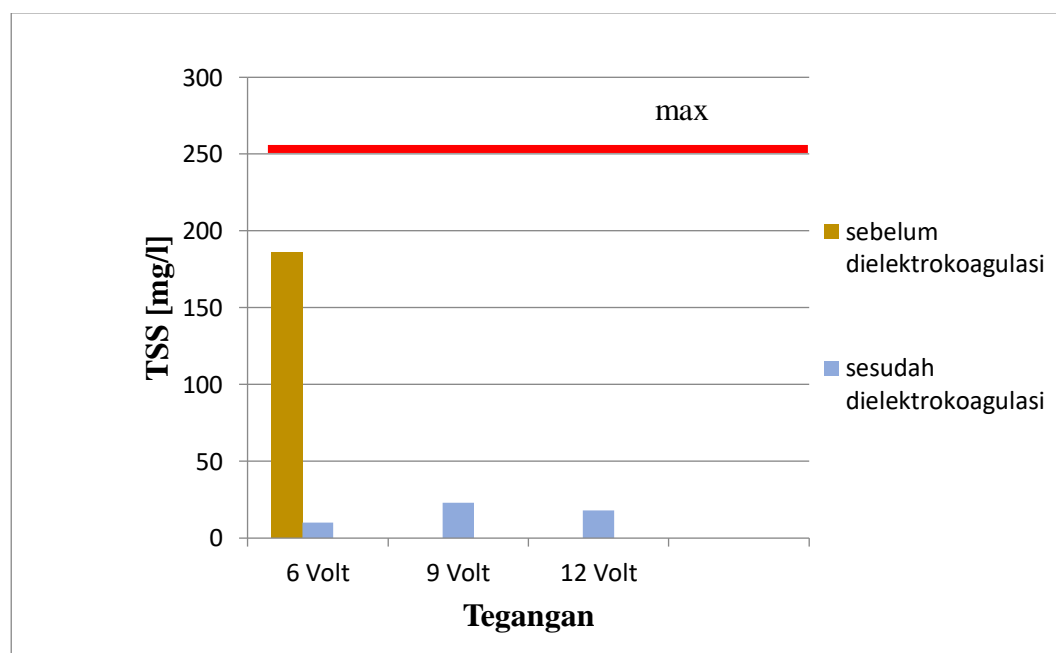
Gambar 4.2 Grafik Nilai Pengukuran COD Sebelum dan Sesudah Dielektrokoagulasi

Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai COD yang didapat sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi belum memenuhi baku mutu air limbah yaitu 649 mg/l. Pada tegangan 6 Volt nilai yang didapat sebesar 210 mg/l, sedangkan untuk tegangan 9 Volt dan 12 Volt nilai yang didapat yaitu sebesar 188 mg/l dan

110 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa nilai untuk parameter COD sudah memenuhi baku mutu air limbah untuk industri minyak sawit. Dari gambar 4.2 terlihat bahwa penurunan nilai COD semakin besar dengan peningkatan tegangan yang diberikan. Penurunan nilai COD tertinggi diperoleh pada tegangan 12 Volt dengan waktu operasi 60 menit. Turunnya nilai COD menandakan berkurangnya senyawa organik dalam limbah cair. Menurut penelitian sebelumnya pada Farida Hanum (2015) bahwa parameter COD yang diperoleh setelah melakukan proses elektrokoagulasi dengan memvariasikan tegangan mengalami penurunan pada tegangan 5 Volt pada waktu operasi 180 menit. Sama halnya dengan penelitian yang dilakukan ini bahwa parameter ini sudah memenuhi PERMEN LH RI No. 5 tahun 2014.

4.5.3 Pengaruh Variasi Tegangan terhadap TSS

Nilai TSS setelah melalui proses elektrokoagulasi mengalami penurunan dibandingkan dengan nilai awal kandungan TSS. Pengaruh tegangan listrik pada proses elektrokoagulasi dalam menjernihkan limbah cair kelapa sawit dengan variasi tegangan 6, 9, dan 12 Volt dapat dilihat pada grafik:

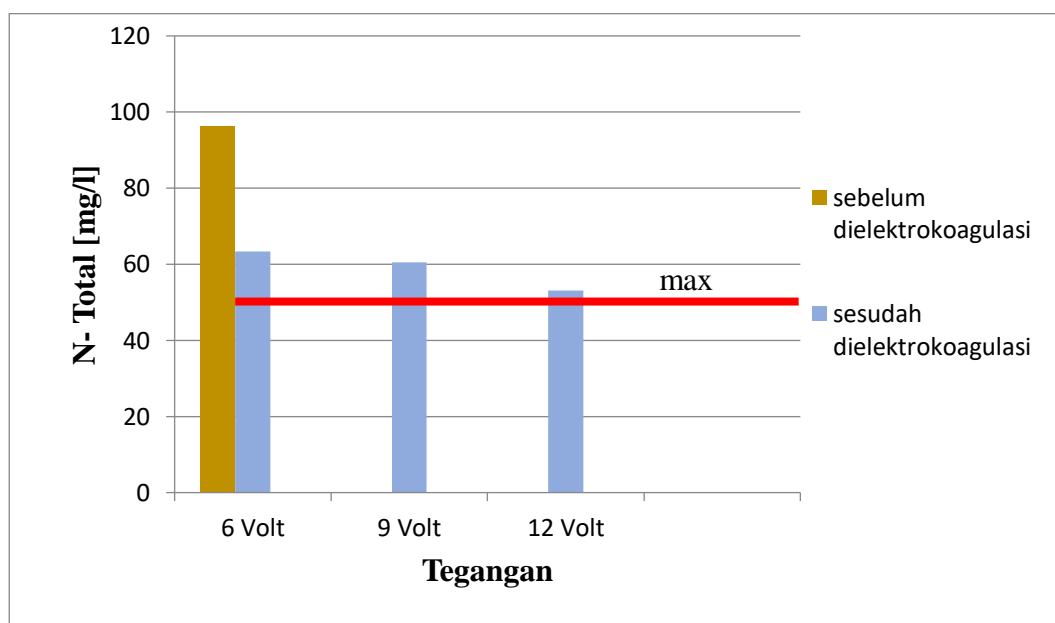


Gambar 4.3 Grafik Nilai Pengukuran TSS Sebelum dan Sesudah Dielektrokoagulasi

Grafik di atas menunjukkan bahwa TSS limbah cair kelapa sawit sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi sudah memenuhi baku mutu air limbah yaitu 186 mg/l sedangkan setelah dilakukan metode elektrokoagulasi nilai yang didapat mengalami penurunan, hal ini menunjukkan bahwa nilai untuk parameter TSS sudah memenuhi baku mutu air limbah. Penurunan TSS dikarenakan partikel-partikel yang terkandung air limbah umumnya bermuatan negatif. Ion positif dan negatif yang dihasilkan oleh elektroda akan menstabilkan partikel-partikel yang terkandung didalam limbah. Menurut penelitian Achmad Chusnun Ni'am (2017) bahwa parameter TSS yang diperoleh setelah dilakukan metode elektrokoagulasi mengalami penurunan, sama halnya dengan penelitian yang dilakukan ini bahwa nilai parameternya sudah memenuhi PERMEN LH RI No. 5 tahun 2014.

4.5.4 Pengaruh Variasi Tegangan terhadap Nitrogen Total (N-Total)

Pengaruh tegangan pada proses elektrokoagulasi dalam menjernihkan limbah cair kelapa sawit dengan variasi tegangan 6, 9, dan 12 Volt dapat dilihat pada grafik:



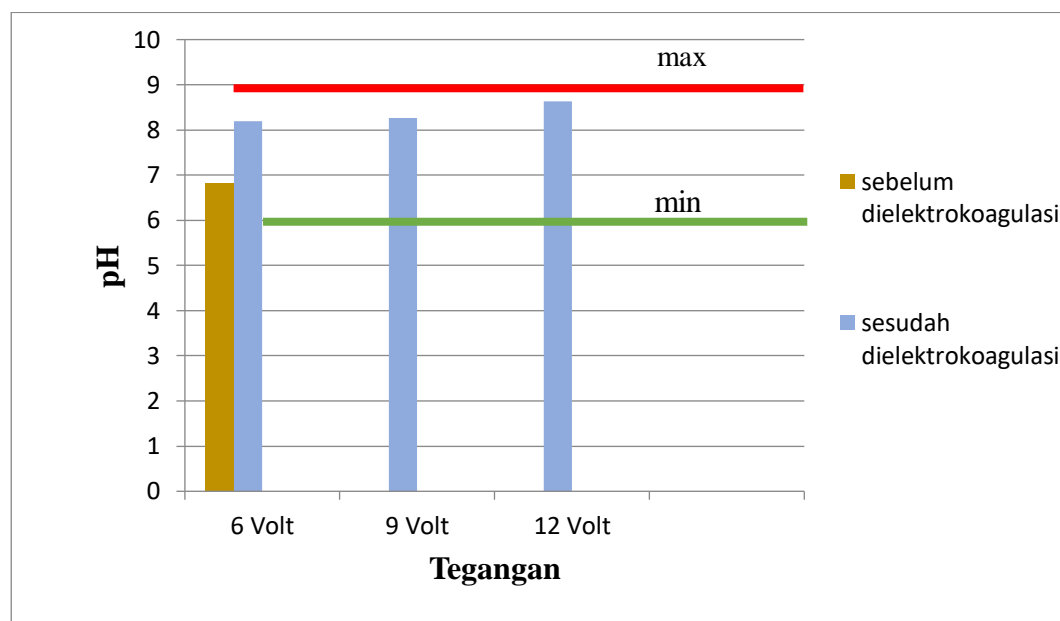
Gambar 4.4 Grafik Nilai Pengukuran N-Total Sebelum dan Sesudah Dielektrokoagulasi

Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai N-Total yang didapat sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi belum memenuhi baku mutu air limbah yaitu

96,4 mg/l sedangkan setelah dilakukan metode elektrokoagulasi nilai yang didapat sudah mengalami penurunan pada tegangan 12 Volt nilai Nitrogen total yang didapat sebesar 53,1 mg/l, dalam hal ini nilai Nitrogen Total hampir mendekati nilai baku mutu air limbah sebesar 53,1 mg/l.

4.5.5 Pengaruh Variasi Tegangan terhadap pH

Derajat Keasaman (pH) merupakan tingkat keasaman atau kebasaaan yang dimiliki suatu larutan. Pengaruh tegangan listrik pada proses elektrokoagulasi dalam menjernihkan limbah cair kelapa sawit dengan variasi tegangan 6, 9, dan 12 Volt dapat dilihat pada grafik:



Gambar 4.5 Grafik Nilai Pengukuran pH Sebelum dan Sesudah Dielektrokoagulasi

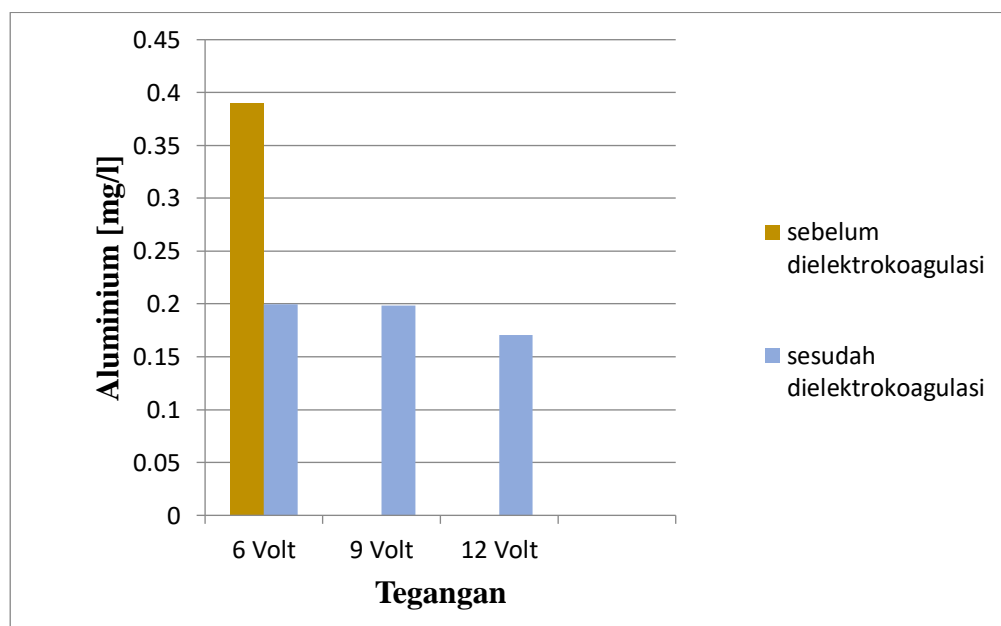
Grafik di atas menunjukkan bahwa pH limbah cair kelapa sawit sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi sudah memenuhi baku mutu air limbah yaitu 6,82 sedangkan setelah dilakukan metode elektrokoagulasi nilai yang didapat mengalami kenaikan tetapi sudah memenuhi baku mutu air limbah. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tegangan listrik yang diberikan saat proses elektrokoagulasi, maka nilai pH air limbah semakin meningkat.

Menurut penelitian Vemi Ridantami (2016) bahwa parameter pH yang diperoleh setelah melakukan proses elektrokoagulasi dengan memvariasikan

tegangan listrik mengalami kenaikan, sama halnya dengan penelitian yang dilakukan ini tetapi nilai parameternya masih memenuhi PERMEN LH RI No. 5 tahun 2014.

4.5.6 Pengaruh Variasi Tegangan terhadap Logam Aluminium

Aluminium (Al) merupakan logam ringan yang mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan hantaran listrik yang baik. Aluminium adalah salah satu logam yang baik digunakan sebagai elektroda pada metode elektrokoagulasi. Pengaruh variasi tegangan terhadap logam aluminium pada proses elektrokoagulasi limbah cair kelapa sawit dapat dilihat pada tabel 4.6:



Gambar 4.6 Grafik Nilai Pengukuran Aluminium Sebelum dan Sesudah Dielektrokoagulasi

Grafik di atas menunjukkan bahwa Logam Aluminium limbah cair kelapa sawit sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi yaitu 0,38954 mg/l sedangkan setelah dilakukan metode elektrokoagulasi dengan variasi tegangan 6, 9, dan 12 Volt mengalami penurunan dengan nilai aluminium sebesar 0,19945, 0,19877, dan 0,17066 mg/l.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang pengaruh tegangan listrik pada metode elektrokoagulasi dalam menjernihkan limbah cair kelapa sawit yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil uji sampel limbah cair kelapa sawit sebelum diterapkan metode elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium (Al) belum memenuhi baku mutu air limbah berdasarkan PERMEN LH RI No. 5 tahun 2014. Untuk parameter yang belum memenuhi baku mutu air limbah adalah BOD, COD, dan Nitrogen Total (N-Total).
2. Hasil uji sampel limbah cair kelapa sawit setelah diterapkan metode elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium (Al) dengan variasi tegangan listrik 6, 9, dan 12 Volt telah memenuhi baku mutu air limbah berdasarkan PERMEN LH No. 5 tahun 2014 kecuali pada parameter Nitrogen Total (N-Total).
3. Tegangan listrik memberikan pengaruh yang signifikan terhadap proses penjernihan limbah cair kelapa sawit menggunakan metode elektrokoagulasi. Hal ini ditunjukkan dengan semakin tinggi nilai tegangan yang diberikan maka nilai BOD, COD, dan Nitrogen total yang diperoleh mengalami penurunan serta proses elektrokoagulasi menjadi lebih singkat.

5.2 Saran

Berikut ini adalah beberapa hal yang dapat disarankan terkait penelitian ini:

1. Peneliti selanjutnya hendaknya menambah variasi jarak dan waktu pada proses elektrokoagulasi agar diperoleh hasil yang lebih baik.
2. Peneliti selanjutnya hendaknya dilakukan dalam skala besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Ananda, Eka Resky, Dedy Irawan, Siti Dwi Wahyuni, Anom Dwi Kusuma, Joko Budiarto, dan Rahmat Hidayat. 2018. *Pembuatan Alat Pengolahan Limbah Cair dengan Metode Elektrokoagulasi untuk Industri Tahu Kota Samarinda*. Jurnal Teknologi Terpadu. Vol 6. No 1: Hal 56
- Anggraini, Rani. 2018. *Kajian Potensi Energi dan Reduksi Emisi Gas Rumah Kaca dari Pengolahan Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit dan Kotoran Sapi pada Integrasi Kelapa Sawit-Sapi* [Skripsi]. Lampung: Universitas Lampung.
- Fauzi, Yan, Yustina E. Widyastuti Iman Satyawibawa, dan Rudi H. Paeru. 2012. *Kelapa Sawit*. Jakarta: Penebar Swidaya.
- Hanum, Farida, Rondang Tambun, M. Yusuf Ritonga, dan William Wardhana Kasim. 2015. *Aplikasi Elektokoagulasi dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit*. Jurnal Teknik Kimia USU. Vol 4(4):Hal 13-16.
- Irawati, Utami, Umi Baroroh Lili Utami, dan Hanifa Muslima. 2011. *Pengolahan Limbah Cair Sasirangan Menggunakan Filter Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Berlapiskan Kitosan Setelah Koagulasi dengan FeSO₄*. Jurnal Sains dan Terapan Kimia. Vol 5. No 1: Hal 34-44.
- Muliyana, Ria. 2019. *Upaya Penurunan Kadar Logam Berat Air Menggunakan Metode Elektrokoagulasi Untuk Menghasilkan Air Bersih* [Skripsi]. Medan: UIN SU.
- Ni'am, Achmad Chusnun, Jenny Caroline, dan M. Haris Afandi. 2017. *Variasi Jumlah Elektroda Dan Besar Tegangan Dalam Menurunkan Kandungan COD Dan TSS Limbah Cair Tekstil Dengan Metode Elektrokoagulasi*. Jurnal Teknik Lingkungan. Vol 3. No 1: Hal 21-26.

- Ningsih, Dwi Agustiang. 2017. *Uji Penurunan Kandungan BOD, COD, dan Warna Pada Limbah Cair Pewarnaan Batik Menggunakan Scirpus Grossus dan Iris Pseudacorus dengan Sistem Pemaparan Intermittent* [Skripsi]. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Pratiwi, Dian. 2013. *Pengolahan Limbah Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis Jacq). Di Sungai Bahaur Estate, Bumitama Gunajaya Agro, Kalimantan Tengah* [Skripsi]. Bogor: IPB.
- Prayitno, Vemi Rindatami, dan Imam Prayogo. 2016. *Reduksi Aktivitas Uranium Dalam Limbah Radioaktif Cair Menggunakan Proses Elektrokoagulasi*. Jurnal Sains Teknologi Akselerator. Vol 22. No 3: Hal 192.
- Pujiastuti, Ike. 2010. *Perbedaan Kadar BOD₅ Dan COD Limbah Cair Sebelum Dan Sesudah Pengolahan Di RSUD Karanganyar* [Skripsi]. Surakarta: UNS.
- Pulungan, Anis Syafira. 2017. *Analisis Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit Di Pabrik Pt. X Tahun 2017* [Skripsi]. Medan: USU.
- Ridantami, Vemi, Bangun Wasito, dan Prayitno Prayitno. 2016. *Pengaruh Tegangan Dan Waktu Pada Pengolahan Limbah Radioaktif Uranium Dan Torium Dengan Proses Elektrokoagulasi*. Jurnal Forum Niklir (JFN). Vol 10. No 2: Hal 106.
- Saputra, Edy dan Farida Hanum. 2016. *Pengaruh Jarak Antara Elektroda Pada Reaktor Elektrokoagulasi Terhadap Pengolahan Effluent Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit*. Jurnal Teknik Kimia USU. Vol 5. No 4: Hal 33-35.
- Sulistia, Susi dan Alifya Cahaya Septisya. 2019. *Analisis Kualitas Air Limbah Domestik Perkantoran*. Jurnal Analisis Kualitas Air. Vol 12. No 1: Hal 41-57.
- Susilawati. 2012. *Pengolahan Limbah Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis Jacq). Di Teluk Siak Estate PT Aneka Intipersada, Minamas Plantation, Riau* [Skripsi]. Bogor: IPB.

Wiyanto, Eddy, Budi Harsosno, Amelia Makmur, Rudy Pangputra, Julita, dan Mario Stefanus Kurniawan. 2014. *Penerapan Elektrokoagulasi Dalam Proses Penjernihan Limbah Cair*. Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer. Vol 12. No 1: Hal 19-36.

LAMPIRAN 1
PERMEN LH RI NO 5 TAHUN 2014



SALINAN

-1-

PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA

NOMOR 5 TAHUN 2014

TENTANG

BAKU MUTU AIR LIMBAH

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA,

- Menimbang** : bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 20 ayat (5) huruf b, Undang-Undang nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, perlu menetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup tentang Pengelolaan Baku Mutu Air Limbah;
- Mengingat** : 1. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Republik Indonesia tahun 2009 nomor 140);
2. Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran dan/atau Perusakan Laut (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999 Nomor 32, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3816);
3. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2001 Nomor 153, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4161);
4. Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2007 tentang Pembagian Urusan Pemerintahan Antara Pemerintah, Pemerintah Daerah Provinsi, dan Pemerintah Daerah Kabupaten/Kota (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 82, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 4737);
5. Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2012 tentang Izin Lingkungan (Lembaran Negara Republik Indonesia tahun 2012 nomor 48);

-20-

LAMPIRAN III
 PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP
 REPUBLIK INDONESIA
 NOMOR 5 TAHUN 2014
 TENTANG
 BAKU MUTU AIR LIMBAH

BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN
 INDUSTRI MINYAK SAWIT

Parameter	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)
BOD ₅	100	0,25
COD	350	0,88
TSS	250	0,63
Minyak dan Lemak	25	0,063
Nitrogen Total (sebagai N)	50	0,125
pH	6,0 - 9,0	
Debit limbah paling tinggi	2,5 m ³ per ton produk minyak sawit (CPO)	

Catatan:

1. Kadar paling tinggi untuk setiap parameter pada tabel di atas dinyatakan dalam miligram parameter per liter air limbah.
2. Beban pencemaran paling tinggi untuk setiap parameter pada tabel di atas dinyatakan dalam kg parameter per ton produk minyak sawit (CPO).
3. Nitrogen Total = Nitrogen Organik + Amonia Total + NO₃ + NO₂.

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP
 REPUBLIK INDONESIA,

ttd

BALTHASAR KAMBUAYA

Salinan sesuai dengan aslinya
 Kepala Biro Hukum dan Humas

Rosa Vivien Ratnawati

LAMPIRAN 2
SNI 6989-58-2008
METODE PENGAMBILAN CONTOH AIR LIMBAH

SNI 6989.59:2008

4 Peralatan

4.1 Alat pengambil contoh

4.1.1 Persyaratan alat pengambil contoh

Alat pengambil contoh harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

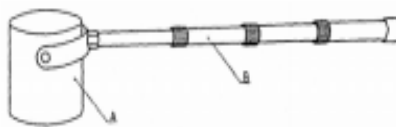
- a) terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat contoh;
- b) mudah dicuci dari bekas contoh sebelumnya;
- c) contoh mudah dipindahkan ke dalam botol penampung tanpa ada sisa bahan tersuspensi di dalamnya;
- d) mudah dan aman di bawa;
- e) kapasitas alat tergantung dari tujuan pengujian.

4.1.2 Jenis alat pengambil contoh

- a) Alat pengambil contoh sederhana

Alat pengambil contoh sederhana dapat berupa ember plastik yang dilengkapi dengan tali atau gayung plastik yang bertangkai panjang.

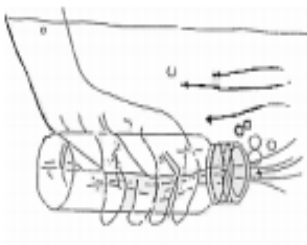
CATATAN Dalam praktiknya, alat sederhana ini paling sering digunakan dan dipakai untuk mengambil air permukaan atau air sungai kecil yang relatif dangkal.



Keterangan gambar:

- A adalah pengambil contoh terbuat dari polietilen
- B adalah *handle* (tipe teleskopi yang terbuat dari aluminium atau stanlestit)

Gambar 1 Contoh alat pengambil contoh gayung bertangkai panjang



Gambar 2 Contoh botol biasa secara langsung

LAMPIRAN 3
DATA KUALITAS SAMPEL LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT

1. Data Kualitas Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit Sebelum Dielektrokoagulasi



PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
UPT LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jln. H.M. Said No. 25 Telepon : (061) 4514828 Fax : (061) 4514828 Fax : (061) 4514910, Medan



SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

Nomor: 840 /Dis.LHSU-UPT.LL/C/IX/2020

Nama Pelanggan : **LANSARI DAULAY**
Alamat Pelanggan : Jl. H.M Said, Gg. Mesjid No. 11 Medan
No. Telp : 0822-9410-3575
Personil Penghubung : Lansari Daulay
Identifikasi Sampel : **AIR LIMBAH**
- Outlet

Tanggal diterima : 08 September 2020
Tanggal Pengujian : 08 September s/d 14 September 2020

Pengambilan Sampel : Oleh Pelanggan

Informasi Hasil Pengujian Sampel

Air Limbah

No	Parameter	Hasil Analisa	Satuan	Acuan Metode
		Outlet		
1.	pH	6,82		SNI 06-6989.11-2004
2.	BOD ✓	243	mg/L	SNI 6989.72-2009
3.	COD ✓	649	mg/L	SNI 6989.2-2009
4.	TSS	186	mg/L	SNI 06-6989.3-2004
5.	Minyak & Lemak	2,0	mg/L	SNI 6989.10-2011
6.	N-Total ✓	96,4	mg/L	Hach Method 10072

Catatan : 1. Hasil yang ditampilkan hanya berhubungan dengan contoh yang di uji.
2. Laporan hasil pengujian tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya
Dan atas persetujuan tertulis dari laboratorium.

Medan, 14 September 2020
UPT LABORATORIUM LINGKUNGAN
Dis. LH PROVINSI SUMATERA UTARA
KEPALA

ABNER TARIGAN, ST, M.Si
PEMBINA
NIP.196711261999031001

2. Data Kualitas Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit Setelah Dielektrokoagulasi Dengan Tegangan Listrik 6 Volt dan 12 Volt



PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
UPT LABORATORIUM LINGKUNGAN



Jln. H.M. Said No. 25 Telepon : (061) 4514828 Fax : (061) 4514828 Fax : (061) 4514910, Medan

SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

Nomor: 1012 /Dis.LHSU-UPT.LL/C/XI/2020

Nama Pelanggan : LANSARI
 Alamat Pelanggan : Jl. HM. Said Gg. Masjid, No. 11
 No. Telp : 0822-9410-3575
 Personil Penghubung : Lansari
 Identifikasi Sampel : AIR LIMBAH
 - Outlet 01
 - Outlet 02
 Tanggal diterima : 10 November 2020
 Tanggal Pengujian : 10 November s/d 16 November 2020

Pengambilan Sampel : Oleh Pelanggan

Informasi Hasil Pengujian Sampel

Air Limbah

No	Parameter	Hasil Analisa		Satuan	Acuan Metode
		Outlet 01	Outlet 02		
1.	pH	8,19	8,63		SNI 06-6989.11-2004
2.	TSS	10	18	mg/L	SNI 06-6989.3-2004
3.	Minyak & Lemak	<1	<1	mg/L	SNI 6989.10-2011
4.	COD	210	110	mg/L	SNI 6989.2-2009
5.	BOD	81	42,5	mg/L	SNI 6989.72-2009
6.	N-Total	63,3	53,1	mg/L	Hach Method 10072

Catatan : 1. Hasil yang ditampilkan hanya berhubungan dengan contoh yang di uji.
 2. Laporan hasil pengujian tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya
 Dan atas persetujuan tertulis dari laboratorium

Medan, 16 November 2020

UPT LABORATORIUM LINGKUNGAN
Dis. LH PROVINSI SUMATERA UTARA
KEPALA

ABNER TARIGAN, ST, M.Si

PEMBINA

NIP.196711261999031001

3. Data Kualitas Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit Setelah Dielektrokoagulasi
Dengan Tegangan Listrik 9 Volt



**PEMERINTAH PROVINSI SUMATERA UTARA
DINAS LINGKUNGAN HIDUP
UPT LABORATORIUM LINGKUNGAN**

Jln. H.M. Said No. 25 Telepon : (061) 4514828 Fax : (061) 4514828 Fax : (061) 4514910, Medan



Komite Akreditasi Nasional
LP-1274-IDN

SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

Nomor: 1011 /Dis.LHSU-UPT.LL/C/XI/2020

Nama Pelanggan : **IRMAWATI KOTO**
 Alamat Pelanggan : Jl. Bambu Gg. Kenanga, Psr IV, Helvetia
 No. Telp : 0812-6331-4053
 Personil Penghubung : Irmawati Koto
 Identifikasi Sampel : **AIR LIMBAH**
 - Outlet 01
 - Outlet 02
 - Outlet 03

Tanggal diterima : 10 November 2020
 Tanggal Pengujian : 10 November s/d 16 November 2020




Pengambilan Sampel : Oleh Pelanggan

Informasi Hasil Pengujian Sampel

Air Limbah


No	Parameter	Hasil Analisa		Satuan	Acuan Metode
		Outlet 01	Outlet 02		
1.	pH	8,27	8,17		SNI 06-6989.11-2004
2.	TSS	23	15	mg/L	SNI 06-6989.3-2004
3.	Minyak & Lemak	<1	<1	mg/L	SNI 6989.10-2011
4.	COD	188	178	mg/L	SNI 6989.2-2009
5.	BOD	69,8	66,8	mg/L	SNI 6989.72-2009
6.	N-Total	60,5	41,5	mg/L	Hach/Method 10072

4. Data Nilai Pengukuran Aluminium Sebelum Dielektrokoagulasi


KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA		DIREKTORAT JENDERAL		PENCEGAHAN DAN PENGENDALIAN PENYAKIT	
BALAI TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PENGENDALIAN PENYAKIT		(BTKLPP) KELAS I MEDAN			
Jalan K.H. Wahid Hasyim 15 Medan 20154 Telp. (061) 4512305, Fax (061) 4521053 E-mail: btklppmdn@yahoo.co.id. Website : www.btklppmedan.or.id					
F/BTKL-MDN/5.10.1.F		LAPORAN HASIL UJI		Hal. 1 dari 3 hal	
		K/ /			
Pengujian Instalasi Laboratorium Kimia					
No Contoh Uji	: 2020-01530-K				
Jenis Contoh Uji	: Limbah Cair				
Asal Contoh Uji	: Lansari Daulay, Jl. HM Said Gang Mesjid No. 11, Durian, Medan Timur, Medan, Sumatera Utara,				
Pengambil contoh uji	: Pelanggan				
Tgl. diambil/diterima	: 11-11-2020 / 12-11-2020				
Tgl. Pengujian	: 13-11-2020 s/d 27-11-2020				
Uraian	:				
2020-01530-K	: Sampel Outlet 1 - PTPN IV Adolina, Batang Terap, Perbaungan, Serdang Bedagai, Sumatera Utara				
No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji	
1	Aluminium	mg/L	0,38954	APHA 3120B, 22nd ed.2012	
2	Seng	mg/L	2,00581	APHA 3120B, 22nd ed.2012	
3	Besi	mg/L	1,02665	APHA 3120B, 22nd ed.2012	
Keterangan:					
*): Parameter Terakreditasi					
Catatan: 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.					
2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BTKLPP Kelas I Medan kecuali secara lengkap.					
 Mengetahui, Kepala Seksi PTL (Al Fattah Faisal M, S.Si, M.Kes) NIP : 97003162001121001			Medan, 30-11-2020 An. Kepala Instalasi Laboratorium Kimia  (Aminah Asrah Siragar, S.Si) NIP : 198611112009122004		

5. Data Nilai Pengukuran Aluminium Setelah Dielektrokoagulasi Dengan Tegangan 6 Volt

AL - 6 Volt



KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
DIREKTORAT JENDERAL
PENCEGAHAN DAN PENGENDALIAN PENYAKIT
BALAI TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PENGENDALIAN PENYAKIT
(BTKLPP) KELAS I MEDAN
 Jalan K.H. Wahid Hasyim 15 Medan 20154
 Telp. (061) 4512305, Fax (061) 4521053
 E-mail: btklppmdn@yahoo.co.id. Website : www.btklppmedan.or.id



F/BTKL-MDN/5.10.1.F

LAPORAN HASIL UJI
K/ /

Hal. 2 dari 3 hal

Pengujian Instalasi Laboratorium Kimia


No Contoh Uji : 2020-01531-K
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair
 Asal Contoh Uji : Lansari Daulay, Jl. HM Said Gang Mesjid No. 11, Durian, Medan Timur, Medan, Sumatera Utara,
 Pengambil contoh uji : Pelanggan
 Tgl. diambil/diterima : 11-11-2020 / 12-11-2020
 Tgl. Pengujian : 13-11-2020 s/d 27-11-2020
 Uraian :
 2020-01531-K : Sampel Outlet 2 - PTPN IV Adolina, Batang Terap, Perbaungan, Serdang Bedagai, Sumatera Utara

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji
1	Aluminium	mg/L	0,19945	APHA 3120B, 22nd ed.2012

Keterangan:
 *) : Parameter Terakreditasi

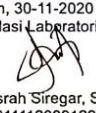
Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
 2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BTKLPP Kelas I Medan kecuali secara lengkap.

Mengetahui,
Kepala Seksi PTL






(Al Fattah Faisal M. S.Si, M.Kes)
NIP : 187003162001121001

Medan, 30-11-2020 ✓
An. Kepala Instalasi Laboratorium Kimia


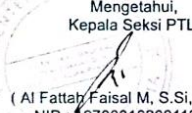



(Aminah Asrah Siregar, S.Si)
NIP : 198611112009122004

6. Data Nilai Pengukuran Aluminium Setelah Dielektrokoagulasi Dengan Tegangan 9 Volt

 KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA DIREKTORAT JENDERAL PENCEGAHAN DAN PENGENDALIAN PENYAKIT BALAI TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PENGENDALIAN PENYAKIT (BTKLPP) KELAS I MEDAN Jalan K.H. Wahid Hasyim 15 Medan 20154 Telp. (061) 4512305, Fax (061) 4521053 E-mail: btklppmdn@yahoo.co.id. Website : www.btklppmedan.or.id				
F/BTKL-MDN/5.10.1.F		LAPORAN HASIL UJI		Hal. 1 dari 3 hal
K/ /				
Pengujian Instalasi Laboratorium Kimia				
No Contoh Uji	: 2020-01527-K			
Jenis Contoh Uji	: Limbah Cair			
Asal Contoh Uji	: Irmawati Koto, Jl. Bambu Gg Kenanga Pasar IV, Helvetia, Medan Helvetia, Medan, Sumatera Utara,			
Pengambil contoh uji	: Pelanggan			
Tgl. diambil/diterima	: 11-11-2020 / 12-11-2020			
Tgl. Pengujian	: 12-11-2020 s/d 27-11-2020			
Uraian	:			
2020-01527-K	: Sampel Outlet 1 - PTPN IV Adolina, Batang Terap, Perbaungan, Serdang Bedagai, Sumatera Utara			
No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji
1	Aluminium	mg/L	0,19877	APHA 3120B, 22nd ed.2012
Keterangan:				
*): Parameter Terakreditasi				
Catatan: 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji. 2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BTKLPP Kelas I Medan kecuali secara lengkap.				
 Mengetahui, Kepala Seksi PTL (Al Fattah Faisal M, S.Si, M.Kes) NIP : 197003162001121001		Medan, 30-11-2020 An. Kepala Instalasi Laboratorium Kimia  (Aminah Asrah Siregar, S.Si) NIP : 198611112009122004		

7. Data Nilai Pengukuran Aluminium Setelah Dielektrokoagulasi Dengan Tegangan 12 Volt

 KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA DIREKTORAT JENDERAL PENCEGAHAN DAN PENGENDALIAN PENYAKIT BALAI TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PENGENDALIAN PENYAKIT (BTKLPP) KELAS I MEDAN Jalan K.H. Wahid Hasyim 15 Medan 20154 Telp. (061) 4512305, Fax (061) 4521053 E-mail: btklppmdn@yahoo.co.id. Website : www.btklppmedan.or.id				
F/BTKL-MDN/5.10.1.F	LAPORAN HASIL UJI			Hal. 3 dari 3 hal
K/ /				
Pengujian Instalasi Laboratorium Kimia				
No Contoh Uji	: 2020-01532-K			
Jenis Contoh Uji	: Limbah Cair			
Asal Contoh Uji	: Lansari Daulay, Jl. HM Said Gang Mesjid No. 11, Durian, Medan Timur, Medan, Sumatera Utara,			
Pengambil contoh uji	: Pelanggan			
Tgl. diambil/diterima	: 11-11-2020 / 12-11-2020			
Tgl. Pengujian	: 13-11-2020 s/d 27-11-2020			
Uraian	:			
2020-01532-K	: Sampel Outlet 3 - PTPN IV Adolina, Batang Terap, Perbaungan, Serdang Bedagai, Sumatera Utara			
No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji
1	Aluminium	mg/L	0,17066	APHA 3120B, 22nd ed.2012
Keterangan:				
*): Parameter Terakreditasi				
Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji. 2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BTKLPP Kelas I Medan kecuali secara lengkap.				
 Mengetahui, Kepala Seksi PTL (Al Fattah Faisal M, S.Si, M.Kes) NIP : 197003162001121001		Medan, 30-11-2020 An. Kepala Instalasi Laboratorium Kimia  (Aminah Asrah Siregar, S.Si) NIP : 198611112009122004		

LAMPIRAN 4
GAMBAR ALAT PENELITIAN



Gambar Power Supply Adaptor



Gambar Multimeter



Gambar Kabel Penghubung



Gambar Stopwatch



Gambar Beaker Glass 500 ml



Gambar Kertas Saring

LAMPIRAN 5
GAMBAR BAHAN PENELITIAN



Gambar Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit



Gambar Pelat Aluminium

LAMPIRAN 6

PROSES ELEKTROKOAGULASI

1. Proses Elektokoagulasi Limbah Cair Kelapa Sawit Variasi Tegangan 6 Volt



Gambar proses elektokoagulasi



Gambar Kotoran Limbah

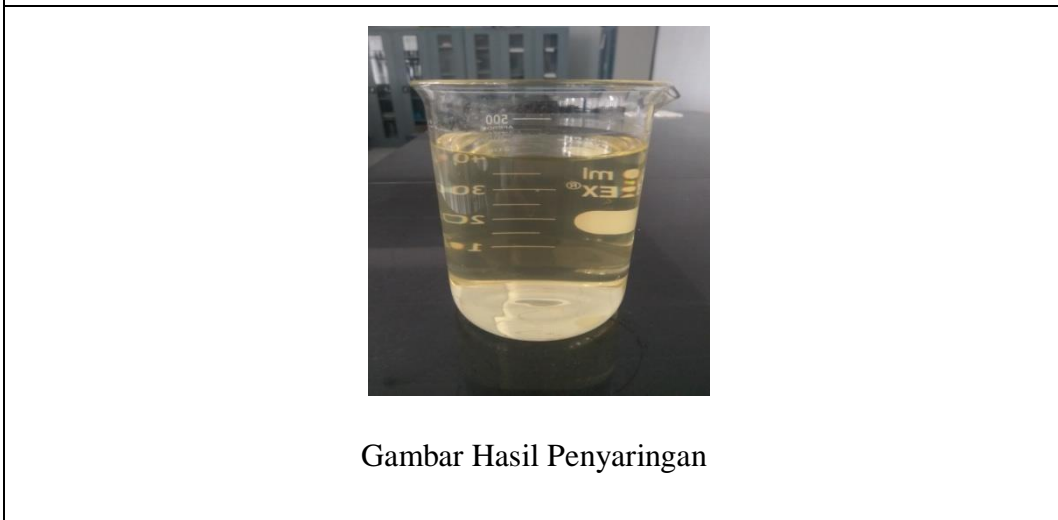
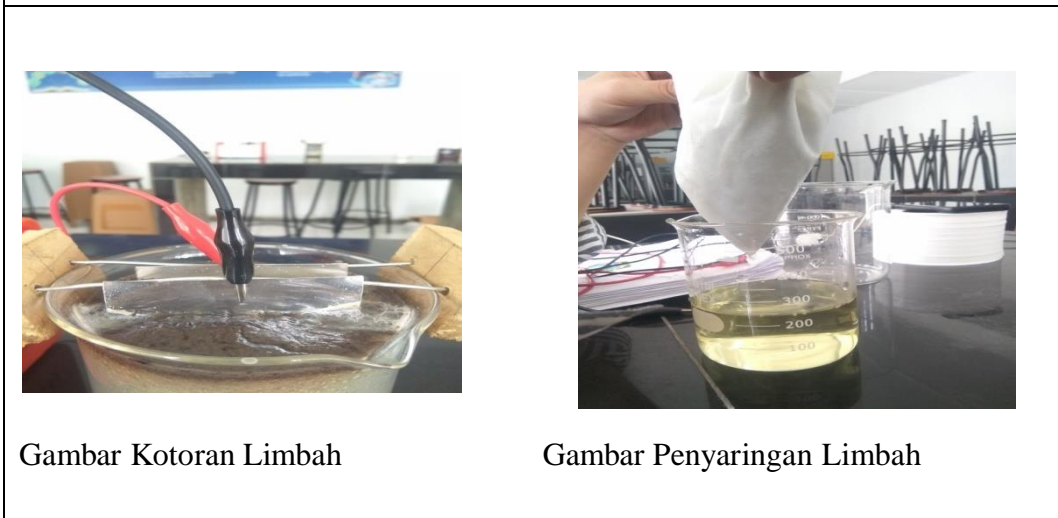
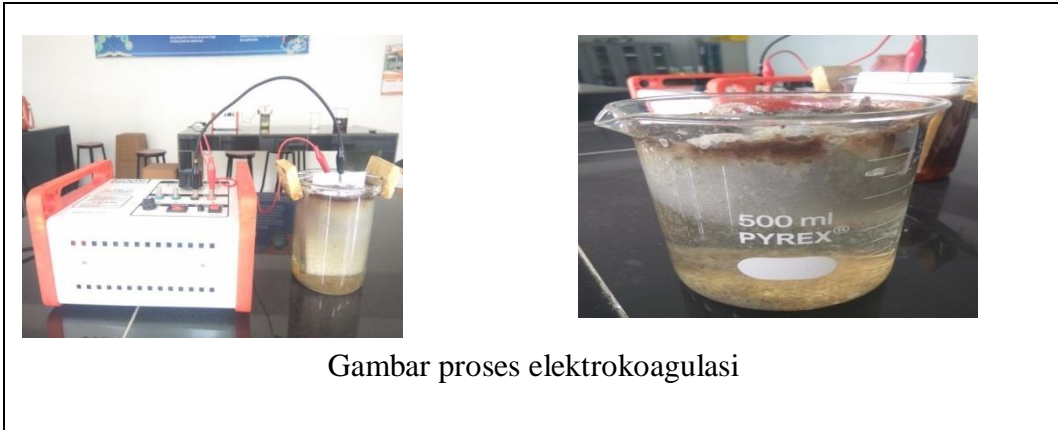


Gambar Penyaringan Limbah

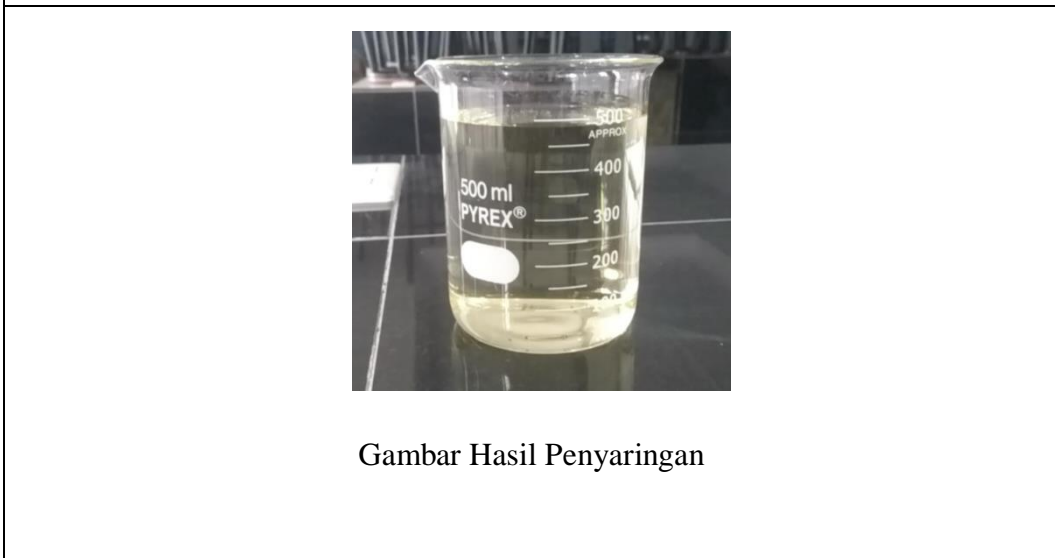
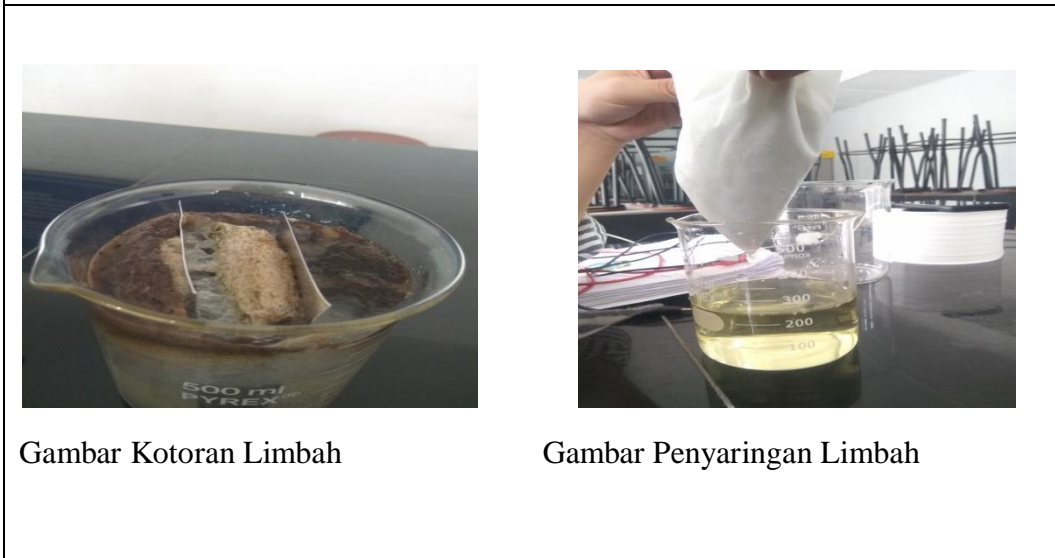
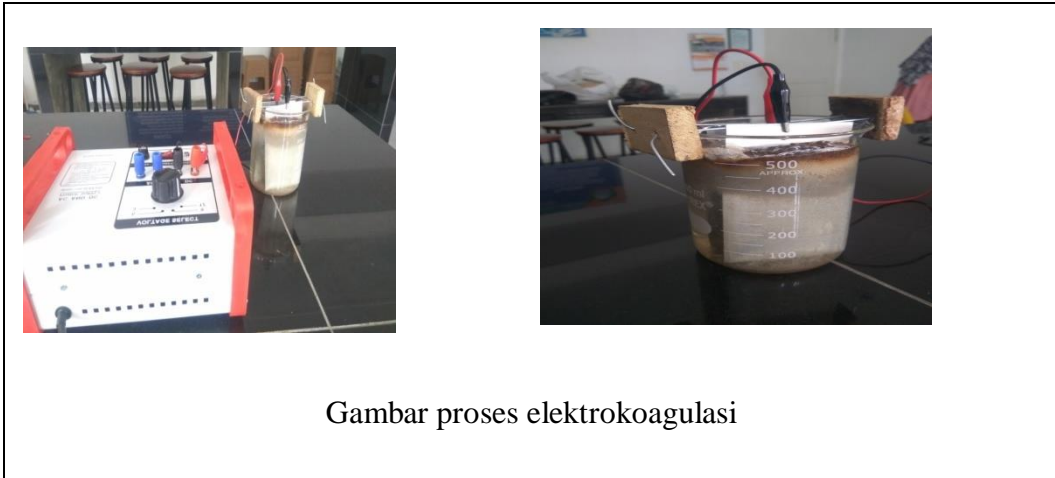


Gambar Hasil Penyaringan

2. Proses Elektokoagulasi Limbah Cair Kelapa Sawit Variasi Tegangan 9 Volt



3. Proses Elektokoagulasi Limbah Cair Kelapa Sawit Variasi Tegangan 12 Volt



LAMPIRAN 7
GAMBAR LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT



Gambar Kondisi Limbah Cair Kelapa Sawit



Gambar Sebelum Dielektrokoagulasi



Gambar Setelah Dielektrokoagulasi