

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT DENGAN  
MEMVARIASIKAN ELEKTRODA MELALUI PROSES  
ELEKTROKOAGULASI**

**SKRIPSI**

**IRMAWATI KOTO**

**0705163048**



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

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT DENGAN  
MEMVARIASIKAN ELEKTRODA MELALUI PROSES  
ELEKTROKOAGULASI**

**SKRIPSI**

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

**IRMAWATI KOTO**

**0705163048**



**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                  | : Irmawati Koto  |
| Nomor Induk Mahasiswa | : 0705163048   |
| Program Studi         | : Fisika   |
| Judul                 | : Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit<br>Dengan Memvariasikan Elektroda Melalui<br>Proses Elektrokoagulasi |

dapat disetujui untuk segera di *munaqasyahkan*. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*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.

Masthura, M.Si.

NIP. 198111062005011003

NIB. 1100000069

## **SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Irmawati Koto  
Nomor Induk Mahasiswa : 0705163048  
Program Studi : Fisika  
Judul : Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit  
Dengan Memvariasikan Elektroda Melalui  
Proses Elektrokoagulasi

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

Irmawati Koto  
NIM. 0705163048



**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](mailto:saintek@uinsu.ac.id)

**PENGESAHANSKRIPSI**

Nomor:066/ST/ST.V/PP.01.1/01/2021

Judul : Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan  
Memvariasikan Elektroda Melalui Proses  
Elektrokoagulasi  
Nama : Irmawati Koto  
Nomor Induk Mahasiswa : 0705163048  
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

Penguji I, DewanPenguji, Penguji II,

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

Masthura, M.Si.  
NIB. 1100000069

Penguji III, Penguji IV,

EtyJumiati, S.Pd.,M.Si.  
NIB.1100000072

Ratni Sirait, M.Pd  
NIB.1100000071

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

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

# **PENGOLAHAN LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT DENGAN MEMVARIASIKAN ELEKTRODA MELALUI PROSES ELEKTROKOAGULASI**

## **ABSTRAK**

Telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk: (i) Mengetahui hasil uji sampel limbah cair kelapa sawit sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi, (ii) Mengetahui hasil uji sampel limbah cair kelapa sawit setelah dilakukan proses elektrokoagulasi, (iii) Mengetahui pengaruh variasi elektroda yang digunakan pada pengolahan limbah cair kelapa sawit dengan metode elektrokoagulasi. Penelitian ini menggunakan limbah cair kelapa sawit yang berasal dari PTPN IV Adolina Perbaungan Kabupaten Serdang Bedagai Provinsi Sumatera Utara dengan memvariasikan elektroda melalui proses elektrokoagulasi. 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 (N-Total), pH, Aluminium (Al), Seng (Zn), dan Besi (Fe). Hasil uji sampel limbah cair kelapa sawit sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi sudah memenuhi standar baku mutu air limbah berdasarkan PERMEN LH RI Nomor 5 Tahun 2014 pada beberapa parameter yaitu TSS, Minyak dan Lemak, serta pH. Parameter yang belum memenuhi adalah BOD, COD, dan Nitrogen Total (N-Total). Hasil uji sampel limbah cair kelapa sawit setelah dilakukan proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda Aluminium (Al), Seng (Zn), dan Besi (Fe) sudah memenuhi standar baku mutu air limbah berdasarkan PERMEN LH RI Nomor 5 Tahun 2014, kecuali pada parameter Nitrogen Total (Elektroda Aluminium (Al) dan Besi (Fe)) dan parameter BOD (Elektroda Fe). Dari ketiga variasi elektroda yang digunakan diperoleh bahwa elektroda Seng (Zn) yang memberikan pengaruh yang lebih signifikan terhadap pemenuhan standar baku mutu air limbah pada proses elektrokoagulasi dibandingkan dengan elektroda Aluminium (Al) dan Besi (Fe).

**Kata-kata kunci:** Aluminium (Al), Besi (Fe), Elektrokoagulasi, dan Seng (Zn)

## **OIL PALM WASTEWATER TREATMENT BY VARYING THE ELECTRODES THROUGH AN ELECTROCOAGULATION PROCESS**

### **ABSTRACT**

*Research has been carried out that aims to: (i) Determine the results of oil palm liquid waste samples before the electrocoagulation process is carried out, (ii) Determine the results of oil palm liquid waste sample tests after elektrocoagulation processes, (iii) Determine the effect of the variation of the electrodes used in oil palm liquid waste treatment using the elektrokoagulation method. his study used palm oil liquid waste from PTPN IV Adolina Perbaungan, Serdang Bedagai Regency, North Sumatra by varying the electrodes through the electrocoagulation process. The electrocoagulation process was carried out for 60 minutes with a distance between the electrodes of cm. The parameters tested were BOD, COD, TSS, Oil and Fats, Total Nitrogen (N-Total), pH, Aluminium (Al), Zinc (Zn), and Besi (Fe). The results of the oil palm liquid waste samples test before the electrocoagulation method met the waste water quality standards based on the PERMEN LH RI Number 5 Year 2014 on several parameters, namely TSS, Oil and Fat, and pH. Parameters that have not met are BOD, COD, and Total Nitrogen (N-Total). The results of the oil palm liquid waste samples test after electrocoagulation using Aluminium (Al), Seng (Zn), and Iron (Fe) electrodes have met the quality standards for waste water based on PERMEN LH RI Number 5 of Year 2014, except for the Total Nitrogen (N-Total) parameters (Aluminium (Al) and Iron (Fe) electrodes) and BOD parameters (Iron (Fe) Electrodes). For the three variations of the electrodes used, it was found that Zing (Zn) electrodes had a more significant effect on the fulfillment of waste water quality standards in the electrocoagulation process compared to Aluminium (Al) and Iron (Fe) electrodes.*

**Key words:** Aluminium (Al), Iron (Fe), Electrocoagulation, and Zinc (Zn)

## 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 “Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan Memvariasikan Elektroda Melalui Proses Elektrokoagulasi”. 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 Husnah, S.Pd., M.Si selaku Sekretaris Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.
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, serta 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.
6. Nazaruddin Nasution, M.Pd. selaku dosen Penasihat Akademik penulis.
7. Ayah M.Yanis dan Ibu Suni selaku orangtua saya yang selalu mendoakan, memberi semangat dan mendukung setiap langkah yang penulis tempuh.
8. Teman-teman Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi 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 bersifat membangun



terhadap karya tulis ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat baik bagi penulis maupun para pembaca.

Medan, 25 Maret 2021

Penulis,

Irmawati Koto

NIM: 0705163048

## DAFTAR ISI

|   | Halaman |
|---|---------|
| PERSETUJUAN SKRIPSI .....                             | i       |
| SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....               | ii      |
| PENGESAHAN SKRIPSI .....                              | iii     |
| ABSTRAK .....   | iv      |
| <i>ABSTRACT</i> .....                                 | v       |
| KATA PENGANTAR .....                                  | vi      |
| DAFTAR ISI .....                                      | viii    |
| DAFTAR TABEL .....                                    | xi      |
| DAFTAR GAMBAR .....                                   | xii     |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                 | xiii    |
| 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 .....                                      | 5       |
| 2.2 Logam Berat .....                                 | 11      |
| 2.2.1 Pengertian Logam .....                          | 11      |
| 2.2.2 Pembagian Logam .....                           | 11      |
| 2.3 Elektrokoagulasi .....                            | 13      |
| 2.3.1 Pengertian Elektrokoagulasi .....               | 13      |
| 2.3.2 Prinsip Dasar Elektrokoagulasi .....            | 15      |
| 2.3.3 Kelebihan dan Kekurangan Elektrokoagulasi ..... | 23      |
| 2.4 Parameter yang Diuji .....                        | 24      |
| 2.4.1 BOD ( <i>Biochemical Oxygen Demand</i> ) .....  | 24      |
| 2.4.2 COD ( <i>Chemical Oxygen Demand</i> ) .....     | 25      |
| 2.4.3 TSS ( <i>Total Suspended Solid</i> ) .....      | 25      |
| 2.4.4 Minyak dan Lemak .....                          | 25      |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.4.5 Nitrogen Total.....   | 25        |
| 2.4.6 pH.....   | 25        |
| 2.4.7 Aluminium (Al) .....  | 25        |
| 2.4.8 Seng (Zn).....  | 25        |
| 2.4.9 Besi (Fe) .....   | 26        |
| 2.5 Penelitian yang Relevan.....  | 26        |
| 2.6 Hipotesis Penelitian .....  | 27        |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>   | <b>28</b> |
| 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian .....   | 28        |
| 3.1.1 Lokasi Penelitian .....   | 28        |
| 3.1.2 Bahan Penelitian.....   | 28        |
| 3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....  | 28        |
| 3.2.1 Peralatan Penelitian .....  | 28        |
| 3.2.2 Bahan Penelitian.....   | 29        |
| 3.3 Diagram Alir Penelitian .....   | 30        |
| 3.4 Prosedur Pengambilan Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit ....   | 32        |
| 3.5 Prosedur Pengambilan Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit<br>Menggunakan Metode Elektrokoagulasi ..... | 32        |
| 3.6 Prosedur Pengujian Limbah Cair Kelapa Sawit .....   | 32        |
| 3.6.1 Elektroda Aluminium (Al).....   | 32        |
| 3.6.2 Elektroda Seng (Zn).....  | 32        |
| 3.6.3 Elektroda Besi (Fe).....  | 34        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>  | <b>35</b> |
| 4.1 Limbah Cair Kelapa Sawit Sebelum Dielektrokoagulasi .....   | 35        |
| 4.2 Limbah Cair Kelapa Sawit Setelah Dielektrokoagulasi<br>Dengan Elektroda Aluminium (Al) .....      | 36        |
| 4.3 Limbah Cair Kelapa Sawit Setelah Dielektrokoagulasi<br>Dengan Elektroda Seng (Zn).....            | 37        |
| 4.4 Limbah Cair Kelapa Sawit Setelah Dielektrokoagulasi<br>Dengan Elektroda Besi (Fe) .....           | 38        |
| 4.5 Pengaruh Variasi Elektroda Terhadap BOD Pada Proses<br>Elektrokoagulasi .....                     | 39        |

|   |    |
|---|----|
| 4.6 Pengaruh Variasi Elektroda Terhadap COD Pada Proses Elektrokoagulasi .....  | 40 |
| 4.7 Pengaruh Variasi Elektroda Terhadap TSS Pada Proses Elektrokoagulasi .....  | 41 |
| 4.8 Pengaruh Variasi Elektroda Terhadap Nitrogen Total (N-Total) Pada Proses Elektrokoagulasi .....   | 42 |
| 4.9 Pengaruh Variasi Elektroda Terhadap pH Pada Proses Elektrokoagulasi .....   | 43 |
| 4.10. Pengaruh Variasi Elektroda Terhadap Kandungan Aluminium (Al), Kandungan Seng (Zn), dan Kandungan Besi (Fe) Pada Proses Elektrokoagulasi ..... | 44 |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....   | 47 |
| 5.1 Kesimpulan .....  | 47 |
| 5.2 Saran .....   | 47 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....   | 48 |
| <b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>  |    |

## DAFTAR TABEL

| Tabel | Judul Tabel  | Halaman |
|-------|--|---------|
| 2.1   | Baku Mutu Air Limbah Untuk Industri Minyak Sawit .....   | 8       |
| 2.2   | Potensial Elektroda Standar .....  | 18      |
| 4.1   | Data Kualitas Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit<br>Sebelum Dielektrokoagulasi.....                                 | 35      |
| 4.2   | Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit<br>Setelah Dielektrokoagulasi Dengan Elektroda Aluminium<br>(Al) ..... | 36      |
| 4.3   | Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit<br>Setelah Dielektrokoagulasi Dengan Elektroda Seng<br>(Zn) .....      | 37      |
| 4.4   | Hasil Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit<br>Setelah Dielektrokoagulasi Dengan Elektroda Besi<br>(Zn) .....      | 38      |

## DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Judul Gambar  | Halaman |
|--------|---|---------|
| 2.1    | Mekanisme Proses Elektrokoagulasi .....   | 14      |
| 2.2    | Diagram Skematik Proses Elektrokoagulasi .....  | 16      |
| 3.1    | Diagram Alir Pengujian Kualitas Limbah Cair Kelapa Sawit .....  | 30      |
| 3.2    | Diagram Alir Penelitian dan Pengujian Kualitas Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan Metode Elektrokoagulasi .....      | 31      |
| 3.3    | Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan Variasi Elektroda Aluminium (Al) Melalui Proses Elektrokoagulasi ..... | 33      |
| 3.4    | Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan Variasi Elektroda Seng (Zn) Melalui Proses Elektrokoagulasi .....      | 33      |
| 3.5    | Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan Variasi Elektroda Besi (Fe) Melalui Proses Elektrokoagulasi .....      | 34      |
| 4.1    | Grafik Pengujian BOD Sebelum dan Setelah Dielektrokoagulasi .....   | 39      |
| 4.2    | Grafik Pengujian COD Sebelum dan Setelah Dielektrokoagulasi .....   | 40      |
| 4.3    | Grafik Pengujian TSS Sebelum dan Setelah Dielektrokoagulasi .....   | 41      |
| 4.4    | Grafik Pengujian Nitrogen Total (N-Total) Sebelum dan Setelah Dielektrokoagulasi .....                            | 42      |
| 4.5    | Grafik Pengujian pH Sebelum dan Setelah Dielektrokoagulasi .....  | 43      |
| 4.6    | Grafik Pengujian Variasi Elektroda Terhadap Kandungan Aluminium (Al) Pada Proses Elektrokoagulasi .....           | 44      |
| 4.7    | Grafik Pengujian Variasi Elektroda Terhadap Kandungan Seng (Zn) Pada Proses Elektrokoagulasi .....                | 45      |
| 4.8    | Grafik Pengujian Variasi Elektroda Terhadap Kandungan Besi Besi (Fe) Pada Proses Elektrokoagulasi .....           | 45      |

## DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Judul Lampiran   |
|----------|--|
| 1.       | Daftar Persyaratan Baku Mutu Air Limbah untuk Industri Minyak Sawit menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 5 Tahun 2014 Tanggal 15 Oktober 2014 |
| 2.       | SNI 6989-59-2008 tentang metoda pengambilan contoh air limbah  |
| 3.       | Standar PERMENKES RI NO. 32 Tahun 2017   |
| 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

Pengolahan air limbah industri di Indonesia kebanyakan dilakukan dengan proses yang menggunakan bahan kimia. Padahal pemakaian bahan kimia sebagai bahan utama maupun bahan pembantu pada proses pengolahan limbah perlu dipertimbangkan karena beban pencemaran lingkungan yang ditimbulkan semakin besar. Penggunaan bahan kimia selektif hanya dianjurkan pada pengolahan limbah yang memiliki kadar kontaminan logam berat cukup tinggi dan diarahkan pada proses *recovery*. Pengolahan dengan bahan kimia pada pengolahan limbah B3 fase cair biasanya hanya mampu mengatasi persoalan limbah dengan karakteristik tertentu, karena air yang dihasilkan dari proses pengolahan kimia biasanya masih mengandung sedikit logam berat dan zat padat terlarut sehingga belum dapat dibuang ke lingkungan. (Hernaningsih, 2016)

Pembangunan disektor industri akhir-akhir ini berkembang sangat pesat.

Perkembangan industri ini memberikan dampak positif antara lain berupa kenaikan devisa negara, transport teknologi dan penyerapan tenaga kerja. Namun demikian, perkembangan di sektor industri ini juga memberikan dampak negatif, yaitu berupa limbah industri yang bila tidak dikelola dengan baik akan mengganggu keseimbangan lingkungan, sehingga pembangunan yang berwawasan lingkungan tidak dapat tercapai. (Pramudyanto, 2003).

Namun timbul beberapa permasalahan baru, yaitu banyaknya limbah yang dihasilkan. Dimana limbah yang dihasilkan dapat mencemarkan lingkungan apabila tidak diolah dengan baik. Salah satu terjadinya pencemaran adalah banyaknya limbah yang dibuang tanpa diolah terlebih dahulu ataupun sudah diolah, akan tetapi belum memenuhi persyaratan. Hal ini mungkin karena adanya kesengajaan mengolah air limbah, disamping itu belum tersedianya sebuah teknologi pengolah air limbah yang mudah dan efisien sehingga belum diterapkan oleh industri-industri. (Husni, F, 2010)

Limbah cair pabrik kelapa sawit memiliki parameter kandungan dalam limbah seperti: *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen*



*Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), minyak dan lemak yang harus ditanggulangi kembali sebelum dibuang karena kandungan yang terlalu tinggi berpotensi mencemari dan merusak lingkungan. Parameter tersebut diwajibkan memenuhi baku mutu yang ditetapkan berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 1815 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah cair untuk industri minyak sawit. (Edy, dkk 2016)

Pada Penelitian Hernaningsih (2016) Dalam limbah industri kelapa sawit konsentrasi COD sangat tinggi yang ada berkisar 40.000-120.000 mg/l, sedangkan batasan maksimum baku mutu limbah kelapa sawit yang diijinkan Kep.05/MENKLH/II/2014 hanya sebesar 350 mg/l. Kandungan kekeruhan dalam air limbah tersebut sangat berkaitan dengan kadar COD.

Metode pengolahan secara fisika dan kimia pada umumnya digunakan dalam teknologi instalasi pengolahan limbah cair tekstil. Pengolahan dengan kedua metode tersebut memerlukan biaya operasional yang tinggi, teknisi, dan lahan yang luas. Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengolahan limbah yang tepat guna dan ramah lingkungan. Metode elektrokoagulasi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan dalam mengolah limbah cair (titik). Metode ini dapat menyisahkan partikel tersuspensi, logam-logam berat, kekeruhan dan warna. Elektrokoagulasi menggunakan sumber arus langsung dari dua elektroda. (Achmad dkk, 2017)

Penelitian yang dilakukan oleh Naje dkk (2015) menyebutkan bahwa efisiensi removal COD sebesar 61% pada limbah tekstil dengan elektroda aluminium selama waktu 90 menit serta beda potensial listrik 0,6 Ampere. Kisaran pH pada limbah cair berada di nilai 7-8 pada semua perlakuan. Kenaikan nilai pH terjadi pada seluruh perlakuan sejalan dengan bertambahnya lama waktu perlakuan. Ketika lama waktu berlangsung hingga 15 menit, pH menunjukkan nilai 7. Nilai pH naik menjadi 8 setelah melewati waktu 15 menit hingga 75.

Menurut Penelitian Yolanda (2015) menyebutkan katoda pada proses elektrokoagulasi menghasilkan ion  $\text{OH}^-$  yang akan menaikkan nilai pH. Nilai pH larutan juga mempengaruhi jumlah ion-ion dalam larutan pada larutan dan

kelarutan dari produk yang dibentuk. pH larutan mempengaruhi secara keseluruhan efisiensi dan efektivitas elektrokoagulasi.

Maka dari penelitian sebelumnya, penulis mencoba memanfaatkan limbah dari PT. Perkebunan Nusantara IV Unit Adolina untuk dikembangkan dalam penelitian dengan memvariasikan elektroda yaitu Aluminium (Al), Seng (Zn), dan Besi (Fe). Parameter yang akan diuji dalam penelitian tersebut adalah COD, BOD, TSS, Minyak dan Lemak, Nitrogen Total, pH, Aluminium (Al), Seng (Zn), dan Besi (Fe). Pengolahan limbah pada umumnya memerlukan biaya yang mahal, oleh karena itu dicari metode pengolahan yang sederhana, aman, murah, ramah lingkungan, ekonomis, serta tidak memerlukan tambahan kimia. Salah satu alternatif pengolahan tersebut yaitu dengan metode elektrokoagulasi. Metode elektrokoagulasi dalam penelitian ini digunakan untuk mengolah limbah cair dari industri tersebut dalam skala lingkungan industri.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil uji sampel limbah cair kelapa sawit sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi?
2. Bagaimana hasil uji sampel limbah cair kelapa sawit setelah dilakukan proses elektrokoagulasi?
3. Bagaimana pengaruh variasi elektroda yang digunakan pada pengolahan limbah cair kelapa sawit dengan metode elektrokoagulasi?

## **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel limbah yang digunakan berasal dari limbah PTPN IV Unit ADOLINA.
2. Variasi elektroda yang digunakan untuk pengolahan limbah cair kelapa sawit terdiri atas Aluminium (Al), Seng (Zn), dan Besi (Fe).
3. Ukuran plat pada elektroda 11,5 cm x 6 cm.
4. Pada saat elektrokoagulasi menggunakan gelas beaker dengan jarak antar elektroda 2 cm, tegangan 9 volt dan waktu maksimal 60 menit.

5. Analisis parameter limbah yang digunakan yaitu: *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), Minyak dan Lemak, Nitrogen Total, pH, Aluminium (Al), Seng (Zn), dan Besi (Fe).
6. Pengujian limbah berdasarkan syarat baku air limbah berdasarkan syarat sesuai dengan PERMEN LH RI Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah.
7. Pengujian kadar logam Aluminium (Al), Seng (Zn), dan Besi (Fe) mengikuti standar sesuai dengan PERMENKES RI NO.32 Tahun 2017 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air bersih.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui hasil uji sampel limbah cair kelapa sawit sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi.
2. Untuk mengetahui hasil uji sampel limbah cair kelapa sawit setelah dilakukan proses elektrokoagulasi.
3. Untuk mengetahui pengaruh variasi elektroda yang digunakan pada pengolahan limbah cair kelapa sawit dengan metode elektrokoagulasi.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi tentang kualitas limbah cair kelapa sawit PTPN IV ADOLINA sebelum dan sesudah menggunakan metode elektrokoagulasi.
2. Manfaat teoretis, yaitu sebagai referensi bagi mahasiswa lain yang akan melakukan penelitian dalam rangka pengembangan ilmu pengolahan proses elektrokoagulasi.
3. Memberikan informasi apakah Aluminium (Al), Seng (Zn), dan Besi (Fe) efektif digunakan sebagai elektroda dalam proses elektrokoagulasi untuk menjernihkan limbah cair sawit menjadi air bersih.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Limbah

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Air limbah atau air buangan adalah sisa air yang dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri ataupun tempat-tempat umum lainnya, serta pada umumnya mengandung zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia, mempengaruhi aktivitas makhluk hidup lain, dan dapat merusak lingkungan hidup. (Notoatmojo, 2011).

Limbah pada dasarnya adalah suatu bahan yang terbuang atau dibuang yang telah mengalami suatu proses produksi sebagai hasil dari aktivitas manusia, maupun proses alam yang tidak atau belum mempunyai nilai ekonomi. Aktivitas pengolahan pada pabrik minyak kelapa sawit menghasilkan dua jenis limbah, antara lain limbah padat dan limbah cair. Air buangan dari separator yang terdiri atas *sludge* dan kotoran dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: a) Jumlah air pengencer yang digunakan pada *vibrating screen* atau pada *screw press*. b) Sistem dan instalasi yang digunakan dalam stasiun klarifikasi yaitu klarifikasi yang menggunakan *decanter* menghasilkan air limbah yang kecil. c) Efisiensi pemisahan minyak dari air limbah yang rendah akan dapat mempengaruhi karakteristik limbah cair yang dihasilkan. (Hasanah, 2011)

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)”

Allâh berfirman:

وَإِذَا قِيلَ لَهُمْ لَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ قَالُوا إِنَّمَا نَحْنُ مُصْلِحُونَ ۗ ۱۱ أَلَا إِنَّهُمْ هُمُ الْمُفْسِدُونَ وَلٰكِن  
لَّا يَشْعُرُونَ ۚ ۱۲

Artinya: “Dan bila dikatakan kepada mereka: "Janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi". Mereka menjawab: "Sesungguhnya kami orang-orang yang mengadakan perbaikan". Ingatlah, sesungguhnya mereka itulah orang-orang yang membuat kerusakan, tetapi mereka tidak sadar. (Qs al-Baqarah/2:11-12).

Air limbah juga dikenal sebagai sewage, mula-mula dari limbah rumah tangga, manusia dan binatang, tapi kemudian berkembang selain dari sumber-sumber tersebut juga air limbah berasal dari kegiatan industri, run off, infiltrasi air bawah tanah. Air limbah pada dasarnya 99,94% berasal dari sisa kegiatan, sedang 0,06% berasal dari material terlarut oleh proses alam. (Lin, S dan Aris, 2006).

Sumber air limbah dikelompokkan menjadi yaitu: air limbah domestik dan air limbah non domestik. Salah satu contoh dari air limbah non domestik adalah kegiatan industri. Peningkatan akan kebutuhan bahan sandang serta kemajuan teknologi mendorong sejumlah industri berdiri baik skala makro maupun mikro, salah satunya industri batik. Air limbah batik industri merupakan salah satu penghasil cair yang berasal dari proses pewarnaan, selain kandungan zat warnanya tinggi, limbah industri batik juga mengandung bahan-bahan sintetik yang sukar larut atau sukar diuraikan. Setelah proses pewarnaan selesai akan dihasilkan limbah cair yang berwarna keruh dan pekat, biasanya warna air limbah tergantung pada zat warna yang digunakan, limbah air yang berwarna-warni ini yang menyebabkan masalah terhadap lingkungan. Limbah zat warna yang dihasilkan dari industri batik umumnya merupakan senyawa organik non-biodegradable yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama perairan. Jika industri batik tersebut membuang limbah cair, maka aliran limbah tersebut akan melalui perairan di sekitar permukiman, limbah tersebut dapat menaikkan kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*). Jika hal ini melampaui ambang batas yang diperbolehkan, maka gejala yang paling mudah diketahui adalah matinya organisme perairan. Salah satu contoh warna yang banyak dipakai industri batik adalah remazol black, red dan golden yellow. Dalam perwarnaan, senyawa ini hanya digunakan sekitar 5% sedangkan sisanya 95% akan dibuang sebagai limbah. Senyawa ini cukup stabil sehingga sangat sulit untuk terdegradasi di alam dan berbahaya bagi lingkungan apalagi dalam

konsentrasi yang sangat besar karena dapat menaikkan COD (*Chemical Oxygen Demand*) baik skala makro maupun mikro, salah satunya industri batik.

Proses pengolahan kelapa sawit menjadi minyak kelapa sawit akan menghasilkan limbah cair dalam jumlah yang cukup besar. Untuk menghasilkan satu ton minyak kelapa sawit dihasilkan dua setengah ton limbah cair pabrik kelapa sawit. Limbah cair tersebut berasal dari proses perebusan, klarifikasi dan hidrosiklon. Pengembangan industri kelapa sawit yang diikuti dengan pembangunan pabrik dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan berupa pencemaran. Limbah cair pabrik kelapa sawit masih memiliki potensi sebagai pencemaran lingkungan karena berbau, berwarna. Apabila limbah tersebut langsung dibuang ke badan penerima, maka sebagian akan mengendap, terurai secara perlahan, mengkonsumsi oksigen terlarut, menimbulkan kekeruhan, mengeluarkan bau yang tajam dan dapat merusak ekosistem badan penerima. (Alaerts, 1996)

Metode elektrokogulasi merupakan suatu metode yang sangat sederhana dan tanpa bahan kimia. Elektrokoagulasi adalah suatu proses koagulasi yang berkesinambungan dengan menggunakan arus listrik DC melalui peristiwa elektrokimia, yaitu gejala dekomposisi elektrolit, di mana salah satu elektrodanya adalah aluminium (Al). Dalam proses ini akan terjadi reaksi reduksi di mana 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).

Usaha perkebunan kelapa sawit semakin pesat, serta pabrik pengolahan kelapa sawit menjadi *crude palm oil* (CPO) juga mengalami pertumbuhan yang signifikan. Kalimantan Timur mempunyai 49 pabrik CPO yang tersebar di beberapa kabupaten dan kota di Kalimantan Timur. Pesatnya pertumbuhan pabrik CPO menyebabkan limbah yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit juga besar. Limbah yang dihasilkan pabrik CPO berupa limbah berbentuk padatan dan cairan. Limbah padatan berupa tandan janjang kosong, sisa pengolahan, serta buah yang terlepas, sedangkan limbah cair yang dihasilkan berupa campuran minyak CPO dan air. Limbah cair ini mempunyai kandungan zat organik yang sangat tinggi sehingga apabila dibuang langsung ke perairan akan dapat menyebabkan

pencemaran lingkungan sehingga perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum limbah dibuang ke lingkungan. (Said dan Firly, 2010)

Berdasarkan PERMEN LH Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah, parameter limbah cair untuk industri minyak sawit dapat dilihat pada tabel 2.1 yaitu:

Tabel 2.1 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 <sup>2</sup> per ton produk minyak sawit (CPO) |                                    |

Sumber: PERMEN LH Nomor 5 Tahun 2014

Limbah industri minyak kelapa sawit menghasilkan limbah bentuk fasa padat, cair dan gas. Limbah fasa padat berupa pasir, tanah, tandan buah, ampas, dan batok/cangkang. Limbah fasa gas terjadi karena penguraian zat organik yang terkandung dalam limbah cair, hasil pembakaran bahan bakar pada ketel uap (*boiler*). Sedangkan limbah fasa cair sebagian besar dihasilkan dari unit proses yang berasal dari pengembunan uap air. (Firmansyah, 2001)

Pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit umumnya dilakukan dengan menggunakan kolam aerobik dan kolam anaerobik namun metode ini memerlukan waktu tinggal yang cukup lama dan lahan yang luas. Oleh karena itu diperlukan teknologi alternatif yang lebih efisien dalam segi biaya dan waktu, salah satunya adalah metode elektrokoagulasi. Metode elektrokoagulasi adalah sistem pengolahan air limbah yang sangat efektif mengurangi polutan seperti kandungan logam, partikel-partikel yang tersuspensi dan minyak disamping itu juga menghasilkan gas hidrogen untuk mengimbangi biaya operasional yang digunakan. Elektrokoagulasi telah diuji positif untuk mengolah air limbah dari berbagai jenis industri. (Rahardjo, 2009)

Mengingat tingginya potensi pencemaran yang ditimbulkan oleh limbah cair yang tidak dikelola dengan baik maka diperlukan pemahaman dan informasi mengenai pengelolaan limbah cair secara benar. Limbah cair industri

kelapa sawit mengandung bahan organik yang tinggi sehingga potensial mencemari air tanah dan badan air. (Rusmey, 2009)

Mengingat tingginya potensi pencemaran yang ditimbulkan oleh limbah cair yang tidak dikelola dengan baik maka diperlukan pemahaman dan informasi mengenai pengelolaan limbah cair secara benar. Limbah cair industri kelapa sawit mengandung bahan organik yang tinggi sehingga potensial mencemari air tanah dan badan air. (Rusmey, 2009)

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. (C.Phalakornkulea, 2010)

Prinsip kerja elektrokoagulasi adalah dengan menggunakan proses elektrolisis, yaitu proses yang melibatkan reaksi oksidasi dan reduksi yang terjadi ketika aliran listrik diberikan dalam cairan elektrolit dimana akan dihasilkan agen koagulasi dan gas gelembung. 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 bahan kimia koagulan seperti tawas dan besi klorida, yang dilanjutkan dengan sedimentasi dan flotasi. (Sivakumar, 2009)

Proses elektrokoagulasi meliputi beberapa tahap yaitu proses ekualisasi, proses elektrokimia (flokulasi-koagulasi) dan proses pengendapan. Proses ekualisasi dimaksudkan untuk menyeragamkan limbah cair yang akan diolah terutama kondisi pH, pada tahap ini tidak terjadi reaksi kimia. Pada proses elektrokimia akan terjadi pelepasan  $Al^{3+}$  dari plat elektroda (anoda) sehingga membentuk flok  $Al(OH)_3$  yang mampu mengikat kontaminan dan partikel-partikel dalam limbah. (Hernaningsih, 2016)

Kriteria untuk kualitas limbah tersebut harus memenuhi syarat baku mutu lingkungan berdasarkan syarat sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah. Oleh karena itu, perlu proses pengolahan air limbah kembali sehingga semua



parameter untuk pabrik kelapa sawit memenuhi syarat baku mutu lingkungan dan apabila dibuang ke lingkungan atau badan air tidak mencemari.

Elektroda dalam proses elektrokoagulasi merupakan salah satu alat untuk menghantarkan atau menyampaikan arus listrik ke dalam larutan agar larutan tersebut terjadi suatu reaksi (perubahan kimia). Elektroda tempat terjadi reaksi reduksi disebut katoda, sedangkan tempat terjadinya reaksi oksidasi disebut anoda. (Bambang, 2010)

Perbandingan efisiensi penurunan kesadahan air menggunakan elektroda aluminium dengan konfigurasi monopolar dan bipolar pada proses elektrokoagulasi dilakukan untuk menurunkan kesadahan air menggunakan elektroda aluminium yang ditinjau dari pengaruh konfigurasi elektroda, waktu kontak, dan kerapatan arus listrik pada sistem *batch*. Pada penelitian ini peneliti menggunakan air sadah yang mengandung kation yang berjumlah dua, seperti Kalsium dan Magnesium. (Hari, 2018)

Menurut Zahara (2014), dalam industri minyak kelapa sawit, cairan keluaran umumnya dihasilkan dari proses sterilisasi dan klarifikasi yang dalam jumlah besar berasal dari *steam* dan air panas yang digunakan. Produksi minyak kelapa sawit membutuhkan air dalam jumlah besar. Satu ton minyak kelapa sawit menghasilkan 2,5 ton limbah cair, yaitu berupa limbah organik berasal dari input air pada proses separasi, klarifikasi dan sterilisasi. Limbah cair dari industri minyak kelapa sawit umumnya memiliki suhu yang tinggi kisaran 70-80 °C, berwarna coklat pekat. Jika limbah tersebut dibuang langsung ke perairan, maka dapat mencemari lingkungan karena dapat menimbulkan kekeruhan dan akan menghasilkan bau yang tajam yang dapat merusak ekosistem perairan dikarenakan proses penguraiannya yang lama dan cenderung akan mengkonsumsi oksigen terlarut dalam jumlah yang banyak. Sebelum limbah cair ini dibuang ke lingkungan terlebih dahulu diberi perlakuan khusus tentang penanganan limbah sehingga dapat diolah agar sesuai dengan baku mutu limbah yang telah ditetapkan oleh badan lingkungan hidup.

## **2.2. Logam Berat**

### **2.2.1 Pengertian Logam**

Dalam aktivitas sehari-harinya kita tidak bisa terpisah dari benda-benda yang bersifat logam. Benda ini digunakan sebagai alat perlengkapan rumah tangga seperti pisau, sendok, dan garpu. Secara langsung dalam konotasi keseharian kita berpendapat bahwa logam diidentikan sebagai besi yang berat, padat, keras, dan sulit dibentuk.

Logam merupakan bahan pertama dikenal oleh manusia dan digunakan sebagai alat-alat yang berperan penting dalam sejarah peradaban manusia. Logam mula-mula diambil dari pertambangan dibawah tanah (kerak bumi) yang kemudian dicairkan dan dimurnikan dalam pabrik menjadi logam-logam murni. Logam kemudian dibentuk sesuai dengan keinginan misalnya, sebagai perhiasan emas, perak, dan peralatan pertanian.

Pada dasarnya logam sangat diperlukan dalam proses produksi dari suatu pabrik, baik pabrik cat, aki atau baterai, sampai pada produksi alat-alat listrik. Bahan yang digunakan oleh pabrik itu dapat berbentuk logam murni, bahan anorganik maupun bahan organik. Jumlah logam yang digunakan bervariasi menurut bentuk dan jenisnya, tergantung pada jenis pabriknya.

Logam berat adalah unsur logam yang mempunyai densitas  $>5 \text{ g/cm}^3$  dalam air laut, logam berat terdapat dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Dalam kondisi alami, logam berat juga dibutuhkan oleh organisme untuk melakukan pertumbuhan dan perkembangan hidupnya.

### **2.2.2. Pembagian Logam**

Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat ini dapat dibagi menjadi dua macam, yang pertama adalah logam berat esensial di mana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat diperlukan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun, contoh logam berat ini adalah besi (Fe), yang kedua adalah logam berat tidak esensial dimana keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya, seperti Kadmium (Cd), Merkuri (Hg), dan lain-lain. (Supriadi, 2016)

Logam berat merupakan golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam yang lain. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan dan masuknya ke dalam tubuh organisme hidup. Logam berat biasanya menimbun efek-efek khusus pada makhluk hidup, bila masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang berlebihan akan menyebabkan pengaruh-pengaruh buruk terhadap fungsi fisiologis tubuh.

Sifat fisika dan senyawa kimia Hg, Pb, Cd, Cu, dan Zn adalah jenis logam berat yang umumnya tidak mudah untuk didegradasi oleh karena waktu yang dibutuhkan untuk mendegradasi logam berat maka akan mudah diabsorpsi dan terakumulasi pada organisme air. Pada awalnya siklus peredaran logam berat di alam dalam keadaan normal sebelum dipakai sebagai bahan kimia industri, sifat bahan kimia yang mudah membentuk ikatan akhirnya menjadi zat pencemar yang harus diwaspadai.

Menurut Undang-undang No. 32 tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup pasal 1 ayat 14 menyebutkan bahwa pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan komponen lain ke dalam lingkungan hidup yang telah ditetapkan.

Pencemaran logam berat terhadap alam lingkungan merupakan suatu proses yang erat hubungannya dengan penggunaan logam tersebut oleh manusia. Digunakannya logam sebagai alat yang pada awalnya belum diketahui pengaruh kontaminasi pada lingkungan. Proses oksidasi dari logam yang menimbulkan perkaratan sebenarnya merupakan tanda-tanda adanya hal tersebut di atas.

Aktivitas manusia dapat meningkatkan konsentrasi logam menjadi lebih tinggi. Pertambangan dan pengolahan biji, limbah domestik, limbah air, limpasan air hujan, dan pembuangan limbah industri merupakan sumber utama pencemaran logam berat. Dalam banyak kasus, logam berat terdapat secara alami dalam badan air pada tingkat di bawah ambang batas beracun, namun sifat logam yang tidak bisa didegradasi walaupun dalam konsentrasi rendah masih mungkin menimbulkan resiko kerusakan melalui penyerapan dan bioakumulasi oleh organisme.

## 2.3 Elektrokoagulasi

### 2.3.1. Pengertian Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi merupakan suatu proses koagulan (penggumpalan) kontinu dengan menggunakan arus listrik DC melalui peristiwa elektrokimia, yaitu gejala dekomposisi elektrolit, di mana elektrodanya adalah aluminium. Dalam proses elektrokoagulasi akan terjadi proses reaksi reduksi di mana logam-logam akan direduksi dan diendapkan di kutub negatif, sedangkan elektroda positif (Al) akan teroksidasi menjadi  $[Al(OH)_3]$  yang berfungsi sebagai koagulan. (Masthura, 2017).

Pada proses elektrokoagulasi digunakan elektroda logam sebagai anoda dan katoda. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi atau pelepasan ion logam sebagai koagulan aktif ke dalam larutan. Sedangkan di katoda terjadi reaksi reduksi yang menyebabkan pelepasan gas hidrogen. Penggunaan arus listrik pada proses elektrokoagulasi berguna untuk menggantikan peran bahan kimia sebagai koagulan, di mana dengan digunakannya arus listrik partikel-partikel koloid yang berukuran kecil dapat diendapkan. (Vaujiah, , 2018)

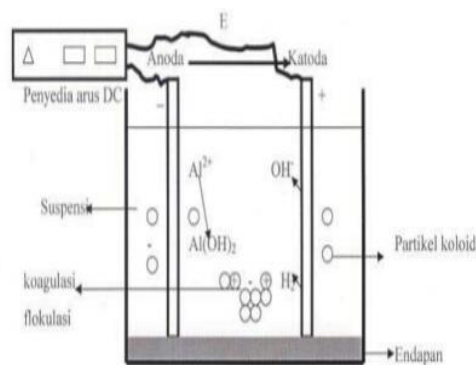
Elektrokoagulasi merupakan suatu proses koagulasi kontinu dengan menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrokimia, yaitu gejala dekomposisi elektrolit, di mana salah satu elektrodanya adalah aluminium ataupun besi. Dalam proses ini akan terjadi proses reaksi reduksi di mana logam-logam akan direduksi dan diendapkan di kutub negatif, sedangkan elektroda positif (Al) akan teroksidasi menjadi  $[Al(OH)_3]$  yang berfungsi sebagai koagulan.

Reaksi kimia yang terjadi pada proses elektrokoagulasi yaitu reaksi reduksi oksidasi, sebagai akibat adanya arus listrik (DC). Pada reaksi ini terjadi pergerakan dari ion-ion yaitu ion positif (disebut kation) yang bergerak pada katoda yang bermuatan negatif. Sedangkan ion-ion negatif bergerak menuju anoda yang bermuatan positif yang kemudian ion-ion tersebut dinamakan sebagai anion (bermuatan negatif). Elektroda dalam proses elektrokoagulasi merupakan salah satu alat untuk menghantarkan atau menyampaikan arus listrik ke dalam larutan agar larutan tersebut terjadi suatu reaksi (perubahan kimia).

Elektroda tempat terjadi reaksi reduksi disebut katoda, sedangkan tempat terjadinya reaksi oksidasi disebut anoda (Bambang HP dan Mining H, 2010)

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 elektrodik. Setiap sel elektrolisis mempunyai dua elektroda, katoda dan anoda. Jenis elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah elektroda Aluminium yang berperan sebagai sumber ion  $Al^{3+}$  di anoda dan 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 menaikan flok-flok tersuspensi yang tidak dapat mengendap di dalam sel.

Berikut ini adalah salah satu contoh mekanisme proses elektrokoagulasi yang ditunjukkan gambar 2.1:



Gambar 2.1 Mekanisme Proses Elektrokoagulasi

(Sumber:repository.upnyk.ac.id)

Apabila dalam suatu elektrolit ditempatkan dua elektroda dan dialiri arus listrik searah, maka akan terjadi peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit yaitu ion positif (kation) bergerak ke katoda dan menerima elektron yang direduksi oleh ion negatif (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron yang dioksidasi. Pada anoda akan dihasilkan gas berupa gelembung-gelembung udara dan buih, selanjutnya gas yang terbentuk akan mengikat partikel partikel koloid yang ada di dalam limbah yang telah terdestabilisasi, sehingga partikel-partikel koloid yang terdestabilisasi

terdorong ke permukaan. Flok yang terbentuk ternyata memiliki ukuran yang relatif kecil dan flok yang terbentuk tadi lama-kelamaan akan bertambah besar ukurannya lalu mengendap. (Bayu, 2010)

### 2.3.2. Prinsip Dasar Elektrokoagulasi

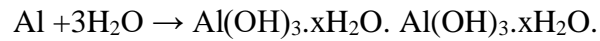
Teknik elektrokoagulasi memiliki beberapa kelebihan yaitu peralatan sederhana, mudah dalam pengoperasiaannya, waktu reaksi singkat, tidak memerlukan bahan kimia tambahan karena lebih banyak melibatkan proses fisika, selain itu teknik ini lebih ekonomis karena listrik yang digunakan relatif kecil. Dengan kelebihan dan pencapaian nilai efisiensi ini, maka dimungkinkan untuk aplikasi teknik ini pada skala yang lebih besar.

Prinsip dasar dari elektrokoagulasi adalah reaksi reduksi dan oksidasi (redoks). 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 Reaksi pada Anoda:

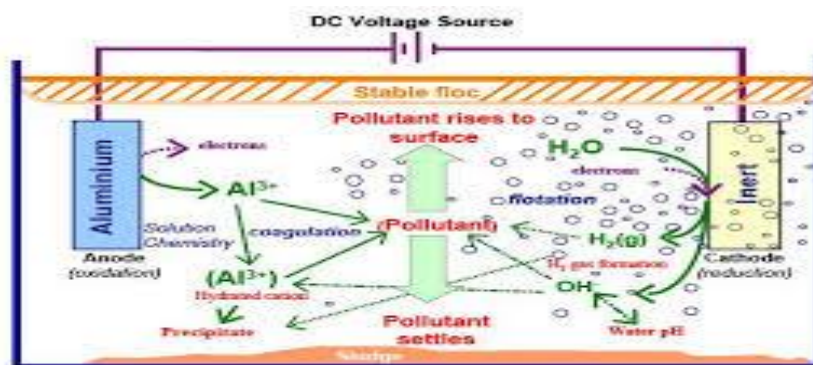


Proses anodik mengakibatkan terlarutnya logam aluminium menjadi molekul ion  $Al^{3+}$ . Ion yang terbentuk ini, di dalam larutan akan mengalami reaksi hidrolisis, menghasilkan padatan  $Al(OH)_3 \cdot xH_2O$  yang tidak dapat larut lagi dalam air. Reaksinya:



Menurut Vaujiah (2018) terdapat tiga proses utama mekanisme elektrokoagulasi, 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.
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.



(Erlinaarikawati.blogspot.com)

Gambar 2.2 Diagram Skematik Proses Elektrokoagulasi

Prinsip dasar dari elektrokoagulasi ini merupakan reaksi reduksi dan oksidasi (redoks). Dalam suatu sel elektrokoagulasi, peristiwa oksidasi terjadi di elektroda (+) yaitu anoda, sedangkan reduksi terjadi di elektroda (-) yaitu katode. Yang terlibat reaksi dalam elektrokoagulasi selain electrode adalah air yang diolah yang berfungsi sebagai larutan elektrolit. (Vaujiah, 2018)

Pada proses elektrokoagulasi terjadi reduksi air dengan membentuk gas  $H_2$  membawa partikel yang terflokulasi dan bahan pengotor yang terflokulasi mengapung ke permukaan akibat gaya Buoyancy. Sementara, arus listrik yang dialirkan ke anoda akan melarutkan logam ke dalam larutan yang selanjutnya akan bereaksi dengan anion  $OH^-$ .

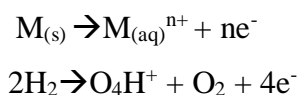
Berikut adalah reaksi fisika-kimia yang terjadi di sel elektrokoagulasi (Vaujiah, 2018):

1. Reduksi katodik pada pengotor dalam air.
2. Pelepasan muatan dan koagulasi pada partikel koloid.
3. Perpindahan ion secara elektroforetik di larutan
4. Elektroflotasi pada partikel koagulan dengan gelembung  $O_2$  dan  $H_2$  yang dihasilkan dari elektroda.
5. Reduksi ion logam pada katoda.
6. Proses elektrokimia dan kimia lainnya

Reaksi yang terjadi pada proses elektrokoagulasi yaitu:

#### 1. Reaksi di Anoda

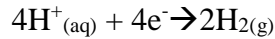
Reaksi yang terjadi di anoda adalah reaksi oksidasi, dimana logam yang digunakan pada elektroda akan mengalami oksidasi. Reaksi yang terjadi di anoda adalah sebagai berikut:



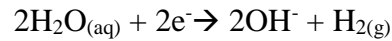
#### 2. Reaksi di Katoda

Ion  $H^+$  yang berasal dari senyawa asam akan direduksi menjadi suatu gas yang bebas dengan bentuk gelembung-gelembung gas. Berikut ini adalah persamaan reaksinya:



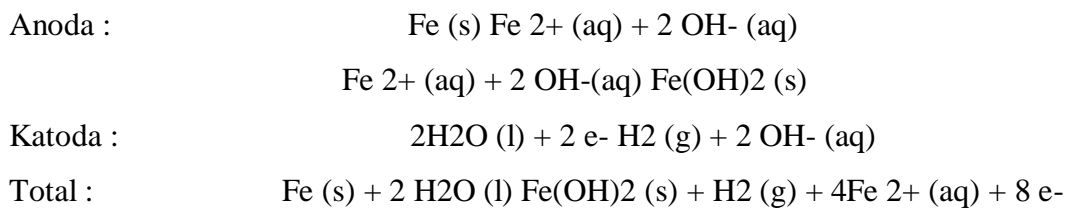


Air yang menjadi pelarut akan mengalami reaksi reduksi sehingga membentuk gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ) di katoda. Berikut ini persamaan reaksinya:

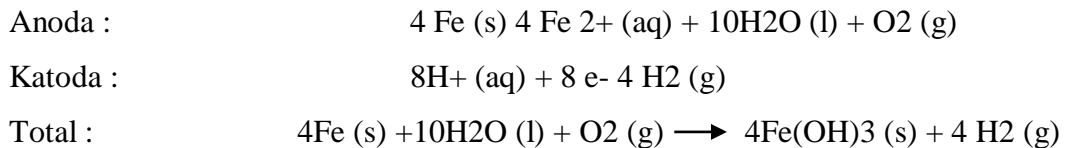


Pada elektrokoagulasi, arus kelistrikan mengalir diantara dua elektroda, coagulant diumpankan dari awal dengan electrolytic oksidasi bahan anoda. Dengan anoda besi,  $\text{Fe}(\text{OH})_n$  dengan  $n = 2$  atau  $3$  dipasang di anoda. Penyederhanaan oksidasi, mekanisme penurunan dan skema anoda dan katoda elektroda besi dirumuskan sebagai berikut:

Mekanisme 1 :



Mekanisme 2 :



**Tabel 2.2** Potensial Elektroda Standar

| Reaksi Reduksi                      | Logam                | $E^\circ$<br>(Volt) |
|-------------------------------------|----------------------|---------------------|
| $\text{Li}^+ + \text{e}^-$          | Li                   | -3,04               |
| $\text{K}^+ + \text{e}^-$           | K                    | -2,92               |
| $\text{Ba}^{2+} + 2\text{e}^-$      | Ba                   | -2,90               |
| $\text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^-$      | Ca                   | -2,87               |
| $\text{Na}^+ + \text{e}^-$          | Na                   | -2,71               |
| $\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$      | Mg                   | -2,37               |
| $\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$      | Al                   | -1,66               |
| $\text{Mn}^{2+} + 2\text{e}^-$      | Mn                   | -1,18               |
| $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$ | $\text{H}_2\text{O}$ | -0,83               |
| $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$      | Zn                   | -0,76               |
| $\text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^-$      | Cr                   | -0,71               |
| $\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$      | Fe                   | -0,44               |
| $\text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^-$      | Cd                   | -0,40               |

|                                |    |       |
|--------------------------------|----|-------|
| $\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^-$ | Co | -0,28 |
| $\text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^-$ | Ni | -0,25 |
| $\text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^-$ | Sn | -0,14 |
| $\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^-$ | Pb | -0,13 |
| $2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$    | H  | 0,00  |
| $\text{Hg}^{2+} + 2\text{e}^-$ | Hg | 0,13  |
| $\text{Bi}^{2+} + 2\text{e}^-$ | Bi | 0,30  |
| $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$ | Cu | 0,34  |
| $\text{Ag}^+ + \text{e}^-$     | Ag | 0,80  |
| $\text{Pt}^{2+} + 2\text{e}^-$ | Pt | 1,20  |
| $\text{Au}^{3+} + 3\text{e}^-$ | Au | 1,50  |

(Sumber: Silberberg, 2000 dalam Harjono, 2016)

Arus listrik yang terjadi pada sel volta disebabkan elektron mengalir dari elektroda negatif ke elektroda positif. Hal ini disebabkan karena perbedaan potensial antara kedua elektroda. Pengukuran perbedaan potensial ( $\Delta V$ ) antara dua elektroda dengan menggunakan potensiometer ketika arus listrik yang dihasilkan mengalir sampai habis. Maka akan diperoleh nilai limit atau perbedaan potensial saat arus listriknya nol yang disebut sebagai potensial sel ( $E^\circ_{\text{sel}}$ ). (Atkins, 2005 dalam Devi Yulianti, 2016).

Beberapa jenis logam yang dapat dijadikan katoda dan anoda di antaranya adalah sebagai berikut:

#### 1. Logam Al (Aluminium)

Aluminium mempunyai massa jenis  $2,7 \text{ kg/cm}^3$ , titik leleh lebih dari  $658^\circ\text{C}$  dan tidak korosif. Daya hantar aluminium sebesar  $35 \text{ ohm mm}^2/\text{m}$  atau kira-kira 61,4% dari daya hantar tembaga, tahanan listriknya sebesar 64,94%, hantaran listrik koefisien temperatur yaitu  $0,0042/^\circ\text{C}$ . Aluminium murni mudah dibentuk karena lunak, kekuatan tarikannya hanya  $9 \text{ kg/mm}^2$ . Untuk itu jika aluminium digunakan sebagai penghantar yang dimensinya cukup besar, selalu diperkuat dengan baja atau paduan aluminium. (Devi Yulianti, 2016)

#### 2. Logam Zn (Seng)

Seng atau *zinc* merupakan unsur kimia dengan lambang kimia Zn. Mineral yang mengandung seng di alam bebas antara lain kalaminit, *franklinit*, *smithsonit*, *wellenit*, dan *zinkit*. Logam ini cukup mudah ditempa dan lipat pada suhu  $110\text{-}150^\circ\text{C}$ . Seng melebur pada temperatur

410 °C dan mendidih pada temperatur 906 °C. Dalam teknik listrik seng banyak dipakai untuk bahan selongsong elemen kering (kutub negatifnya), batang-batang (elektroda) elemen galvani. Tahanan jenisnya yaitu 0,12 ohm mm<sup>2</sup>/m. Seng merupakan logam yang memiliki karakteristik cukup reaktif, berwarna putih kebiruan, pudar bila terkena uap udara dan terbakar bila terkena udara dengan api hijau terang. Seng dapat bereaksi dengan asam, basa dan senyawa non logam (Tri Sumanzaya, 2019).

### 3. Logam Fe (Besi)

Besi adalah logam yang berasal dari bijih besi (tambang) yang banyak digunakan untuk kehidupan manusia sehari-hari. Dalam tabel periodik, besi mempunyai simbol Fe dan nomor atom 26. Pada perairan alami dengan pH sekitar 7 dan kadar oksigen terlarut yang cukup, ion ferro yang bersifat mudah larut dioksidasi menjadi ion ferri. Pada oksidasi ini terjadi pelepasan elektron. Sebaliknya pada reduksi ferri menjadi ferro terjadi penangkapan elektron. Proses oksidasi dan reduksi besi tidak melibatkan 15 oksigen dan hidrogen. Resistivitas listrik (20 °C) yaitu 96,1 nΩ.m (Devi Yulianti, 2016)

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya proses elektrokoagulasi antara lain:

#### 1. Material Elektroda

Material elektroda dapat didefinisikan sebagai 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. (Vaujiah,2018).

#### 2. Pengaturan Elektroda

Elektroda pada proses elektrokoagulasi 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. (Vaujiah, 2018)

### 3. pH larutan

pH larutan adalah hal yang sangat berarti pada metode elektrokoagulasi. Efisiensi pengurangan polutan secara maksimum dapat terjadi jika larutan yang mengandung polutan memiliki pH optimum. Sementara itu, efisiensi pengurangan polutan akan berkurang bersamaan dengan bertambahnya atau berkurangnya pH larutan dari pH optimum larutan polutan. Selain berpengaruh pada efisiensi pengurangan polutan, pH larutan juga berpengaruh pada efisiensi arus, kelarutan elektroda dalam larutan, dan produk hidrolisis. (Vaujiah, 2018)

### 4. Kerapatan Arus

Kerapatan arus adalah parameter yang sangat berarti pada proses elektrokoagulasi, karena dapat menjelaskan laju dosis koagulan, laju produksi gelembung, ukuran dan bentuk flok, yang semuanya berdampak pada efisiensi proses elektrokoagulasi. Dengan bertambahnya kerapatan arus, maka laju disolusi pada anoda akan bertambah. Pada faktor kerapatan arus, ketika nilai kerapatan arus akan ditambah di atas nilai optimum, tidak akan terjadi penambahan nilai efisiensi pengurangan polutan. Selain itu, kerapatan arus pada proses elektrokoagulasi berdampak pada laju reaksi elektrokimia yang akan menghasilkan koagulan dan gelembung hidrogen. (Vaujiah, 2018)

### 5. Bentuk Elektroda

Bentuk Elektroda berpengaruh pada efisiensi proses elektrokoagulasi. Bentuk elektroda *punched hole* memiliki efisiensi lebih tinggi dibandingkan bentuk elektroda datar (*plane*). Hal ini disebabkan oleh

intensitas medan listrik pada ujung jenis elektroda *punched hole* lebih besar (1,2 kali) dibandingkan jenis *plane*. Pengaruh bentuk elektroda tampak ketika terjadi pengendapan secara elektrostatik. (Vaujiah, 2018)

#### 6. Bentuk Elektroda

Bentuk Elektroda berpengaruh pada efisiensi proses elektrokoagulasi. Bentuk elektroda *punched hole* memiliki efisiensi lebih tinggi dibandingkan bentuk elektroda datar (*plane*). Hal ini disebabkan oleh intensitas medan listrik pada ujung jenis elektroda *punched hole* lebih besar (1,2 kali) dibandingkan jenis *plane*. Pengaruh bentuk elektroda tampak ketika terjadi pengendapan secara elektrostatik. (Vaujiah, 2018)

#### 7. Tipe *Power Supply*

Penggunaan arus DC pada proses elektrokoagulasi korosi pada anoda dikarenakan oksidasi. Hal ini menyebabkan efisiensi penyisihan polutan berkurang. (Vaujiah, 2018)

#### 8. Jarak Elektroda

Efisiensi penyisihan polutan dapat berlangsung maksimal pada jarak yang optimum. Jarak elektroda yang terlalu kecil dapat mengakibatkan efisiensi penyisihan polutan berkurang. Karena pembentukan hidroksida logam menjadi flok dan polutan yang telah tersedimentasi akan terdegradasi. Hal tersebut dikarenakan gaya tarik elektrostatik yang menyebabkan terjadinya tubrukan antar flok sehingga flok yang terbentuk pecah. Efisiensi penyisihan polutan meningkat dengan peningkatan jarak antar elektroda dari minimum sampai jarak optimal antar elektroda. Hal ini disebabkan karena dengan lebih meningkatkan jarak antar elektroda, maka ada penurunan efek elektrostatik yang menyebabkan gerakan lebih lambat dari ion-ion yang dihasilkan. Hal ini memberikan lebih banyak waktu untuk logam hidroksida yang dihasilkan menggumpal untuk membentuk flok yang mengakibatkan peningkatan efisiensi penyisihan polutan dalam larutan. Sehingga, meskipun membutuhkan waktu yang lebih lama, efisiensi penyisihan dapat lebih optimum. Sementara, jarak elektroda yang melebihi dari jarak optimum akan mengurangi efisiensi

pengurangan polutan karena ion yang terbentuk semakin lambat. (Vaujiah, 2018)

#### 9. Kecepatan Pengadukan

Pengadukan akan membantu keseragaman kondisi di dalam sel elektrolisis. Penambahan kecepatan pengadukan hingga kecepatan optimum akan meningkatkan efisiensi pengurangan polutan, dikarenakan pergerakan antar ion yang terbentuk semakin cepat. Akan tetapi juga, jika kecepatan pengadukan melebihi batas optimum, dapat menurunkan efisiensi karena tumbukan antar flok lebih besar dan menyebabkan saling terdegradasi. (Vaujiah, 2018)

### 2.3.3 Kelebihan dan Kekurangan Elektrokoagulasi

Berikut ini adalah kelebihan elektrokoagulasi (Vaujiah, 2018):

1. Tidak membutuhkan senyawa kimia (selain untuk kontrol pH).
2. Dapat digunakan untuk menangani berbagai jenis polutan seperti *suspendeddan colloidal solids*, logam berat, bakteri, dan senyawa organik.
3. Biaya operasi cukup murah: untuk menghilangkan 1 kg *suspended solid* hanya membutuhkan 15 g Al/m<sup>3</sup> dan 0,6 kWh.
4. Konsumsi energinya cukup rendah
5. Gelembung gas yang terbentuk akan membawa polutan ke permukaan air sehingga air tersebut dapat digunakan kembali
6. Dapat digunakan untuk proses *recycle* air yang telah digunakan sehingga air tersebut dapat digunakan kembali.
7. Elektrokoagulasi lebih efisiensi dibandingkan koagulasi kimia untuk proses penyisihan turbiditas
8. Penggunaannya mudah dan sederhana.
9. Proses berjalan secara otomatis dan bahaya operasi minimum.

Berikut ini adalah kekurangan dari elektrokoagulasi (Vaujiah, 2018)

1. Elektroda 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
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

Elektrokoagulasi umumnya dikenal karena pengerjaannya/operasi yang dilakukan tidak terlalu sulit dan lumpur yang dihasilkan juga tidak terlalu banyak lumpur.

Aluminium (Al) dan Besi (Fe) adalah elektroda yang paling sering digunakan karena memiliki sifat koagulan yang baik. Namun diantara keduanya, efisiensi penyisihan elektroda Al lebih tinggi dibandingkan dengan Fe. Disosiasi elektrolit dari air pada teknik elektrokoagulasi menghasilkan ion hidroksida yang dikenal sebagai salah satu radikal yang paling reaktif dalam mengoksidasi senyawa organik karena afinitasnya yang tinggi. Hidroksida yang dihasilkan atau poli hidroksida memiliki daya tarik yang kuat terhadap partikel yang terdispersi dalam ion yang menyebabkan koagulasi. Gas hidrogen yang terbentuk pada elektroda juga membantu menaikkan padatan tersuspensi yang tidak mengendap ke arah atas. (Zahara, Rita. 2018)

## **2.4 Parameter yang Diuji**

Parameter yang akan diuji pada penelitian ini adalah BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak, Nitrogen Total, pH, Aluminium (Al), Seng (Zn), dan Besi (Fe).

### **2.4.1 BOD (*Biological Oxygen Demand*)**

Parameter ini merupakan parameter untuk melihat banyaknya oksigen dalam mg/l yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan zat-zat organik dalam limbah kelapa sawit.

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

Parameter COD ini merupakan salah satu parameter untuk melihat derajat pencemaran yang telah diterima oleh air limbah. Parameter COD dimaksudkan untuk mengetahui besarnya kadar kebutuhan oksigen dalam mg/l yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan kimia dalam limbah kelapa sawit.

#### **2.4.3 TSS (*Total Suspended Solid*)**

TSS bertujuan untuk mengetahui padatan yang tidak terlarut pada air limbah. Padatan yang tidak terlarut tersebut antara lain tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme.

#### **2.4.4 Minyak dan Lemak**

Parameter ini merupakan parameter yang bertujuan untuk melihat kandungan minyak dan lemak yang terdapat didalam limbah tersebut.

#### **2.4.5 Nitrogen Total (N-Total)**

Salah satu parameter yang bertujuan untuk mengetahui kandungan kimia yang bersifat racun. Kandungan ini berupa nitrogen dalam air dan oleh bakteri berubah menjadi nitrogen ammonia yang merupakan hasil penguraian pembusukan protein tanaman atau hewan dalam kotorannya. (Sulistia, 2019)

#### **2.4.6 pH**

Parameter pH merupakan salah satu kontaminan penting yang tergolong dalam kategori kontaminan kimiawi. pH menunjukkan angka yang digunakan untuk menyatakan derajat keasaman air limbah kelapa sawit.

#### **2.4.7 Aluminium (Al)**

Aluminium merupakan parameter logam pertama yang diuji sebelum dan setelah proses elektrokoagulasi. Aluminium merupakan konduktor yang baik untuk listrik karena ringan dan kuat. Aluminium juga konduktor yang baik untuk panas. Karena dapat ditempa menjadi lembaran serta ditarik menjadi kawat dan menjadi batangan dengan bermacam-macam penampang serta tahan korosi.

#### **2.4.8 Seng (Zn)**

Seng (Zn) merupakan parameter logam kedua yang diuji sebelum dan setelah proses elektrokoagulasi. Seng (Zn) merupakan logam putih kebiruan berkilau yang cukup reaktif apabila bereaksi dengan oksigen dan merupakan jenis logam yang tidak mudah teruraikan di udara.



#### 2.4.9 Besi (Fe)

Besi (Fe) merupakan parameter logam ketiga yang akan diuji sebelum dan setelah proses elektrokoagulasi. Besi (Fe) merupakan logam yang berasal dari bijih besi (tambang) yang banyak digunakan untuk kehidupan manusia sehari-hari. Besi juga merupakan logam yang paling banyak dan paling beragam penggunaannya. Hal itu karena besi mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan dan mudah dimodifikasi.

#### 2.5 Penelitian yang Relevan

Pada peneliti sebelumnya tidak sedikit yang membahas tentang masalah limbah cair kelapa sawit. Pada Penelitian Hernaningsih (2016) Dalam limbah industri kelapa sawit konsentrasi COD sangat tinggi yang ada berkisar 40.000-120.000 mg/l, sedangkan batasan maksimum baku mutu limbah kelapa sawit yang diijinkan Kep.05/MENKLH/II/2014 hanya sebesar 350 mg/l. Kandungan kekeruhan dalam air limbah tersebut sangat berkaitan dengan kadar COD.

Pada penelitian selanjutnya (Edy, dkk 2016) Limbah cair pabrik kelapa sawit memiliki parameter kandungan dalam limbah seperti: *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Solid* (TS), *Total Suspended Solid* (TSS), minyak dan lemak yang harus ditanggulangi kembali sebelum dibuang karena kandungan yang terlalu tinggi berpotensi mencemari dan merusak lingkungan. Parameter tersebut diwajibkan memenuhi baku mutu yang ditetapkan berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah cair untuk industri minyak sawit.

Metode pengolahan secara fisika dan kimia pada umumnya digunakan dalam teknologi instalasi pengolahan limbah cair tekstil. Pengolahan dengan kedua metode tersebut memerlukan biaya operasional yang tinggi, teknis, dan lahan yang luas. Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengolahan limbah yang tepat guna dan ramah lingkungan. Metode elektrokoagulasi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan dalam mengolah limbah cair (titik). Metode ini dapat menyisahkan partikel tersuspensi, logam-logam berat, kekeruhan dan warna. Elektrokoagulasi menggunakan sumber arus langsung dari dua elektroda. (Achmad dkk, 2017)

Penelitian yang dilakukan oleh Naje et al.(2015) menyebutkan bahwa efisiensi removal COD sebesar 61% pada limbah tekstil dengan elektroda aluminium selama waktu 90 menit serta beda potensial listrik 0,6 Ampere. Kisaran pH pada limbah cair berada di nilai 7-8 pada semua seperlakuan. Kenaikan nilai pH terjadi pada seluruh perlakuan sejalan dengan bertambahnya lama waktu perlakuan. Ketika lama waktu berlangsung hingga 15 menit, pH menunjukkan nilai 7. Nilai pH naik menjadi 8 setelah melewati waktu 15 menit hingga 75.

## **2.6 Hipotesis Penelitian**

Rumusan hipotesis pada penelitian ini yaitu, penggunaan metode elektrokoagulasi dengan elektroda Aluminium (Al), Seng (Zn), dan Besi (Fe) dapat menurunkan kadar BOD, COD, TSS, Minyak & Lemak, Nitrogen Total, pH, kadar logam Aluminium (Al), Seng (Zn), dan Besi (Fe) yang terdapat di dalam limbah cair untuk industri minyak sawit sehingga memenuhi standar baku mutu air limbah untuk industri minyak sawit sesuai dengan PERMEN LH RI Nomor 5 Tahun 2014 Tanggal 15 Oktober 2014.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen secara kuantitatif. Sampel yang digunakan adalah sampel dengan bahan dasar limbah cair kelapa sawit yang berasal dari PT. Perkebunan Nusantara IV Adolina.

#### **3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian**

##### **3.1.1. Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilakukan:

1. Laboratorium Fisika UINSU Medan (Jl. IAIN No.1 Medan)
2. UPT. Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Utara
3. Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BTKLPP) Kelas I Medan.

##### **3.1.2. Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober – November 2020.

#### **3.2 Alat dan Bahan Penelitian**

##### **3.2.1 Peralatan Penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kertas Saring
2. *Power Supply Adaptor*
3. Multimeter
4. Kabel Penghubung
5. *Stopwatch*
6. *Beaker Glass* 500 ml
7. Elektroda Aluminium (Al)
8. Elektroda Seng (Zn)
9. Elektroda Besi (Fe)

##### **3.2.2 Bahan Penelitian**

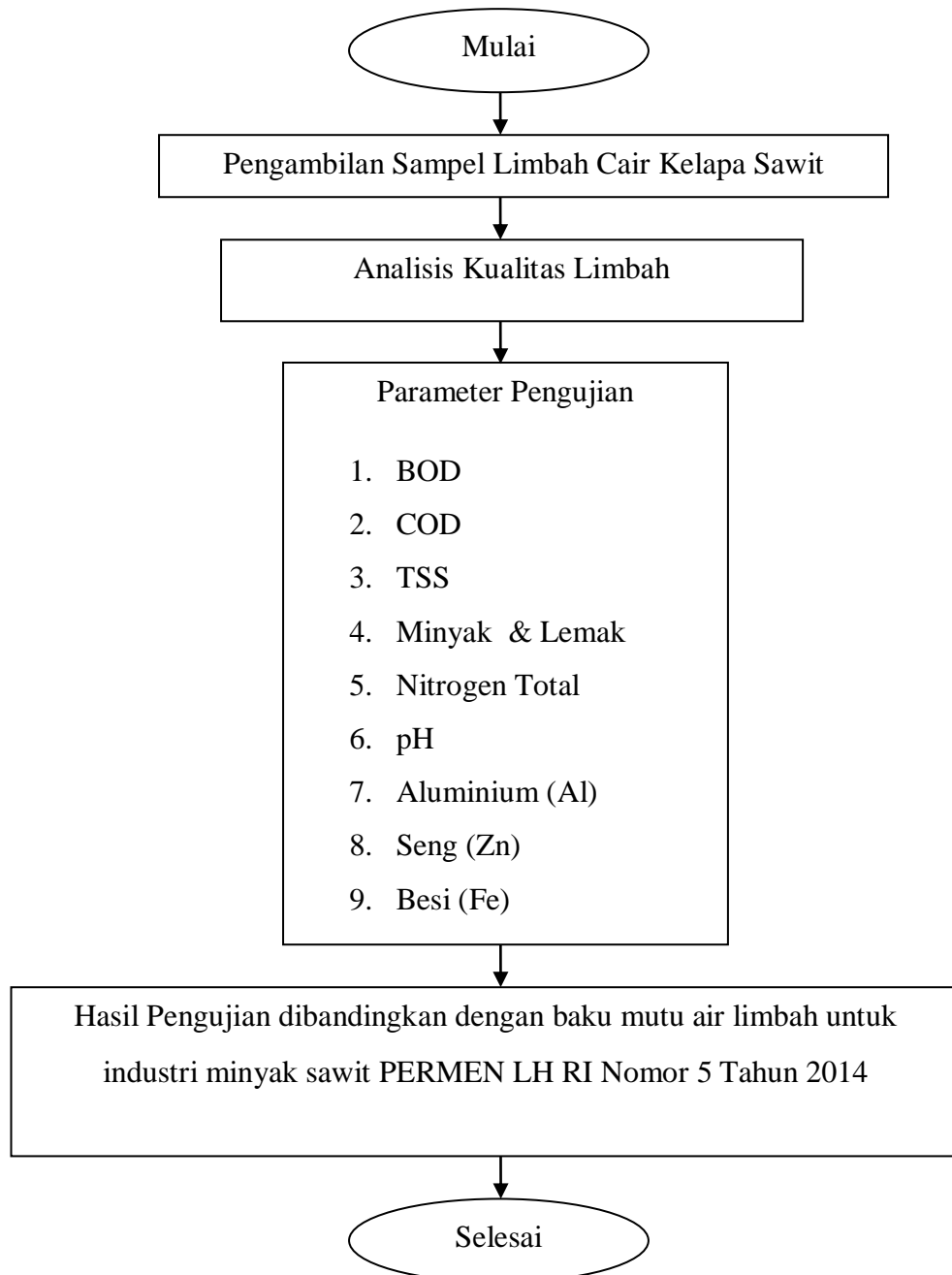
Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel air limbah kelapa sawit
2. Elektroda Aluminium (Al)
3. Elektroda Seng (Zn)
4. Elektroda Besi (Fe)

### 3.3. Diagram Alir Penelitian

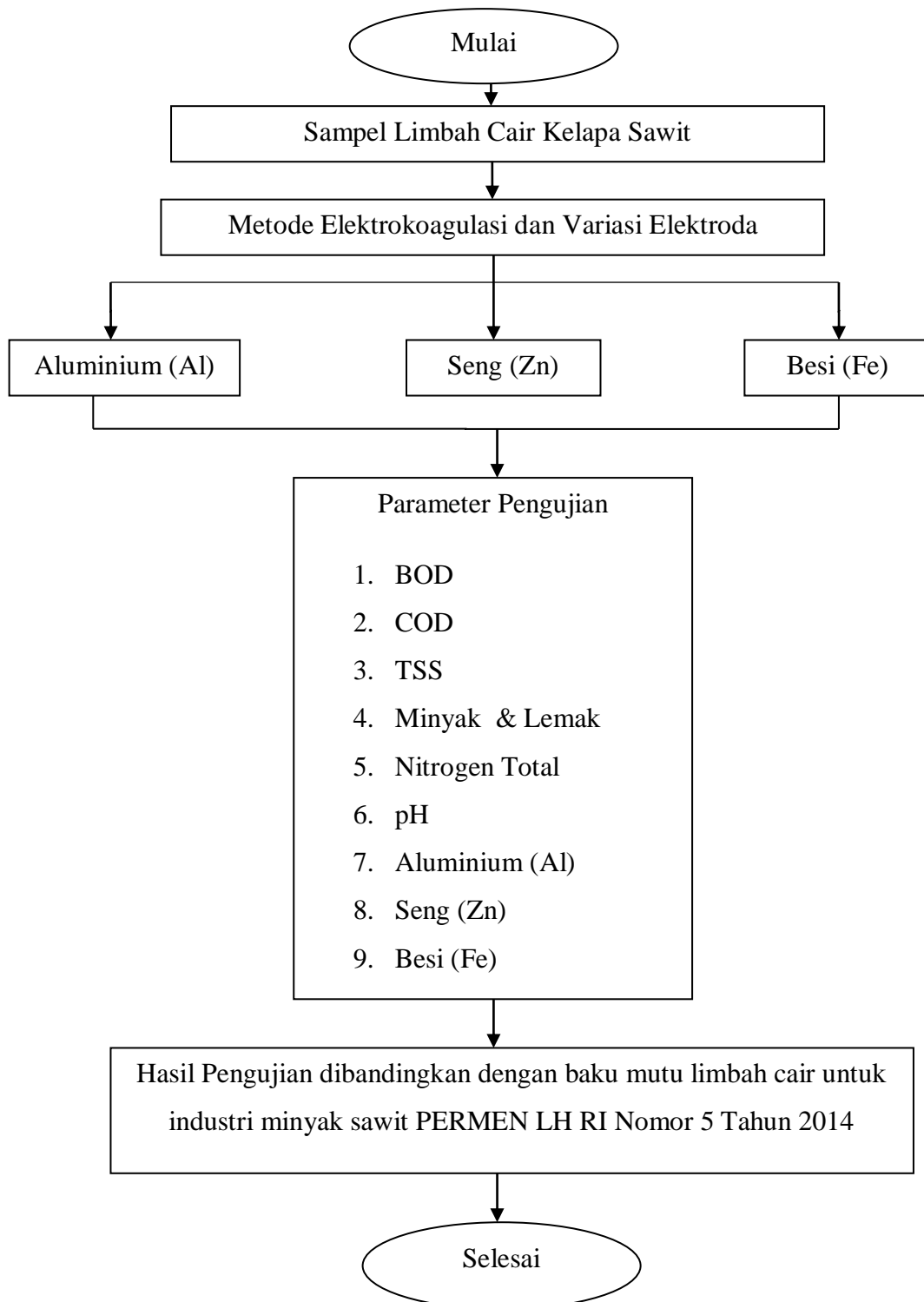
Diagram alir penelitian ini akan dilakukan secara 2 tahap yaitu:

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 Jalan Medan-Tebing Tinggi, Batang Terap, Kecamatan Perbaungan, Kabupaten Serdang Berdagai, Sumatera Utara 20986. 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**

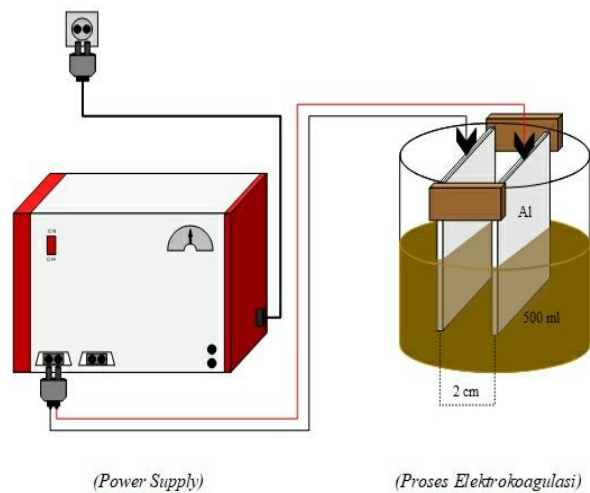
Proses pengolahan sampel limbah cair kelapa sawit menggunakan metode elektrokoagulasi dapat dilihat pada gambar di bawah ini, terlebih dahulu disiapkan alat dan bahan yang akan digunakan kemudian dirangkai, dan dilakukan penelitian dengan memvariasikan elektroda yang akan digunakan.

### **3.6. Prosedur Pengujian Limbah Cair Kelapa Sawit**

#### **3.6.1. Elektroda Aluminium (Al)**

Prosedur pengujian limbah cair kelapa sawit untuk elektroda Aluminium (Al) adalah sebagai berikut:

1. Sampel limbah cair kelapa sawit dimasukkan ke dalam gelas beaker 500 ml.
2. Dijepitkan elektroda Aluminium (Al) di penyangga
3. Elektroda Aluminium (Al) dihubungkan dengan kabel ke *power supply*
4. Diatur tegangan pada *power supply* dengan nilai tegangan 9 Volt dan waktu pemrosesan 60 menit.
5. Dicatat hasil data tegangan dan arus yang optimum (terbaik)

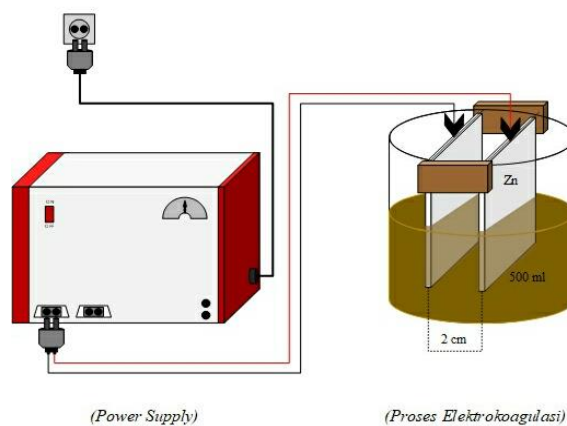


Gambar 3.3. Pengolahan limbah cair kelapa sawit dengan variasi elektroda Al melalui proses elektrokoagulasi

### 3.6.2 Elektroda Seng (Zn)

Prosedur pengujian limbah cair kelapa sawit untuk elektroda Seng (Zn) adalah sebagai berikut:

1. Sampel limbah cair kelapa sawit dimasukkan kedalam gelas beaker 500 ml
2. Dijepitkan elektroda Seng (Zn) di penyangga
3. Elektroda seng dihubungkan dengan kabel ke power supply
4. Diatur tegangan pada *power supply* dengan nilai tegangan 9 Volt dan waktu pemrosesan 60 menit.
5. Dicatat hasil data tegangan dan arus yang optimum (terbaik)



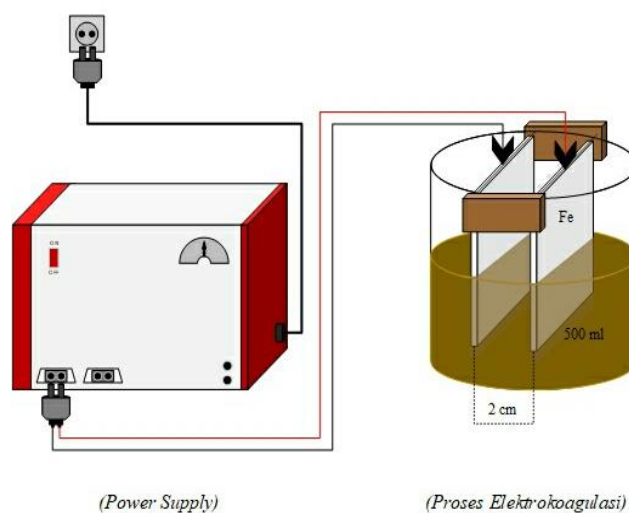
Gambar 3.4. Pengolahan limbah cair kelapa sawit dengan variasi elektroda Seng (Zn) melalui proses elektrokoagulasi



### 3.6.3 . Elektroda Besi (Fe)

Prosedur pengujian limbah cair kelapa sawit untuk elektroda Besi (Fe) adalah sebagai berikut:

1. Sampel limbah cair kelapa sawit dimasukkan ke dalam gelas beaker 500 ml.
2. Dijepitkan elektroda Besi (Fe) di penyangga
3. Elektroda Besi (Fe) dihubungkan dengan kabel ke power supply
4. Diatur tegangan pada *power supply* dengan nilai tegangan 9 Volt dan waktu pemrosesan 60 menit.
5. Dicatat hasil data tegangan dan arus yang optimum (terbaik)



Gambar 3.5 Pengolahan limbah cair kelapa sawit dengan variasi elektroda Besi (Fe) melalui proses elektrokoagulasi.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini telah dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen melalui pendekatan secara kuantitatif. Sampel yang digunakan pada penelitian adalah sampel limbah cair kelapa sawit yang berasal dari PT. Perkebunan Nusantara IV Adolina. Parameter yang diuji berdasarkan baku mutu air limbah menurut PERMEN LH RI Nomor 5 Tahun 2014 yaitu BOD, COD, TSS, Minyak & Lemak, Nitrogen total, pH, Aluminium (Al), Seng (Zn), dan Besi (Fe).

#### 4.1. Limbah Cair Kelapa Sawit Sebelum Dielektrokoagulasi

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil kualitas dari limbah cair kelapa sawit sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi seperti tercantum pada tabel 4.1.berikut ini:

Tabel 4.1 Data kualitas sampel limbah cair kelapa sawit sebelum dielektrokoagulasi

| Parameter Uji  | Hasil            | Baku mutu air limbah untuk industri minyak sawit menurut PERMEN LH RI Nomor 5 Tahun 2014 | PERMENKES RI No. 32 Tahun 2017 |
|----------------|------------------|--|--------------------------------|
| BOD            | <b>243 mg/l</b>  | 100 mg/l   | -                              |
| COD            | <b>649 mg/l</b>  | 350 mg/l   | -                              |
| TSS            | 186 mg/l         | 250 mg/l   | -                              |
| Minyak & Lemak | 2,0 mg/l         | 25 mg/l  | -                              |
| Nitrogen Total | <b>96,4 mg/l</b> | 50 mg/l  | -                              |
| pH             | 6,82             | 6,0 – 9,0  | -                              |
| Aluminium (Al) | 0,38954 mg/l     | -  | -                              |
| Seng (Zn)      | 2,00581 mg/l     | -  | 15 mg/l                        |
| Besi (Fe)      | 1,02665 mg/l     | -  | 1 mg/l                         |

Berdasarkan tabel 4.1 ditunjukkan bahwa hasil limbah cair kelapa sawit sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi untuk parameter yang belum memenuhi baku mutu air limbah PERMEN LH RI Nomor 5 Tahun 2014 adalah

BOD, COD, serta Nitrogen Total. Sedangkan untuk parameter TSS, Minyak & Lemak, serta pH sudah memenuhi standar baku mutu air limbah PERMEN LH RI Nomor 5 Tahun 2014. Untuk pengujian kadar logam Aluminium (Al), Seng(Zn), dan Besi (Fe) tidak tercantum di baku mutu air limbah, tetapi tercantum pada PERMENKES RI No.32 Tahun 2017 untuk logam Seng (Zn) dan Besi (Fe) dengan nilai untuk logam Seng (Zn) sebesar 15 mg/l dan untuk logam Besi (Fe) nilainya sebesar 1 mg/l.

#### 4.2 Limbah Cair Kelapa Sawit Setelah Dielektrokoagulasi dengan Elektroda Aluminium (Al)

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil kualitas dari limbah cair kelapa sawit setelah dielektrokoagulasi dengan elektroda Aluminium (Al) seperti tercantum pada tabel 4.2 berikut ini:

Tabel 4.2 Hasil pengolahan limbah cair kelapa sawit setelah dielektokoagulasi dengan elektroda Aluminium (Al)

| Parameter Uji  | Hasil            | Baku Mutu Air Limbah Untuk Industri Minyak Sawit Menurut PERMENLH RI Nomor 5 Tahun 2014 | PERMENKES RI No.32 Tahun 2017 |
|----------------|------------------|---|-------------------------------|
| BOD            | 69,8 mg/l        | 100 mg/l  | -                             |
| COD            | 188 mg/l         | 350 mg/l  | -                             |
| TSS            | 23 mg/l          | 250 mg/l  | -                             |
| Minyak & Lemak | <1 mg/l          | 25 mg/l   | -                             |
| Nitrogen Total | <b>60,5 mg/l</b> | 50 mg/l   | -                             |
| pH             | 8,27             | 6,0 – 9,0   | -                             |
| Aluminium (Al) | 0,19877 mg/l     | -   | -                             |
| Seng (Zn)      | 1,45771 mg/l     | -   | 15 mg/l                       |
| Besi (Fe)      | 0,67882 mg/l     | -   | 1 mg/l                        |

Berdasarkan tabel 4.2 menunjukkan bahwa hasil limbah cair kelapa sawit setelah dielektrokoagulasi dengan menggunakan elektroda Aluminium (Al) untuk parameter BOD, COD, TSS, Minyak & Lemak, serta pH sudah memenuhi standar baku mutu air limbah untuk industri minyak sawit menurut PERMEN LH RI Nomor 5 Tahun 2014. Untuk parameter Nitrogen Total belum memenuhi standar baku mutu air limbah untuk industri minyak sawit menurut PERMEN LH RI

Nomor 5 Tahun 2014. Untuk pengujian logam Aluminium (Al) setelah dilakukan proses elektrokoagulasi hasil yang didapat sebesar 0,19877 mg/l, Untuk pengujian logam Seng (Zn) setelah dilakukan proses elektrokoagulasi hasil yang didapat sebesar 1,45771 mg/l, dan untuk pengujian logam Besi (Fe) setelah dilakukan proses elektrokoagulasi hasil yang didapat sebesar 0,6788 mg/l.

Sedangkan untuk pengujian kadar logam Aluminium (Al) tidak tercantum di standar baku mutu air limbah untuk industri minyak sawit menurut PERMEN LH RI Nomor 5 Tahun 2014 dan di standar baku mutu air bersih menurut PERMENKES RI No. 32 Tahun 2017.

#### 4.3 Limbah Cair Kelapa Sawit Setelah Dielektrokoagulasi dengan Elektroda Seng (Zn)

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil kualitas dari limbah cair kelapa sawit setelah dielektrokoagulasi dengan elektroda Seng (Zn) seperti tercantum pada tabel 4.3 berikut ini:

Tabel 4.3 Hasil pengolahan limbah cair kelapa sawit setelah dielektrokoagulasi dengan elektroda Seng (Zn)

| Parameter Uji    | Hasil        | Baku Mutu Air Limbah Untuk Industri Minyak Sawit Menurut PERMEN LH RI Nomor 5 tahun 2014 | PERMENKES RI No. 32 Tahun 2017 |
|------------------|--------------|--|--------------------------------|
| BOD              | 66,8 mg/l    | 100 mg/l   | -                              |
| COD              | 178 mg/l     | 350 mg/l   | -                              |
| TSS              | 15 mg/l      | 250 mg/l   | -                              |
| Minyak dan Lemak | <1 mg/l      | 25 mg/l  | -                              |
| Nitrogen Total   | 41,5 mg/l    | 50 mg/l  | -                              |
| pH               | 8,17         | 6,0 – 9,0  | -                              |
| Aluminium (Al)   | 0,19877 mg/l | -  | -                              |
| Seng (Zn)        | 1,45771 mg/l | -  | 15 mg/l                        |
| Besi (Fe)        | 0,67882 mg/l | -  | 1 mg/l                         |

Berdasarkan tabel 4.3 ditunjukkan bahwa hasil limbah cair kelapa sawit setelah dielektrokoagulasi dengan menggunakan elektroda Seng (Zn) untuk parameter BOD, COD, TSS, Minyak & Lemak, Nitrogen Total, serta pH sudah memenuhi standar baku mutu air limbah untuk industri minyak sawit menurut PERMEN LH RI Nomor 5 Tahun 2014. Sedangkan untuk pengujian logam Seng

(Zn) setelah dielektrokoagulasi hasil yang didapat sebesar 1,45771 mg/l. Untuk pengujian logam Aluminium (Al) setelah dielektrokoagulasi hasil yang didapat sebesar 0,19877 mg/l. Sedangkan untuk pengujian logam Besi (Fe) setelah dielektrokoagulasi hasil yang didapat sebesar 0,6788 mg/l. Apabila dibandingkan dengan Tabel 4.1 (sebelum dielektrokoagulasi) nilai Seng (Zn), Aluminium (Al), dan Besi (Fe) mengalami penurunan. Kemudian dibandingkan dengan standar baku air bersih menurut PERMENKES RI No. 32 Tahun 2017 untuk elektroda Seng (Zn) dan Besi (Fe) sudah memenuhi standar baku mutu air bersih.

#### 4.4 Limbah Cair Kelapa Sawit Setelah Dielektrokoagulasi dengan Elektroda Besi (Fe)

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil kualitas dari limbah cair kelapa sawit setelah dielektrokoagulasi dengan elektroda Besi (Fe) seperti tercantum pada tabel 4.4 berikut ini:

Tabel 4.4 Hasil pengolahan limbah cair kelapa sawit setelah dielektokoagulasi dengan elektroda Besi (Fe)

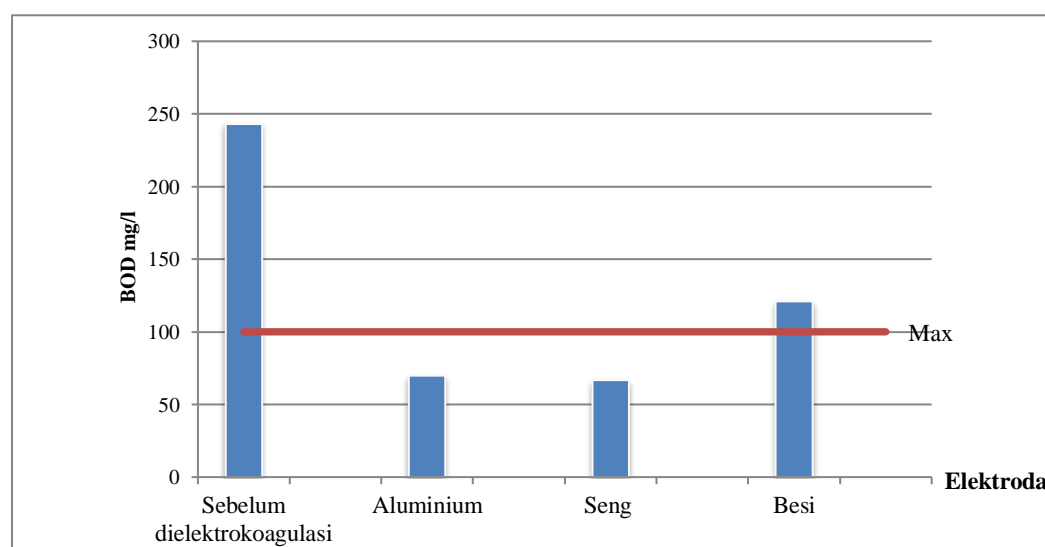
| Parameter Uji    | Hasil            | Baku Mutu Air Limbah Untuk Industri Minyak Sawit Menurut PERMEN LH RI Nomor 5 tahun 2014 | PERMENKES RI No. 32 Tahun 2017 |
|------------------|------------------|--|--------------------------------|
| BOD              | <b>121 mg/l</b>  | 100 mg/l   | -                              |
| COD              | 315 mg/l         | 350 mg/l   | -                              |
| TSS              | 12 mg/l          | 250 mg/l   | -                              |
| Minyak dan Lemak | <1 mg/l          | 25 mg/l  | -                              |
| Nitrogen Total   | <b>50,3 mg/l</b> | 50 mg/l  | -                              |
| pH               | 8,36             | 6,0 – 9,0  | -                              |
| Aluminium (Al)   | 0,19877 mg/l     | -  | -                              |
| Seng (Zn)        | 1,45771 mg/l     | -  | 15 mg/l                        |
| Besi (Fe)        | 0,67882 mg/l     | -  | 1 mg/l                         |

Berdasarkan tabel 4.4 menunjukkan bahwa hasil limbah cair kelapa sawit setelah dielektrokoagulasi dengan menggunakan elektroda Besi (Fe) untuk parameter BOD, dan Nitrogen Total belum memenuhi standar baku mutu air limbah untuk industri minyak sawit menurut PERMEN LH RI Nomor 5 Tahun 2014. Untuk parameter COD, TSS, Minyak & Lemak, serta pH sudah memenuhi

standar baku mutu air limbah untuk industri minyak sawit menurut PERMEN LHR RI Nomor 5 Tahun 2014. Sedangkan untuk pengujian logam Besi (Fe) hasil yang di dapat sebesar 0,67882 mg/l. Untuk pengujian logam Aluminium (Al) setelah dielektrokoagulasi hasil yang didapat sebesar 0,19877 mg/l. Sedangkan untuk pengujian logam Seng (Zn) setelah dielektrokoagulasi hasil yang didapat sebesar 1,45771 mg/l. Apabila dibandingkan dengan Tabel 4.1 (sebelum dielektrokoagulasi) nilai Besi (Fe), Aluminium (Al), dan Seng (Zn) mengalami penurunan. Kemudian dibandingkan dengan standar baku air bersih menurut PERMENKES RI No. 32 Tahun 2017 untuk elektroda Besi (Fe) dan Seng (Zn) sudah memenuhi standar baku mutu air bersih. Sedangkan untuk pengujian kadar logam Besi (Fe), Aluminium (Al), dan Seng (Zn) tidak tercantum di baku mutu air limbah.

#### 4.5 Pengaruh Variasi Elektroda terhadap BOD Pada Proses Elektrokoagulasi

*Biological Oxygen Demand* (BOD) adalah suatu analisis empiris yang mencoba mendeteksi secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. BOD juga menunjukkan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri aerobik melalui proses biologis (*biological oxidation*) secara dekomposisi aerobik. Pengaruh variasi elektroda terhadap BOD pada proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada grafik di bawah ini:

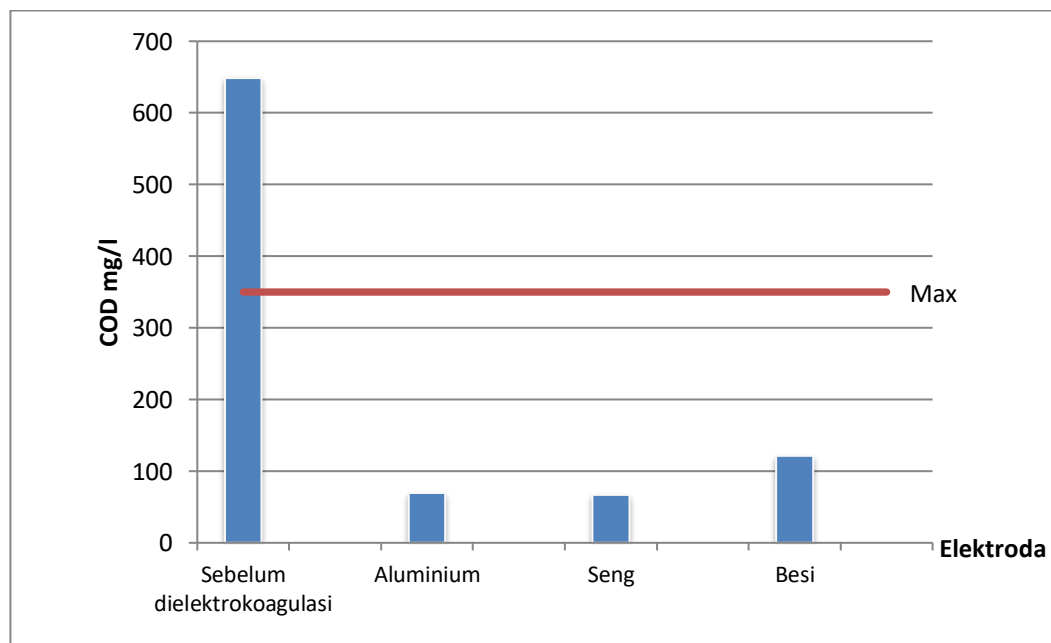


Gambar 4.1 Grafik pengujian BOD sebelum dan setelah dielektrokoagulasi

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwasanya penggunaan tiga elektroda mampu menurunkan kadar BOD limbah cair kelapa sawit pada proses elektrokoagulasi. Penurunan kadar BOD tertinggi terjadi pada penggunaan elektroda Seng (Zn). Kemudian diikuti oleh elektroda Aluminium (Al) dan elektroda Besi (Fe). Untuk elektroda Aluminium (Al) dan Seng (Zn) sudah berada di bawah kadar maksimum baku mutu limbah cair kelapa sawit menurut PERMEN LH RI No. 5 Tahun 2014. Sedangkan untuk elektroda Besi (Fe) meskipun terjadi penurunan, namun Besi (Fe) masih berada di atas kadar maksimum.

#### 4.6. Pengaruh Variasi Elektroda terhadap COD Pada Proses Elektrokoagulasi

*Chemical Oxygen Demand* (COD) merupakan analisis terhadap jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada di dalam 1 liter sampel air sebagai sumber oksigen. COD atau kebutuhan oksigen kimiawi adalah jumlah kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi zat-zat organik. Pengaruh variasi elektroda terhadap COD pada proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada grafik di bawah ini:

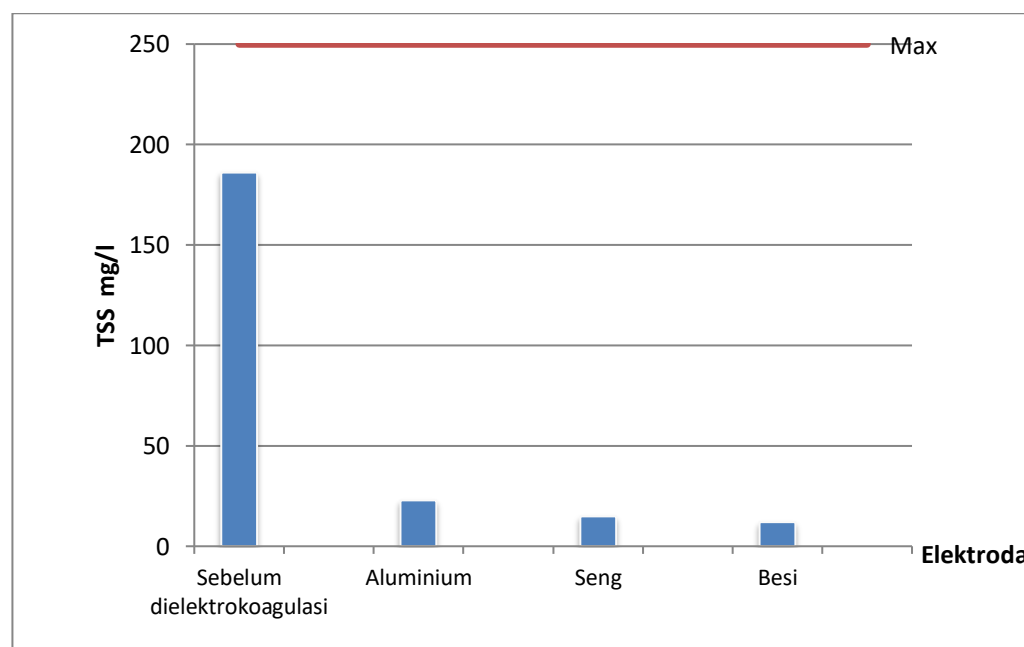


Gambar 4.2 Grafik pengujian COD sebelum dan setelah dielektrokoagulasi

Berdasarkan grafik diatas ditunjukkan penggunaan tiga elektroda mampu menurunkan kadar COD limbah cair kelapa sawit pada proses elektrokoagulasi. Penurunan nilai COD tertinggi terjadi pada elektroda Seng (Zn). Kemudian diikuti oleh Aluminium (Al) dan Besi (Fe). Konsentrasi COD pada limbah industri sawit sangat tinggi berkisar 40.000 – 120.000 mg/l. Sedangkan batasan maksimum baku mutu limbah kelapa sawit yang diizinkan menurut PERMEN LH RI Nomor 5 Tahun 2014 hanya sebesar 350 mg/l. Kandungan kekeruhan dalam air limbah tersebut sangat berkaitan dengan kadar COD. Secara signifikan, seperti grafik di atas ketiga elektroda sudah dibawah batas maksimum baku mutu limbah cair kelapa sawit.

#### 4.7 Pengaruh Variasi Elektroda terhadap TSS Pada Proses Elektrokoagulasi

TSS (*Total Suspended Solids*) merupakan hasil dari penyaringan padatan terlarut yang biasanya merupakan partikel koloid pengendapannya dilakukan dengan gravitasi. Pengaruh variasi elektroda terhadap TSS pada proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada grafik di bawah ini:



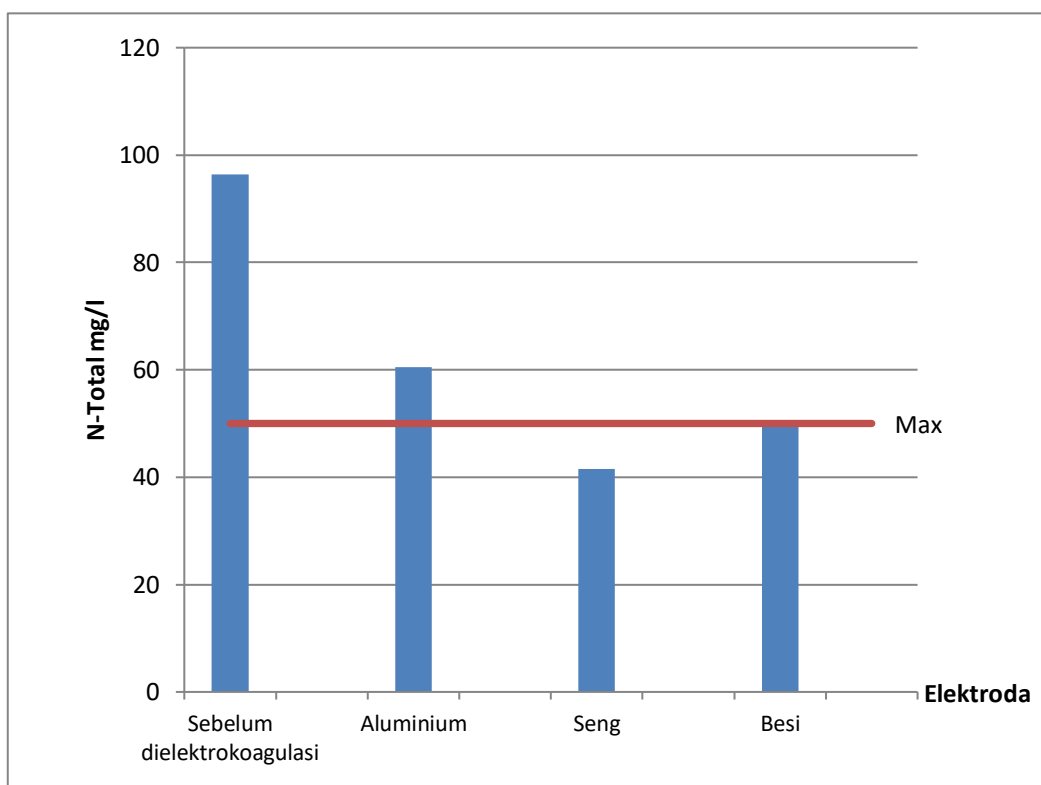
Gambar 4.3 Grafik pengujian TSS sebelum dan setelah dielektrokoagulasi



Grafik di atas ditunjukkan bahwa proses elektrokoagulasi berhasil menurunkan kandungan TSS pada limbah cair kelapa sawit. Penurunan nilai TSS tertinggi terjadi pada penggunaan elektroda Besi (Fe) yang diikuti oleh elektroda Seng (Zn) dan Aluminium (Al). Secara signifikan, meskipun kondisi ketiga elektroda sebelum dilakukan elektrokoagulasi sangat tinggi tetapi masih berada di bawah standar batas maksimum baku mutu limbah cair kelapa sawit.

#### 4.8 Pengaruh Variasi Elektroda terhadap N-Total Pada Proses Elektrokoagulasi

Nitrogen Total (N-total) merupakan parameter untuk mengetahui kandungan kimia yang bersifat racun. Kandungan ini berupa nitrogen dalam air dan oleh bakteri berubah menjadi nitrogen amonia yang merupakan hasil penguraian pembusukan protein tanaman atau hewan dalam kotoran. Pengaruh variasi elektroda terhadap (N-total) pada proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada grafik di bawah ini:

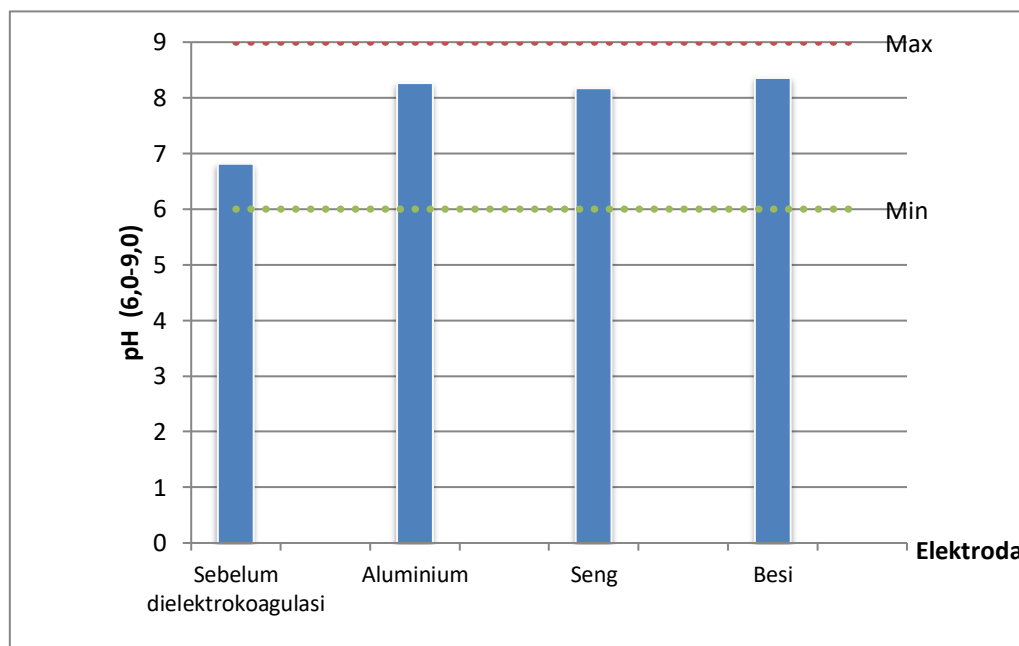


Gambar 4.4 Grafik Pengujian N-Total Sebelum dan Setelah Dielektrokoagulasi

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan pengaplikasian proses elektrokoagulasi mampu menurunkan kandungan Nitrogen Total (N-Total) pada limbah cair kelapa sawit. Dari ketiga elektroda yang digunakan , penurunan kadar Nitrogen Total (N-Total) tertinggi terjadi pada elektroda Seng (Zn). Kemudian diikuti dengan elektroda Besi (Fe) dan Aluminium (Al). Meskipun telah terjadi penurunan sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi tetapi untuk elektroda Aluminium (Al) dan Besi (Fe) masih berada di atas batas kadar maksimum limbah cair kelapa sawit.

#### 4.9 Pengaruh Variasi Elektroda terhadap pH Pada Proses Elektrokoagulasi

pH merupakan salah satu kontaminan penting yang tergolong dalam kategori kontaminan kimiawi. pH menunjukkan angka yang digunakan untuk menyatakan derajat keasaman air limbah kelapa sawit. Pengaruh variasi elektroda terhadap pH pada proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada grafik di bawah ini:



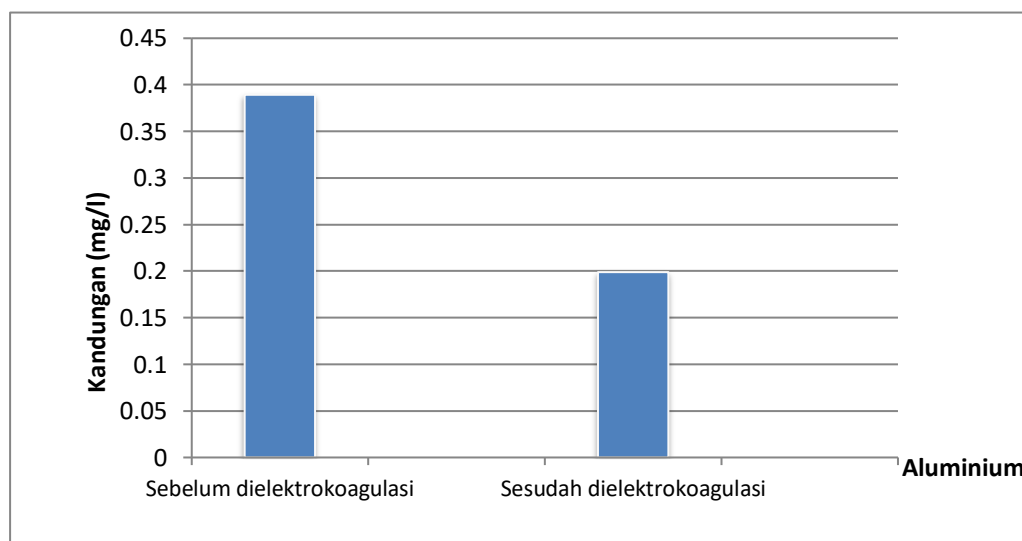
Gambar 4.5 Grafik Pengujian pH Sebelum dan Setelah Dielektrokoagulasi

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat pada keadaan sebelum dan sesudah proses elektrokoagulasi berada pada rentang 6,0 – 9,0. Nilai pH yang didapat sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi untuk elektroda Aluminium (Al), Seng

(Zn), dan Besi (Fe) sudah memenuhi standar baku mutu air limbah industri kelapa sawit menurut PERMEN LH RI Nomor 5 Tahun 2014 . Setelah dilakukan metode elektrokoagulasi nilai yang didapat oleh ketiga elektroda mengalami kenaikan tetapi masih berada di antara rentang 6,0 - 9,0 dan masih memenuhi standar baku mutu air limbah.

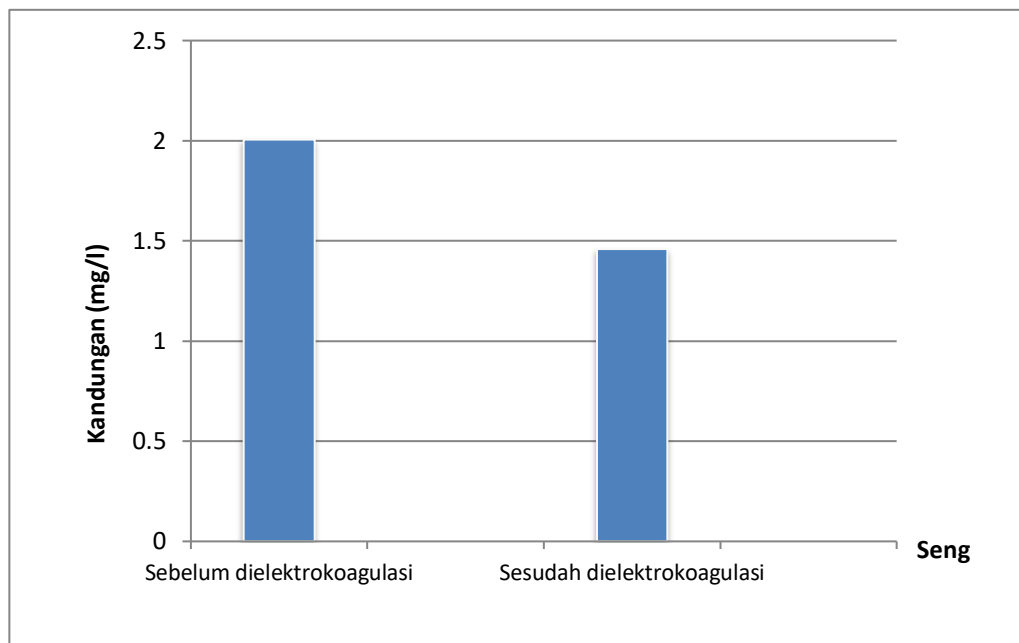
#### 4.10. Pengaruh Variasi Elektroda Terhadap Kandungan Aluminium (Al), Seng (Zn), dan Besi (Fe) Pada Proses Elektrokoagulasi

Elektroda dalam proses elektrokoagulasi merupakan salah satu alat untuk menghantarkan atau menyampaikan arus listrik ke dalam larutan agar larutan tersebut terjadi suatu reaksi (perubahan kimia). Elektroda tempat terjadi reaksi reduksi disebut katoda, Sedangkan tempat terjadinya reaksi oksidasi disebut anoda. Pengaruh variasi elektroda terhadap kualitas limbah cair kelapa sawit pada proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada grafik di bawah ini:



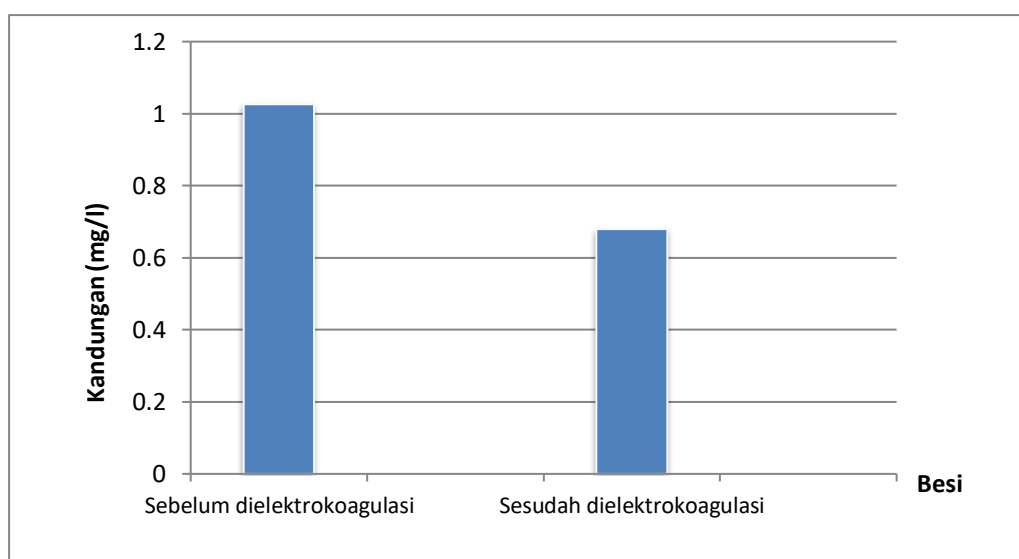
Gambar 4.6 Grafik pengujian variasi elektroda terhadap kandungan Aluminium (Al) pada proses elektrokoagulasi

Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai pengujian kandungan elektroda Aluminium (Al) setelah dilakukan proses elektrokoagulasi mengalami penurunan. Untuk elektroda Aluminium sebelum dilakukan elektrokoagulasi nilainya sebesar 0,38954 mg/l. Sedangkan setelah dilakukan proses elektrokoagulasi nilai yang diperoleh menjadi 0,19877 mg/l.



Gambar 4.7 Grafik pengujian variasi elektroda terhadap kandungan Seng (Zn) pada proses elektrokoagulasi

Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai pengujian kandungan elektroda untuk variasi elektroda Seng (Zn) setelah dilakukan proses elektrokoagulasi mengalami penurunan. Sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi nilainya sebesar 2,00581 mg/l. Sedangkan setelah dilakukan proses elektrokoagulasi nilai yang diperoleh menjadi 1,45771 mg/l.



Gambar 4.8 Grafik pengujian variasi elektroda terhadap kandungan Besi (Fe) pada proses elektrokoagulasi

Grafik di atas menunjukkan bahwa nilai pengujian kandungan elektroda Besi (Fe) setelah dilakukan proses elektrokoagulasi mengalami penurunan. Untuk elektroda Besi (Fe) sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi nilainya sebesar 1,02665 mg/l. Sedangkan setelah dilakukan proses elektrokoagulasi nilai yang diperoleh menjadi 0,67882 mg/l.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian tentang pengolahan limbah cair kelapa sawit dengan memvariasikan elektroda melalui proses elektrokoagulasi yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil uji sampel limbah cair kelapa sawit sebelum dilakukan proses elektrokoagulasi sudah memenuhi standar baku mutu air limbah berdasarkan PERMEN LH RI Nomor 5 Tahun 2014 pada beberapa parameter yaitu TSS, Minyak dan Lemak, serta pH. Parameter yang belum memenuhi adalah BOD, COD, dan Nitrogen Total (N-Total).
2. Hasil uji sampel limbah cair kelapa sawit setelah dilakukan proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda Aluminium (Al), Seng (Zn), dan Besi (Fe) sudah memenuhi standar baku mutu air limbah berdasarkan PERMEN LH RI Nomor 5 Tahun 2014, kecuali pada parameter Nitrogen Total (Elektroda Aluminium (Al) dan Besi (Fe)) dan parameter BOD (Elektroda Fe)
3. Dari ketiga variasi elektroda yang digunakan diperoleh bahwa elektroda Seng (Zn) yang memberikan pengaruh yang lebih signifikan terhadap pemenuhan standar baku mutu air limbah pada proses elektrokoagulasi dibandingkan dengan elektroda Aluminium (Al) dan Besi (Fe).

#### **5.2 Saran**

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

1. Peneliti selanjutnya hendaknya memvariasikan tegangan untuk hasil yang lebih optimal.
2. Peneliti selanjutnya hendaknya melakukan penelitian dalam skala besar agar didapat hasil yang lebih sesuai dengan kenyataan di lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Firmansyah, A dan Saputra, A. 2001. *Pengolahan Limbah Industri Minyak Kelapa Sawit dengan Bioreaktor Membran Anaerob*. Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri. Bandung: ITB
- Hari, Fauziah. 2018. *Perbandingan efisiensi penurunan kesadahan air menggunakan elektroda aluminium (al) dengan konfigurasi Monopolar dan Bipolar pada proses elektrokoagulasi*. Skripsi. Medan: USU
- Hanum Farida, Tambung Rondang, Yusuf M. Ritonga, dan William Wardhana Kasim. 2015. *Aplikasi Elektrokoagulasi Dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit*. Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik. Medan: USU
- Husni, F. 2010. *Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Effluent RANUT (Reaktor Anaerobik Unggun Tetap) Menggunakan Teknik Elektrokoagulasi*. Tesis. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik. Medan: USU
- Hasanah, Moraida. 2011. *Efektivitas Elektroda Tembaga (Cu) pada proses elektrokoagulasi dalam penjernihan air sungai di desa air hitam kabupaten labuhan batu utara*. Skripsi. Medan: USU
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2014. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah*. Jakarta
- Masthura dan Jumiati Ety. 2017. *Peningkatan kualitas air menggunakan metode elektrokoagulasi dan filter karbon*. Jurnal FISITEK. Jurnal Ilmu fisika dan Teknologi .Vol.1. No.2. Hal 1-6. ISSN: 2580-989. Medan
- Ni'am, Ahmad 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*. Al- ARD Jurnal Teknik Lingkungan. Vol.3. No.1 Hal 21-26

Notoatmodjo, Soekidjo. 2011. *Kesehatan Masyarakat Ilmu dan Seni*. Edisi Revisi. Jakarta: PT.Rhineka Cipta.

P, Bambang Hari, dan Harsanti Mining. 2010. *Pengolahan Air Limbah Tekstil Menggunakan Proses Elektrokoagulasi dengan sel Al*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan untuk pengolahan Sumber Daya alam Indonesia. ISSN 1693-4393. Jakarta

Phalakornkulea, C, Mangmeemakb, J, Intrachodbd K, and B. Nuntakumjorn. 2010. *Pretreatment of Palm Oil Mill Effluent by Elektrocoagulation and Coagulation*. Science Asia. Volume 36. P 142-149

Pramudyanto, B. 2003. *Pemeriksaan Industri dalam Pengendalian Pencemaran*. Semarang: Agung

Rusmey, Togatorop. 2009. "Kolerasi antara Biological Oxygen Demand (BOD) Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit terhadap Ph, Total Suspended Solid (TSS), Alkainti dan Minyak/Lemak. Tesis.

Said, NI, Firly. 2010. *Uji Performance Biofilter Anaerobik Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon untuk Pengolahan Limbah Rumah Potong Ayam*. Jurnal BPPT.

Saputra, Edy. 2016. *Pengaruh Jarak Pada Reaktor Elektrokoagulasi terhadap Pengolahan Effluent Limbah Cair Kelapa Sawit*. Jurnal Teknik Kimia USU Vol.5 No.4 Medan: USU

Sumanzaya, Tri. 2019. *Analisis Karakteristik Onggok Singkong Sebagai Pasta Biobaterai*. Skripsi. Universitas Lampung.

Supriadi. 2016. *Analisis Kadar logam timbale (pb), cadmium (cd), dan merkuri (hg) pada air laut di wisata pantai karena dan tanjung baying Makassar*. Skripsi. Makassar: UIN ALAUDDIN MAKASSAR



Taty, Hernaningsih. 2016. *Tinjauan Teknologi Pengolahan Air Limbah Industri dengan Proses Elektrokoagulasi*. Vol 9. No.1. Jakarta : Pusat Teknologi Lingkungan, BadanPengkajian dan Penerapan Teknologi. Hal 31-46

Yulianti, Devi. 2016. *Analisis Kelistrikan Sel Volta Memanfaatkan Logam Bekas*. Skripsi. Universitas Lampung.

## Rujukan Online:

<https://Erlinaerikawati.blogspot.com>. Diakses pada 16 februari 2020, Pukul 21:00 WIB, Medan

<https://mekanismeproseselektrokoagulasi.blogspot.com> Diakses pada 16 februari 2020, Pukul 21:00 WIB, Medan

<http://repository.usu.ac.id> Diakses pada 16 Maret 2020, Pukul 21:15 WIB, Medan

[www.pelatihanlingkunganhidup.com2014,No1815](http://www.pelatihanlingkunganhidup.com2014,No1815) Diakses pada 25 februari 2020, Pukul 20:30 WIB, Medan

## LAMPIRAN 1

---



**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<br>(mg/L)                        | Beban Pencemaran<br>Paling Tinggi (kg/ton) |
|----------------------------|--|--|
| BOD <sub>5</sub>           | 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 <sup>3</sup> 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 diatas dinyatakan dalam kg parameter per ton produk minyak sawit (CPO).
3. Nitrogen Total = Nitrogen Organik + Amonia Total + NO<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>.

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.

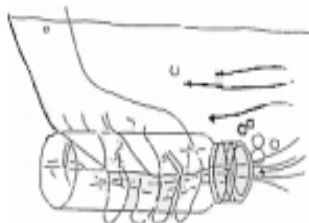


**Keterangan gambar:**

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**  
**STANDAR PERMENKES RI NO. 32 TAHUN 2017**



PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA  
NOMOR 32 TAHUN 2017  
TENTANG  
STANDAR BAKU MUTU KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PERSYARATAN  
KESEHATAN AIR UNTUK KEPERLUAN HIGIENE SANITASI, KOLAM RENANG,  
*SOLUS PER AQUA*, DAN PEMANDIAN UMUM

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA,

**Menimbang** : bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 26 ayat (1) Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, perlu menetapkan Peraturan Menteri Kesehatan tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*, dan Pemandian Umum;

**Mengingat** : 1. Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 184, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5570);  
2. Peraturan Presiden Nomor 35 Tahun 2015 tentang Kementerian Kesehatan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 59);

-10-

BAB II  
STANDAR BAKU MUTU KESEHATAN LINGKUNGAN

A. Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi

Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia yang dapat berupa parameter wajib dan parameter tambahan. Parameter wajib merupakan parameter yang harus diperiksa secara berkala sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan, sedangkan parameter tambahan hanya diwajibkan untuk diperiksa jika kondisi geohidrologi mengindikasikan adanya potensi pencemaran berkaitan dengan parameter tambahan. Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi tersebut digunakan untuk pemeliharaan kebersihan perorangan seperti mandi dan sikat gigi, serta untuk keperluan cuci bahan pangan, peralatan makan, dan pakaian. Selain itu Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi dapat digunakan sebagai air baku air minum.

Tabel 1 berisi daftar parameter wajib untuk parameter fisik yang harus diperiksa untuk keperluan higiene sanitasi.

Tabel 1. Parameter Fisik dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

| No. | Parameter Wajib  | Unit | Standar Baku Mutu<br>(kadar maksimum) |
|-----|--|------|---------------------------------------|
| 1.  | Kekeruhan  | NTU  | 25                                    |
| 2.  | Warna  | TCU  | 50                                    |
| 3.  | Zat padat terlarut<br>( <i>Total Dissolved Solid</i> ) | mg/l | 1000                                  |
| 4.  | Suhu   | °C   | suhu udara ± 3                        |
| 5.  | Rasa   |      | tidak berasa                          |
| 6.  | Bau  |      | tidak berbau                          |

Tabel 2 berisi daftar parameter wajib untuk parameter biologi yang harus diperiksa untuk keperluan higiene sanitasi yang meliputi *total coliform* dan *escherichia coli* dengan satuan/unit *colony forming unit* dalam 100 ml sampel air.

Tabel 2. Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

| No. | Parameter<br>Wajib | Unit      | Standar Baku Mutu<br>(kadar maksimum) |
|-----|--------------------|-----------|---------------------------------------|
| 1.  | Total coliform     | CFU/100ml | 50                                    |
| 2.  | E. coli            | CFU/100ml | 0                                     |

Tabel 3 berisi daftar parameter kimia yang harus diperiksa untuk keperluan higiene sanitasi yang meliputi 10 parameter wajib dan 10 parameter tambahan. Parameter tambahan ditetapkan oleh pemerintah daerah kabupaten/kota dan otoritas pelabuhan/bandar udara.

Tabel 3. Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi


| No.             | Parameter                      | Unit | Standar Baku Mutu<br>(kadar maksimum) |
|-----------------|--------------------------------|------|---------------------------------------|
| <b>Wajib</b>    |                                |      |                                       |
| 1.              | pH                             | mg/l | 6,5 - 8,5                             |
| 2.              | Besi                           | mg/l | 1                                     |
| 3.              | Fluorida                       | mg/l | 1,5                                   |
| 4.              | Kesadahan (CaCO <sub>3</sub> ) | mg/l | 500                                   |
| 5.              | Mangan                         | mg/l | 0,5                                   |
| 6.              | Nitrat, sebagai N              | mg/l | 10                                    |
| 7.              | Nitrit, sebagai N              | mg/l | 1                                     |
| 8.              | Sianida                        | mg/l | 0,1                                   |
| 9.              | Deterjen                       | mg/l | 0,05                                  |
| 10.             | Pestisida total                | mg/l | 0,1                                   |
| <b>Tambahan</b> |                                |      |                                       |
| 1.              | Air raksa                      | mg/l | 0,001                                 |
| 2.              | Arsen                          | mg/l | 0,05                                  |
| 3.              | Kadmium                        | mg/l | 0,005                                 |
| 4.              | Kromium (valensi 6)            | mg/l | 0,05                                  |
| 5.              | Selenium                       | mg/l | 0,01                                  |
| 6.              | Seng                           | mg/l | 15                                    |
| 7.              | Sulfat                         | mg/l | 400                                   |
| 8.              | Timbal                         | mg/l | 0,05                                  |



## LAMPIRAN 4


## 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



Komite Akreditasi Nasional  
LP-1274-IDN

---

**SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN**  
 Nomor: 040 /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 05-6989.11-2004 |
| 2. | BOD            | 241           | mg/L   | SNI 6989.72-2009    |
| 3. | COD            | 649           | mg/L   | SNI 6989.2-2009     |
| 4. | TSS            | 185           | mg/L   | SNI 05-6989.3-2004  |
| 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 berdasarkan dengan contoh yang di uji.  
 2. Laporan hasil pengujian tidak boleh digunakan kecuali seluruhnya.  
 Dan saat 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

1 dari 1

LANSARI DAULAY  
10/09/2020

2. Data Kualitas Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit Setelah Dielektrokoagulasi Dengan Elektroda Aluminium (Al)



**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: 10/W /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   |

1 dari 1

UPT LABORATORIUM LINGKUNGAN  
DINAS LINGKUNGAN HIDUP  
SUMATERA UTARA

3. Data Kualitas Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit Setelah Dielektrokoagulasi Dengan Elektroda Seng (Zn)



**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: 10/W /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   |

1 dari 1

UPT LABORATORIUM LINGKUNGAN  
DINAS LINGKUNGAN HIDUP  
SUMATERA UTARA

4. Data Kualitas Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit Setelah Dielektrokoagulasi Dengan Elektroda Besi (Fe)



**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

| No | Parameter      | Hasil Analisa | Satuan | Acuan Metode        |
|----|----------------|---------------|--------|---------------------|
|    |                | Outlet 03     |        |                     |
| 1. | pH             | 8,36          |        | SNI 06-6989.11-2004 |
| 2. | TSS            | 12            | mg/L   | SNI 06-6989.3-2004  |
| 3. | Minyak & Lemak | <1            | mg/L   | SNI 6989.10-2011    |
| 4. | COD            | 315           | mg/L   | SNI 6989.2-2009     |
| 5. | BOD            | 121           | mg/L   | SNI 6989.72-2009    |
| 6. | N-Total        | 50,3          | mg/L   | Hach Method 10072   |



Catatan : 1. Hasil yang ditampilkan hanya berdasarkan dengan sampel yang di uji.  
 2. Laporan hasil pengujian tidak boleh dipergunakan kecuali seluruhnya dan atas persetujuan tertulis dari laboratorium.

Medan, 16 November 2020  
 UPT LABORATORIUM LINGKUNGAN  
 Dis. LH PROVINSI SUMATERA UTARA  
 KEPALA






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



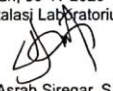
5. Data Nilai Pengukuran Kandungan Aluminium (Al), Seng (Zn), dan Besi (Fe) Sebelum Dielektrokoagulasi

| KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA  |  | DIREKTORAT JENDERAL<br>PENCEGAHAN DAN PENGENDALIAN PENYAKIT   |           |   |
|---|--|---|-----------|---|
|    |  | BALAI TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PENGENDALIAN PENYAKIT<br>(BTKLPP) KELAS I MEDAN<br>Jalan K.H. Wahid Hasyim 15 Medan 20154<br>Telp. (061) 4512305, Fax (061) 4521053<br>E-mail: btklppmdn@yahoo.co.id. Website : www.btklppmedan.or.id |           |   |
|   |  |   |           |  |
| F/BTKL-MDN/5.10.1.F   | <b>LAPORAN HASIL UJI</b><br>K/ /   | Hal. 1 dari 3 hal   |           |   |
| <b>Pengujian Instalasi Laboratorium Kimia</b>   |  |   |           |   |
| 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:<br>*): Parameter Terakreditasi  |  |   |           |   |
| Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.<br>2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BTKLPP Kelas I Medan kecuali secara lengkap. |  |   |           |   |
| Mengetahui,<br>Kepala Seksi PTL<br><br>( Al Fattah Faisal M, S.Si, M.Kes )<br>NIP : 97003162001121001   |  | Medan, 30-11-2020<br>An. Kepala Instalasi Laboratorium Kimia<br><br>( Aminah Asrah Siragar, S.Si )<br>NIP : 198611112009122004  |           |   |

## 6. Data Nilai Pengukuran Kandungan Aluminium (Al) Setelah Dielektrokoagulasi


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

## 6. Data Nilai Pengukuran Kandungan Seng (Zn) Setelah Dielektrokoagulasi


|  <b>KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA</b><br><b>DIREKTORAT JENDERAL</b><br><b>PENCEGAHAN DAN PENGENDALIAN PENYAKIT</b><br><b>BALAI TEKNIK KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PENGENDALIAN PENYAKIT</b><br><b>(BTKLPP) KELAS I MEDAN</b><br>Jalan K.H. Wahid Hasyim 15 Medan 20154<br>Telp. (061) 4512305, Fax (061) 4521053<br>E-mail: btklppmmdn@yahoo.co.id. Website : www.btklppmedan.or.id                        |                          |        |   |                          |
|---|--------------------------|--------|---|--------------------------|
| F/BTKL-MDN/5.10.1.F   | <b>LAPORAN HASIL UJI</b> |        |   | Hal. 2 dari 3 hal        |
| <b>Pengujian Instalasi Laboratorium Kimia</b><br>No Contoh Uji : 2020-01528-K<br>Jenis Contoh Uji : Limbah Cair<br>Asal Contoh Uji : Irmawati Koto, Jl. Bambu Gg Kenanga Pasar IV, Helvetia, Medan Helvetia, Medan, Sumatera Utara,<br>Pengambil contoh uji : Pelanggan<br>Tgl. diambil/diterima : 11-11-2020 / 12-11-2020<br>Tgl. Pengujian : 12-11-2020 s/d 27-11-2020<br>Uraian :<br>2020-01528-K : Sampel Outlet 2 - PTPN IV Adolina, Batang Terap, Perbaungan, Serdang Bedagai, Sumatera Utara |                          |        |   |                          |
| No  | Parameter                | Satuan | Hasil Uji   | Metode Uji               |
| 1   | Seng                     | mg/L   | 1,45771   | APHA 3120B, 22nd ed.2012 |
| Keterangan:<br>*) : Parameter Terakreditasi   |                          |        |   |                          |
| Catatan : 1. Hasil uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.<br>2. Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin Kepala BTKLPP Kelas I Medan kecuali secara lengkap.   |                          |        |   |                          |
| <br>Mengetahui,<br>Kepala Seksi PTL<br>( Al Fattah Fajsal M, S.Si, M.Kes )<br>NIP : 197003162001121001   |                          |        | Medan, 30-11-2020<br>An. Kepala Instalasi Laboratorium Kimia<br><br>( Aminah Asrah Siregar, S.Si )<br>NIP : 198611112009122004 |                          |

## 7. Data Nilai Pengukuran Kandungan Besi (Fe) Setelah Dielektrokoagulasi

Gedung 3, Medan, Sumatera Utara



**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. 3 dari 3 hal

**Pengujian Instalasi Laboratorium Kimia**


No Contoh Uji : 2020-01529-K  
 Jenis Contoh Uji : Limbah Cair  
 Asal Contoh Uji : Irmawati Kolo. 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 :  
 2020-01529-K : Sampel Outlet 3 - PTPN IV Adolina, Batang Terap, Perbaungan, Serdang Bedagai, Sumatera Utara

| No | Parameter | Satuan | Hasil Uji | Metode Uji               |
|----|-----------|--------|-----------|--------------------------|
| 1  | Besi      | mg/L   | 0.67882   | 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 5**  
**GAMBAR ALAT PENELITIAN**



Gambar Power Supply Adaptor



Gambar Multimeter



Gambar Kabel Penghubung



Gambar Stopwatch



Gambar Beaker Glass 500 ml



Gambar Kertas Saring

**LAMPIRAN 6**  
**GAMBAR BAHAN PENELITIAN**



Gambar Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit



Elektroda Seng



Elektroda Aluminium



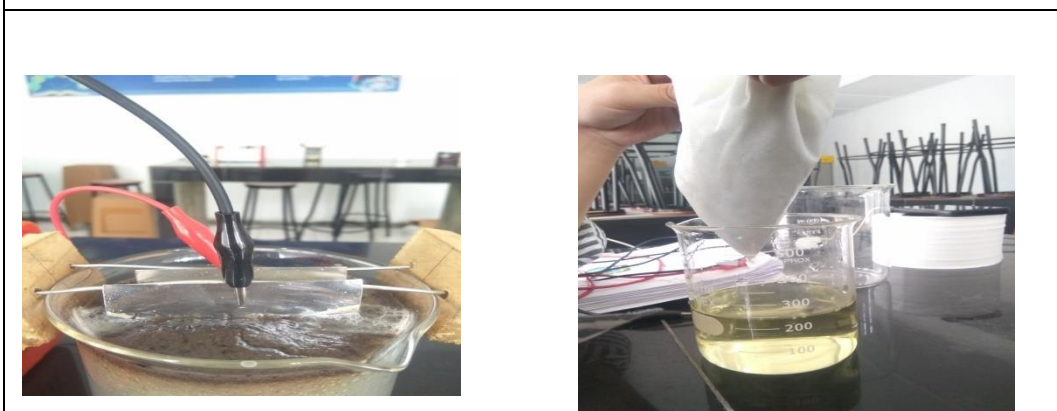
Elektroda Besi

**LAMPIRAN 7**  
**PROSES ELEKTROKOAGULASI**

1. Proses Elektokoagulasi Limbah Cair Kelapa Sawit Elektroda Aluminium (Al)

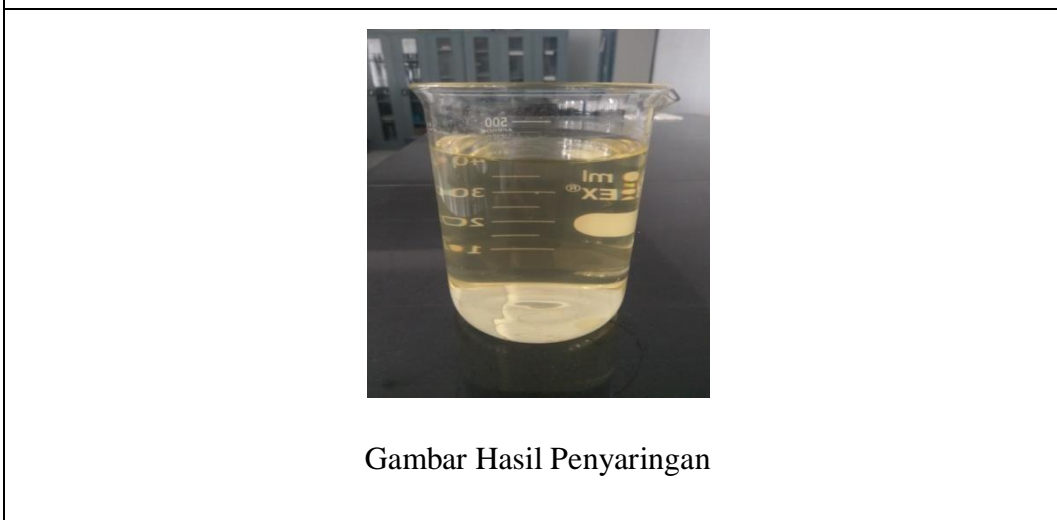


Gambar proses elektrokoagulasi



Gambar Kotoran Limbah

Gambar Penyaringan Limbah

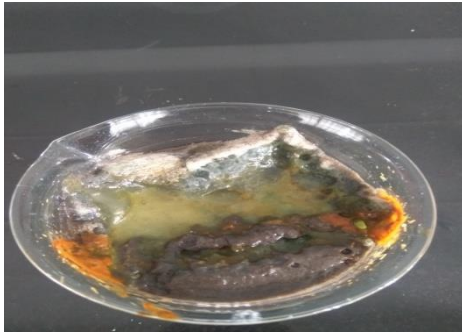


Gambar Hasil Penyaringan

## 2. Proses Elektokoagulasi Limbah Cair Kelapa Sawit Elektroda Seng



Gambar proses elektokoagulasi



Gambar Kotoran Limbah

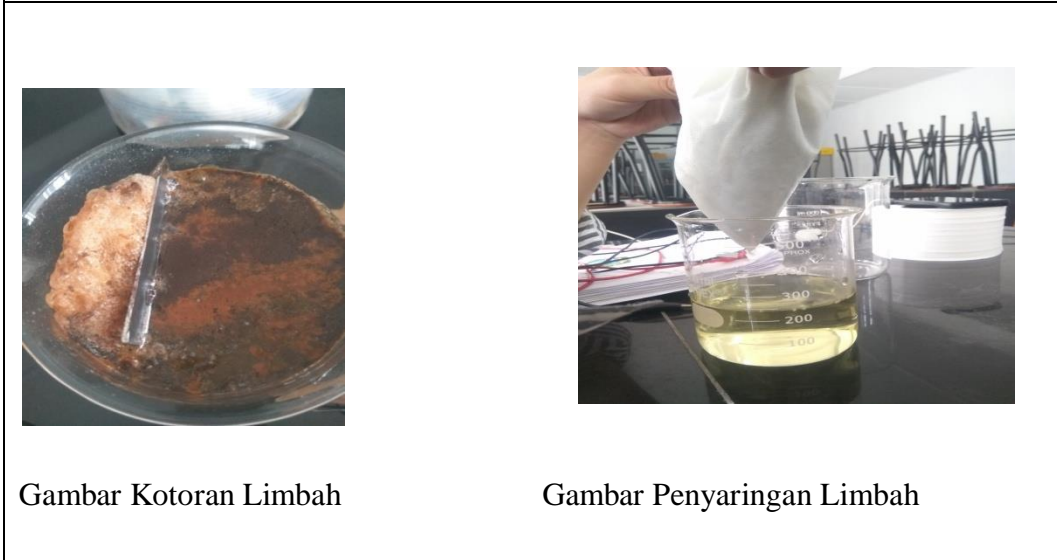
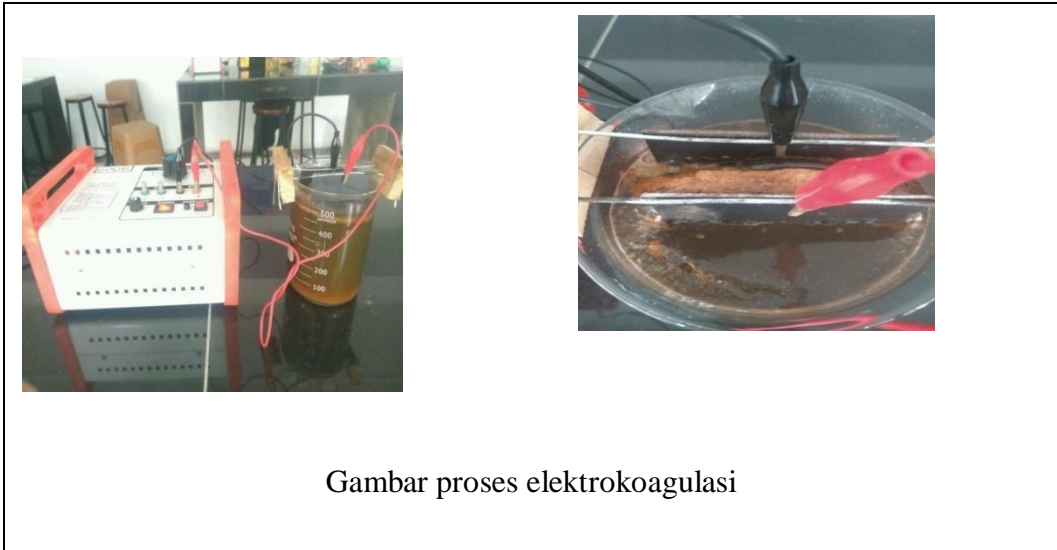


Gambar Penyaringan Limbah



Gambar Hasil Penyaringan

### 3. Proses Elektokoagulasi Limbah Cair Kelapa Sawit Elektroda Besi (Fe)



**LAMPIRAN 8**  
**GAMBAR LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT**



Gambar Kondisi Limbah Cair Kelapa Sawit



Gambar Sebelum Dielektrokoagulasi



Gambar Setelah Dielektrokoagulasi

## RIWAYAT HIDUP



Skripsi ini ditulis oleh penulis yang bernama Koto.Lahir pada tanggal 02 Desember 1998, di Medan, Kec.Labuhan Deli, Kab.Deli Serdang. Penulis merupakan anak ke 4 dari 5 bersaudara, dari pasangan M.Yanis dan Suni. Penulis pertama kali masuk di SD NEGERI 101786 Lab.Deli pada tahun 2004 dan tamat 2010 pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan ke SMP NEGERI 1 Labuhan Deli dan tamat pada tahun 2013. Setelah tamat di SMP, penulis melanjutkan ke SMA NEGERI 1 Labuhan Deli dan tamat pada tahun 2016. Dan pada tahun yang sama penulis terdaftar sebagai Mahasiswa di Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Fakultas Sains dan Teknologi Jurusan Fisika dan tamat pada tahun 2021.

Berkat doa dari orangtua, kesabaran, kerja keras, motivasi tinggi untuk terus belajar dan berusaha, penulis berhasil menyelesaikan tugas akhir skripsi ini. Smoga dengan skripsi ini mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya atas terselesaikannya skripsi yang berjudul **“Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan Memvariasikan Elektroda Melalui Proses Elektrokoagulasi”**.