



**UNIVERSITAS PGRI
ADI BUANA
SURABAYA**

TUGAS AKHIR

**PENURUNAN KADAR COD DAN TSS PADA AIR LIMBAH PABRIK KUE
DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI MENGGUNAKAN ELEKTRODA
ALUMINIUM (Al)**

**TOFAN HENDRA SETIAWAN NIM
203800018**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS
TEKNIK
UNIVERSITAS PGRI ADI BUANA SURABAYA
2024**



**UNIVERSITAS PGRI
ADI BUANA
SURABAYA**

TUGAS AKHIR

**PENURUNAN KADAR COD DAN TSS PADA AIR LIMBAH PABRIK
KUE DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI MENGGUNAKAN
ELEKTRODA ALUMINIUM (Al)**




**TOFAN HENDRA SETIAWAN
NIM. 203800018**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PGRI ADI BUANA SURABAYA
2024**







LEMBAR PENGAJUAN TUGAS AKHIR

TUGAS AKHIR






**PENURUNAN KADAR COD DAN TSS PADA AIR LIMBAH PABRIK KUE
DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI MENGGUNAKAN
ELEKTRODA ALUMINIUM (Al)**



**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik
Universitas PGRI Adi Buana Surabaya**



**TOFAN HENDRA SETIAWAN
NIM. 203800018**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS
TEKNIK
UNIVERSITAS PGRI ADI BUANA SURABAYA**



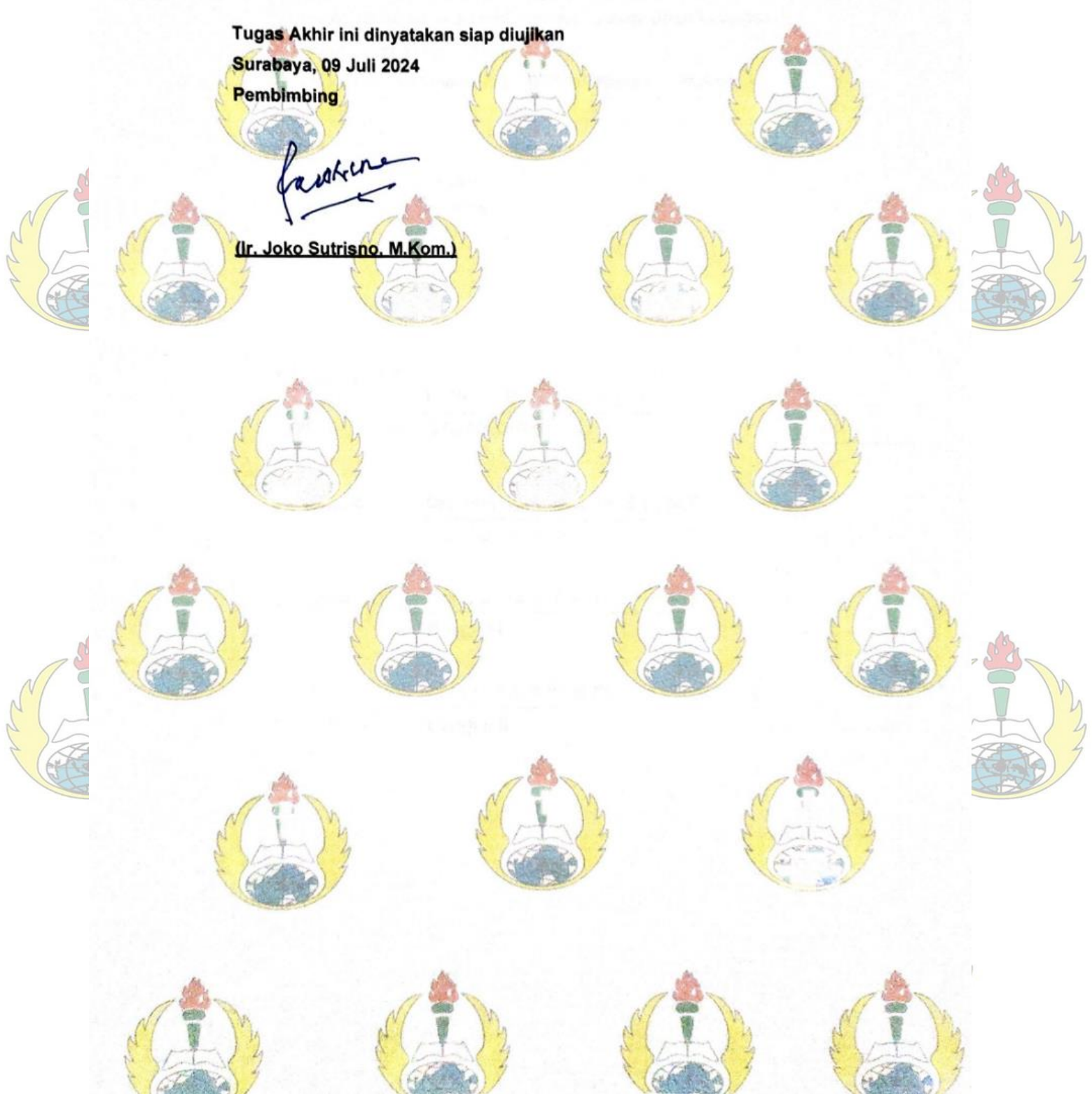
2024

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini dinyatakan siap diujikan
Surabaya, 09 Juli 2024
Pembimbing



(Ir. Joko Sutrisno, M.Kom.)



LEMBAR PERSETUJUAN PANITIA UJIAN

Tugas Akhir ini telah disetujui oleh Panitia Ujian Tugas Akhir Program Studi

Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Universitas PGRI Adi Buana Surabaya Pada

Hari : Senin

Tanggal : 22 Juli

Tahun 2024

Panitia Ujian,

Ketua : Dr. Yunia Dwie Nurcahyanie, S.T., M.T, IPU

Dekan

Sekretaris : Dr. Rhenny Ratnawati, S.T., M.T

Ketua Jurusan/Prodi

Anggota : Drs. Sugito, S.T., M.T

Penguji I

: Dian Majid, S.Si., M.Eng

Penguji II



SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Tofan Hendra Setiawan
NIM : 203800018
Program Studi : Teknik Lingkungan.
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : Penurunan Kadar COD dan TSS Pada Air Limbah Pabrik Kue Dengan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium (Al).
Dosen Pembimbing : Ir. Joko Sutrisno, M.Kom.

Menyatakan bahwa Tugas Akhir tersebut adalah bukan hasil menjiplak Sebagian maupun keseluruhan, kecuali dalam bentuk kutipan yang telah disebutkan sumbernya.

Demikian surat pernyataan saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 09 Juli 2024

Dosen Pembimbing,



Ir. Joko Sutrisno, M. Kom.

NIDN. 0701016002

Mahasiswa,



Tofan Hendra Setiawan

NIM. 203800018

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan anugerah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Penurunan Kadar COD dan TSS pada Air Limbah Pabrik Kue dengan Metode Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda Aluminium (Al)”. Penyusunan Tugas Akhir ini memiliki tujuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Lingkungan Universitas PGRI Adi Buana Surabaya.

Dalam penyusunan proposal penelitian ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, terima kasih sebesar-besarnya diberikan kepada:

1. Orang tua serta keluarga besar yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materil dalam penyusunan Tugas Akhir penelitian.
2. Ibu Dr. Yunia Dwie Nurcahyanie, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas PGRI Adi Buana Surabaya yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penyusunan Tugas Akhir penelitian.
3. Ibu Dr. Rhenny Ratnawati, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Lingkungan Universitas PGRI Adi Buana Surabaya.
4. Bapak Ir. Joko Sutrisno, M. Kom. selaku dosen pembimbing yang telah berkenan memberikan bimbingan, waktu, tenaga, saran serta motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Teman yang selalu menjadi wadah untuk tempat bertukar pendapat. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, oleh karena itu diperlukan adanya saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Penulis berharap ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juni 2024

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----------|
| HALAMAN PENGAJUAN TUGAS AKHIR | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING | iii |
| HALAMAN PERSETUJUAN PANITIA UJIAN | iv |
| SURAT PERNYATAAN | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| ABSTRAK | x |
| BAB I PENDAHULUAN | 2 |
| A. Latar Belakang | 2 |
| B. Rumusan Masalah | 4 |
| C. Tujuan dan Manfaat Penelitian | 4 |
| D. Ruang Lingkup Peneltian | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| A. Pabrik Kue | 7 |
| B. Elektrokoagulasi | 10 |
| C. Penelitian Terdahulu | 12 |
| D. Pengaruh Elektrokoagulasi dalam Penurunan COD dan TSS | 15 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | 17 |
| A. Rancangan Penelitian..... | 17 |
| B. Variabel dan Definisi Operasional Variabel..... | 19 |
| C. Populasi dan Sampel | 22 |
| D. Metode Pengumpulan Data | 23 |
| E. Metode Analisis Data | 27 |

| | |
|--|-----------|
| BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN | 30 |
| A. Penyajian Data | 30 |
| B. Analisis Data..... | 34 |
| C. Pembahasan | 37 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 41 |
| A. Kesimpulan..... | 41 |
| B. Saran..... | 42 |
| DAFTAR PUSTAKA | 44 |
| LAMPIRAN | 46 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Industri..... | 8 |
| Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu..... | 13 |
| Tabel 3. 1 Variabel Terikat Penelitian..... | 20 |
| Tabel 3. 2 Variabel Kontrol Penelitian..... | 21 |
| Tabel 3. 3 Alat Pembuatan Reaktor Elektrokoagulasi..... | 23 |
| Tabel 3. 4 Bahan Pembuatan Reaktor Elektrokoagulasi..... | 24 |
| Tabel 3. 5 Perencanaan Unit Elektrokoagulasi..... | 24 |
| Tabel 3. 6 Label Bak Reaktor..... | 27 |
| Tabel 4. 1 Hasil Uji Awal Limbah Industri Kue..... | 31 |
| Tabel 4. 2 Efisiensi Penurunan COD..... | 32 |
| Tabel 4. 3 Efisiensi Penurunan TSS..... | 33 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2. 1 Mekanisme Elektrokoagulasi | 11 |
| Gambar 3. 1 Rancangan Penelitian..... | 18 |
| Gambar 3. 2 Reaktor Elektrokoagulasi | 25 |
| Gambar 4. 1 Kondisi Awal Limbah Industri Kue..... | 30 |
| Gambar 4. 2 Efisiensi Penurunan COD | 34 |
| Gambar 4. 3 Efisiensi Penurunan TSS | 36 |

ABSTRAK

Setiawan, Tofan Hendra, 2024, Penurunan Kadar COD dan TSS pada Air Limbah Pabrik Kue dengan Metode Elektrokoagulasi menggunakan Elektroda Aluminium (Al), Tugas Akhir, Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas PGRI Adi Buana Surabaya.

Dosen Pembimbing : Ir. Joko Sutrisno, M.Kom.

Air limbah industri kue memiliki kandungan COD dan TSS yang tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas pengaruh variasi waktu dan tegangan untuk menurunkan kadar COD dan TSS dengan teknologi elektrokoagulasi. Variabel dalam penelitian ini yaitu proses elektrokoagulasi menggunakan 1 reaktor dengan kombinasi tegangan (15 V, 20 V, & 25 V) dengan waktu tinggal (90 menit & 120 menit), menggunakan sistem *batch* dengan 3 replikasi. Reaktor yang akan digunakan yaitu terbuat dari kaca dengan dimensi 10 cm x 15 cm x 18 cm dan material elektroda yang digunakan adalah Aluminium (Al) dengan dimensi 15 cm x 5 cm x 0,2 cm. Lalu, hasil olahan didiamkan selama 30 menit kemudian disaring. Hasil penelitian yang didapatkan dari perlakuan elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium (Al) diperoleh penurunan kadar COD yakni dengan efisiensi penurunan 76,62 % dengan waktu 120 menit tegangan 25 Volt, sedangkan pada penurunan TSS dengan efisiensi penurunan 69,08 % dengan waktu 120 menit tegangan 25 volt. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan elektroda aluminium efektif dalam menurunkan kadar COD dan TSS pada air limbah industri kue sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan, serta dapat diadopsi dalam industri untuk meningkatkan kualitas pengolahan limbah.

Kata Kunci: Air Limbah Pabrik Kue, Elektrokoagulasi, COD, TSS dan Aluminium (Al)

ABSTRACT

Setiawan, Tofan Hendra., 2024, Reducing COD and TSS levels in cake factory wastewater using the electrocoagulation method using aluminum electrodes (Al), Final Project, Environmental Engineering, Faculty of Engineering. PGRI Adi Buana University, Surabaya.

Supervisor : Ir. Joko Sutrisno, M.Kom.

Cake industry wastewater has high COD and TSS content. The aim of this research is to determine the effectiveness of the influence of time and voltage variations to reduce COD and TSS levels using electrocoagulation technology. The variable in this research is the electrocoagulation process using 1 reactor with a combination of voltages (15 V, 20 V, & 25 V) with residence time (90 minutes & 120 minutes), using a batch system with 3 replications. The reactor that will be used is made of glass with dimensions of 10 cm x 15 cm x 18 cm and the electrode material used is Aluminum (Al) with dimensions of 15 cm x 5 cm x 0.2 cm. Then, the processed product is left to sit for 30 minutes and then filtered. The research results obtained from electrocoagulation treatment using aluminum electrodes (Al) showed a reduction in COD levels, namely with a reduction efficiency of 76.62% with a time of 120 minutes at a voltage of 25 Volts, while a reduction in TSS with a reduction efficiency of 69.08% with a time of 120 minutes at a voltage of 25 volt. This research shows that the use of aluminum electrodes is effective in reducing COD and TSS levels in cake industry wastewater in accordance with established quality standards, and can be adopted in industry to improve the quality of waste processing.

Keywords: *Cake Factory Wastewater, Electrocoagulation, COD, TSS and Aluminum (Al)*



BAB I

PENDAHULUAN

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi dan dunia industri saat ini, berdampak pada generasi milenial yang cenderung memilih dan mengklasifikasikan makanan. Pola konsumsi pangan cenderung ke arah pola makan tinggi lemak dan rendah serat. Kebiasaan berpotensi cenderung memilih makanan siap saji dan santap yang seharusnya dihindari.(Indah et al., 2022)

Limbah cair merupakan air buangan yang berasal dari aktivitas manusia maupun kegiatan industri yang mengandung berbagai polutan berbahaya. Pembuangan limbah cair industri yang berlebih akan menimbulkan dampak negatif, yaitu dapat menurunkan kadar oksigen terlarut yang berdampak pada keseimbangan ekosistem perairan. Limbah cair yang dihasilkan oleh suatu industri dapat berdampak negatif terhadap keseimbangan lingkungan jika dibuang ke sumber penerima (misalnya sungai) tanpa pengolahan terlebih dahulu. Bahan padat yang terkandung dapat berupa senyawa kimia organik (protein, lemak, karbohidrat), ataupun senyawa kimia organik (garam dan logam).

Chemical Oxygen Demand merupakan jumlah oksigen (O_2) yang dipisahkan dari oksidan (kalium dikromat) untuk mengoksidasi secara kimia zat organik dan senyawa anorganik. Pengukuran nilai COD digunakan untuk mengukur jumlah oksigen yang terkandung dalam bahan organik, dioksidasi secara kimia menggunakan dikromat dalam kondisi asam (Fahrul et al., 2016).

Total Suspended Solids merupakan konsentrasi padatan tersuspensi mengancam kelangsungan hidup spesies biota air. Kemampuan biota air untuk mencari makanan juga berkurang karena hambatan yang disebabkan oleh pergerakan benda padat tersuspensi. Oksigen terlarut dalam air sangat dipengaruhi oleh adanya partikel tersuspensi. Sinar matahari diserap oleh partikel tersuspensi, meningkatkan suhu air, mengurangi kemampuan air hangat untuk menahan oksigen dan mengganggu spesies air dingin. Kehadiran TSS semakin mengurangi produksi oksigen karena menghambat penetrasi cahaya yang diperlukan untuk fotosintesis tanaman (Junardi et al., 2019).

Air merupakan sumber daya alam terbarukan (SDA). Air yang baik, bersih, netral mempunyai pH 6 – 8 sesuai baku mutu kesehatan lingkungan untuk air yang digunakan untuk keperluan kebersihan. Air yang bersifat asam cenderung menyebabkan kematian organisme hidup, begitu pula dengan pH yang terlalu basa. Pengolahan yang sering dilakukan adalah dengan adsorpsi menggunakan karbon aktif bahkan teknologi RO (*Reverse Osmosis*), namun teknologi ini memerlukan biaya operasional yang tinggi dan mudah menyebabkan pengotoran membrane. Oleh karena itu, peneliti ingin menggunakan teknologi elektrokoagulasi, dimana teknologi ini memiliki banyak keunggulan seperti penghematan biaya, alat yang cukup sederhana, mudah digunakan dan menghasilkan lebih sedikit lumpur (Bimantara, 2021)

Elektrokoagulasi adalah proses destabilisasi, suspensi dan pengemulsi kontaminan dalam air dengan melewati arus listrik melalui media. Dalam bentuknya yang paling sederhana, reaktor koagulasi terdiri dari sel elektrolitik dengan anoda dan katoda. Pelat sel, sering disebut elektroda, dapat dibuat dari bahan yang sama atau berbeda. Proses ini terbukti sangat efektif menghilangkan kontaminan dari air, tidak menggunakan bahan kimia keras, dan mudah digunakan (Asril, 2022).

Pada penelitian sebelumnya membuktikan elektrokoagulasi dapat menyisihkan kadar COD sebesar 87,24% (Bimantara, 2021), 76,29% (Baihaqi & Sutrisno, 2023)), sedangkan TSS sebesar 80,29% (Amatullah, 2022). Berdasarkan uji awal pada karakteristik limbah cair pabrik kue, didapatkan hasil COD sebesar 3481 ppm, sedangkan TSS sebesar 1438 ppm, maka perlu dilakukan pengolahan untuk air limbah di industri kue dengan metode elektrokoagulasi untuk menurunkan kadar COD dan TSS agar saat limbah tersebut dibuang dapat memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah tersebut, maka penulis merumuskan masalah sebagai berikut :

1. Berapa kadar COD dan TSS pada air limbah industri kue sebelum dan sesudah diolah dengan teknologi elektrokoagulasi ?
2. Adakah pengaruh waktu dan tegangan terhadap penurunan kadar COD dan TSS pada air limbah industri kue yang diolah dengan menggunakan teknologi elektrokoagulasi ?
3. Manakah hasil yang paling efisien dari pengaruh waktu dan tegangan terhadap penurunan kadar COD dan TSS pada air limbah industri kue ?

C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

C.1 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian dapat diambil dalam penelitian untuk mengetahui:

1. Kadar COD dan TSS pada air limbah industri kue sebelum dilakukan penelitian.
2. Pengaruh selang waktu dan tegangan volt terhadap kadar COD dan TSS pada air limbah industri kue yang digunakan dalam metode elektrokoagulasi.
3. Hasil yang paling efisien dari pengaruh selang waktu dan tegangan volt terhadap kadar COD dan TSS pada air limbah industri kue.

C.2 Manfaat

Berdasarkan tujuan penelitian di atas, manfaat penelitian yang diharapkan oleh peneliti adalah sebagai berikut:

1. Mengurangi pencemaran air dan memberikan alternatif pengolahan air limbah pada industri kue yang lebih efektif.
2. Mencegah bahaya kandungan TSS yang dapat ditimbulkan melalui pencemaran air limbah industri kue.
3. Dapat diaplikasikan sebagai proses pengolahan limbah cair di industri kue.
4. Mengetahui kinerja proses elektrokoagulasi sebagai salah satu metode alternatif dalam pengolahan serta penurunan kadar COD dan TSS pada limbah industri kue.

D. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Sampel berasal dari *outlet* air limbah pada industri Kue.
- 2) Penelitian ini menggunakan metode elektrokoagulasi dengan sistem *batch*.
- 3) Elektroda yang digunakan yaitu aluminium (Al).
- 4) Parameter yang dijadikan pengukuran yaitu parameter COD dan TSS
- 5) Waktu yang telah ditetapkan dalam penelitian adalah 90 menit & 120 menit.
- 6) Dimensi reaktor 10 cm x 15 cm x 18 cm.
- 7) Volume air limbah yang diolah 2 Liter.
- 8) Dimensi elektroda 15 cm x 5 cm x 0,2 cm.
- 9) Jumlah elektroda yang digunakan 2 buah.
- 10) Jarak elektroda ditentukan 4 cm
- 11) Kecepatan pengadukan sebesar 200 rpm.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pabrik Kue

1. Pengertian

Pangan merupakan kebutuhan pokok dan sumber energi bagi manusia. Di era globalisasi saat ini perkembangan usaha di bidang kuliner semakin pesat, karena produk makanan merupakan kebutuhan pokok manusia maka banyak bermunculan wirausaha baru di bidang kuliner sehingga membuat persaingan semakin ketat (Tiwa et al., 2022). Perkembangan era menyebabkan masyarakat Indonesia mengalami perubahan gaya hidup dan pola konsumsi, salah satunya adalah meningkatnya kebiasaan travelling. Hal ini dapat membuka peluang usaha di bidang kuliner khususnya toko oleh-oleh di sudut kota berbeda di Indonesia (Feriadita et al., 2021).

Salah satu tujuan wisata terbanyak adalah Kota Surabaya atau lebih identik dengan sebutan kota Pahlawan. Berdasarkan data BPS tahun 2020, wisatawan yang berkunjung ke Jawa Timur jumlahnya mencapai 34.771 orang (Feriadita et al., 2021). Industri di Indonesia terdapat di berbagai macam daerah dan kota-kota besar. Adapun kota besar yang bergerak di pabrik kue seperti PT Amanda Brownies, PT Agronesia Raya dimana produk yang dihasilkan yaitu bolu kukus dan lapis kukus.

2. Karakteristik Kue

Kue bolu kukus merupakan kue yang terbuat dari tepung, gula pasir, telur, air dan pengemulsi dicampur hingga berbusa kemudian produk jadi dengan dikukus. Kue ini juga merupakan makanan tradisional digemari seluruh kalangan masyarakat (Indah et al., 2022). Hasil Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS) 2018 menunjukkan konsumsi kue basah pada tahun 2018 adalah atau 1,431 potong per kapita per minggu atau setara dengan 74,626 potong per kapita dan setiap tahunnya. Angka tersebut cukup tinggi untuk konsumsi kue basah dibandingkan kue kering yang hanya 0,438 potong per orang per minggu.

3. Baku Mutu Limbah Industri Kue

Pada suatu air limbah, parameter harus memenuhi baku mutu yang telah ditentukan. Baku mutu adalah batas atau kadar makhluk hidup, zat atau energi atau komponen lain yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemaran yang ditenggang adanya sesuai dengan peruntukannya. Standar baku mutu air limbah mengacu pada peraturan pusat dan daerah, untuk peraturan pusat mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan pengelolaan Lingkungan Hidup.

Sedangkan, untuk peraturan daerah mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. Adapun baku mutu air limbah mengacu pada Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013 dengan PP No. 22 Tahun 2021 yaitu dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut yang ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Industri

| Parameter | Satuan | Kadar Maksimum PerGub 72 Tahun 2013 |
|------------------------|----------------|--|
| COD | mg/L | 150 |
| TSS | mg/L | 80 |
| Volume Air Limbah maks | 0,8 L/detik/Ha | |

(Sumber: Pergub Jatim 72 Thn 2013)

4. Parameter Limbah Cair Kue

TSS

Padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat langsung mengendap, terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen, misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme, dan sebagainya (Bimantara, 2021). Padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid atau TSS) adalah bahan- bahan tersuspensi (diameter>1 μ m) yang tertahan pada saringan milli-pore dengan diameter pori 0,45 μ m.

Berdasarkan SNI 06-6989.3-2004 uji TSS dilakukan dengan metode gravimetri. Dimana prinsip dalam pengujian ini adalah contoh uji yang telah homogen disaring dengan kertas saring yang telah ditimbang. Residu yang tertahan pada saringan dikeringkan sampai mencapai berat konstan pada suhu 103-105°C. Kenaikan berat saringan mewakili padatan tersuspensi total (TSS). Jika padatan tersuspensi menghambat saringan dan memperlama penyaringan, diameter pori-pori saringan perlu diperbesar atau mengurangi volume contoh uji (Bimantara, 2021).

COD

COD adalah jumlah oksigen (O_2) yang diambil dari oksidan (kalium dikromat) untuk mengoksidasi secara kimia bahan organik maupun senyawa anorganik. Pengukuran nilai COD digunakan untuk mengukur jumlah oksigen pada bahan organik dalam air limbah yang dapat dioksidasi secara kimia menggunakan dikromat dalam kondisi asam (Ade et al., 2018).

Konsentrasi COD yang tinggi pada perairan menandakan dan menimbulkan bahwa kandungan oksigen terlarut pada badan air rendah. Akibat dari rendahnya oksigen terlarut maka akan mempengaruhi kualitas air dan produktivitas sumber daya perairan. Apabila konsentrasi oksigen terlarut rendah wilayah perairan akan menjadi keadaan anaerob. Keadaan tersebut mengakibatkan zat organik terjadi secara anaerob yang menghasilkan CO_2 dan gas metan (CH_4), senyawa nitrogen akan menjadi amonia (NH_3) dan senyawa sulfur akan menjadi asam sulfida (H_2S), air akan menjadi berwarna hitam dan bau (Ade et al., 2018).

Menurut tingginya nilai COD disebabkan adanya penurunan bahan organik maupun anorganik dari limbah industri yang dihasilkan. Tingginya kandungan COD di dalam air limbah mengakibatkan miskinnya kandungan oksigen dalam limbah sehingga biota air tidak akan hidup di dalam air limbah tersebut (Ade et al., 2018).

B. Elektrokoagulasi

1. Pengertian

Elektrokoagulasi adalah proses yang menggunakan energi listrik untuk melakukan flokulasi dan mengendapkan partikel terlarut dalam air. Proses elektrokoagulasi dilakukan dalam sel elektrolitik dengan dua konduktor DC yang disebut elektroda yang direndam dalam cairan limbah sebagai elektrolit. Ketika dua elektroda ditempatkan dalam larutan elektrolit dan arus searah dialirkan melaluinya, kation (katon) berpindah ke anoda, menyumbangkan elektron untuk menerima elektron, dan dioksidasi untuk menghasilkan pengotor dan partikel di dalamnya (Putra et al., 2022).

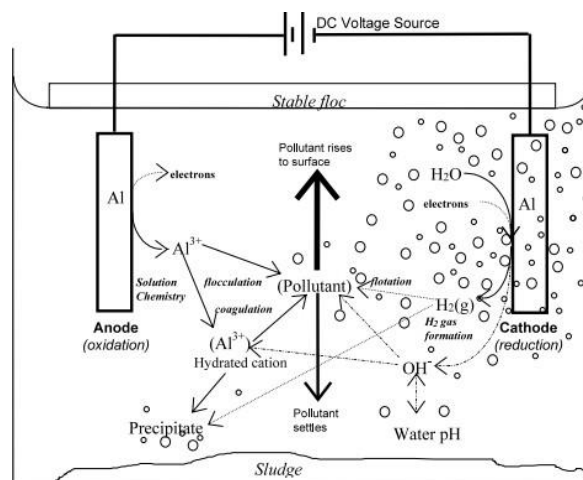
Elektrokoagulasi merupakan proses koagulasi dengan menggunakan arus searah melalui proses elektrokimia.

Proses ini melibatkan reaksi redoks di mana produk limbah yang mengandung logam direduksi dan diendapkan pada elektroda anoda dan elektroda katoda dioksidasi. Pada akhir abad ke-19, teknologi ini digunakan di pabrik pemurnian air yang cukup besar di London (Hardina, 2018).

2. Mekanisme Elektrokoagulasi

Prinsip dasar dari elektrokoagulasi adalah reaksi reduksi dan oksidasi (redoks). Dalam suatu sel elektrokoagulasi, peristiwa oksidasi terjadi di elektroda (+) yaitu anoda, sedangkan reduksi terjadi di elektroda (-) yaitu katoda. Pada akhirnya terbentuk flokulan yang akan mengikat kontaminan maupun partikel – partikel dari air baku tersebut. Proses Elektrokoagulasi dikenal juga sebagai elektrolisis gelombang pendek (Ashari et al., 2015). Reaktor elektrokoagulasi merupakan sel elektrokimia, dimana dalam reaktor tersebut disusun elektroda-elektroda yang akan berkontak dengan air yang akan diolah. Aluminium merupakan logam yang sering digunakan sebagai elektroda dalam proses elektrokoagulasi. Semakin ke kiri dari sistem deret potensial ini maka akan semakin mudah suatu unsur untuk tereduksi dan semakin ke kanan maka akan mudah teroksidasi. Oleh karena itu aluminium sering digunakan sebagai elektroda di dalam proses elektrokoagulasi karena akan lebih gampang tereduksi didalam air dan akan membentuk ion Al^{3+} yang akan berikatan dengan ion OH^- yang terbentuk dari katoda dan akan mengikat kontaminan (Ashari et al., 2015).

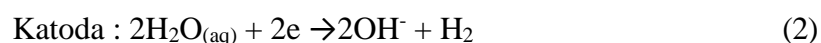
Elektrokoagulasi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menurunkan kandungan logam dan pH. Elektrokoagulasi ini merupakan proses koagulasi atau penggumpalan dengan tenaga listrik melalui proses elektrolisis untuk mengurangi atau menurunkan ion-ion logam dan partikel-partikel di dalam air. Untuk mengurangi pencemaran air, maka diperlukan pengolahan limbah terlebih dahulu sebelum limbah tersebut dibuang ke sungai. Berikut ini adalah mekanisme penyisihan Fe yang terjadi selama proses elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut (Amri et al., 2020)

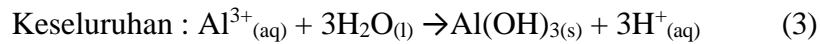


Gambar 2. 1 Mekanisme Elektrokoagulasi

3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Elektrokoagulasi

Pada proses elektrokoagulasi, adapun faktor-faktor yang mempengaruhi elektrokoagulasi yaitu terjadinya reaksi kimia anoda yang terbuat dari bahan aluminium akan mengalami reaksi oksidasi membentuk ion Al^{3+} dan akan mengikat OH^- membentuk flok $Al(OH)_3$ yang akan mengikat ion ion Fe pada limbah cair. Penyisihan kandungan logam terlarut akan semakin tinggi seiring terbentuknya $Al(OH)_3$. Penyisihan Fe terjadi ketika semakin banyaknya ion Al^{3+} yang dihasilkan pada anoda dan membentuk flok $Al(OH)_3$ yang berperan sebagai koagulan. Kemudian flok $Al(OH)_3$ tersebut dapat mengikat senyawa organik dan logam logam yang terkandung dalam air (Amri et al., 2020). Persamaan reaksinya sebagai berikut :





4. Keunggulan dan Kelemahan Elektrokoagulasi

Dalam proses elektrokoagulasi adanya kelebihan dan kekurangan jika dibandingkan dengan metode lainnya secara efisiensi maupun biaya. Adapun keunggulan dan kelemahan metode elektrokoagulasi yaitu sebagai berikut:

- Keunggulan Elektrokoagulasi
 - a) Alat yang cukup sederhana sehingga mudah dioperasikan
 - b) Biaya pembuatan alat dan biaya operasi lebih murah
 - c) Belum banyak dikembangkan oleh para peneliti untuk memproses limbah cair industri kue menjadi air bersih
 - d) Belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat umum, industri kecil atau industri besar dalam pengelolaan menggunakan metode elektrokoagulasi (Wijayanto et al., 2018).
 - e) Menghasilkan lumpur rendah sehingga flok relatif besar dan dapat disaring (Hasyiyati & Hartati, 2020).

- Kelemahan Elektrokoagulasi
 - a) Membutuhkan waktu yang cukup lama
 - b) Diperlukan proses *treatment* pengolahan seperti filtrasi terlebih dahulu

C. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu sebagai acuan bagi penulis di dalam melakukan penelitian sehingga akan memberi referensi teori yang akan digunakan dalam mengkaji penelitian yang akan dilakukan. Adapun beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan teknologi elektrokoagulasi dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

| | | |
|---------------------------------|--|--|
| 1 (Baihaqi & Sutrisno, 2023) | Penerapan Elektrokoagulasi dengan Elektroda Aluminium (Al) dalam Penurunan Kadar COD dan TSS pada Industri Kue | - Kadar COD pada limbah cair industri kue sebelum dilakukan pengolahan dengan elektrokoagulasi adalah 2.480 mg/L. - Penyisihan kadar COD dengan menggunakan teknologi elektrokoagulasi pada limbah cair industri kue dengan hasil terbaik pada tegangan 25 volt dan waktu 120 menit dengan efisiensi 76,29%. |
| 2 (Amatullah, 2022) | Penerapan Elektrokoagulasi Dalam Menurunkan Kadar COD dan TSS pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan | - Penyisihan kadar COD dengan menggunakan teknologi elektrokoagulasi pada limbah cair RPH dengan hasil terbaik pada jarak 2 cm sebesar 1194 mg/L dengan efisiensi 63,04%. Penyisihan kadar TSS dengan hasil terbaik pada jarak 3 cm sebesar 198 mg/L dengan efisiensi 80,29% - Berdasarkan hasil analisis data dengan menggunakan analisis statistik (SPSS) dapat disimpulkan jarak antar elektroda 1 cm, 2 cm, dan 3 cm memiliki nilai sig $\geq 0,05$ dan H0 diterima maka dinyatakan jarak antar elektroda tidak berpengaruh secara signifikan terhadap |

| | | | |
|---|-------------------------------|---|--|
| | | | -1.6A, laju alir 0.78 L/menit dari 4.5 menjadi 6.5 -1.2A, laju alir 0.78 L/menit dari 4.5 menjadi 6.4 mg/L |
| 3 | (Lavianiga & Lapanporo, 2019) | Peningkatan Kualitas Air Gambut Menggunakan Metode Elektrokoagulasi dengan Penambahan Garam | - Kondisi garam sebanyak 3gram pada sampel air gambut setelah waktu kontak selama 120 menit sebesar 5,1% kemudian garam terlarut pada waktu kontak 300 menit sebesar 0.11%. hasil tersebut menunjukkan semakin lama waktu kontak yang diberikan maka semakin kecil konsentrasi garam terlarut dan flok – flok akan menggumpal disekitar elektroda - Dalam waktu kontak 120 menit, 180 menit, 240 menit dan 300 menit. Pada waktu kontak selama 240 menit parameter pH telah memenuhi baku mutu dan untuk parameter TDS pada waktu kontak 360 menit. Dan pada waktu 120 menit parameter warna dan kadar besi telah memenuhi kualitas air bersih. |

D. Pengaruh Elektrokoagulasi dalam Penurunan COD dan TSS

Penyisihan pencemar seperti kadar COD dan TSS mampu diturunkan dengan menggunakan teknologi elektrokoagulasi., ketika arus listrik mengalir, ion aluminium yang keluar dari anoda dan ion hidroksida dari katoda akan bertambah dan membentuk flok-flok pada elektroda sehingga kemampuan elektroda untuk menarik padatan terlarut dalam air menjadi berkurang (Masrullita, 2021)..

Elektrokoagulasi adalah proses elektrokimia yang menghasilkan koagulan hidroksida logam dengan menggunakan anoda sebagai korban (*sacrificial electrode*) dan mampu menghilangkan bahan organik, logam berat dan padatan tersuspensi dari air limbah (Yoshida et al., 2020). Seiring berjalannya waktu, reaksi air limbah dalam elektrokoagulasi dengan menggunakan waktu kontak 15, 30, 45, dan 60 menit mampu menyisihkan kadar COD lebih baik bahkan ketika waktu reaksi ditingkatkan menjadi 45 dan 60 menit, maka tingkat penyisihan COD semakin tinggi dan menunjukkan adanya peningkatan pH, dan penyisihan COD (Niazmand et al., 2019).



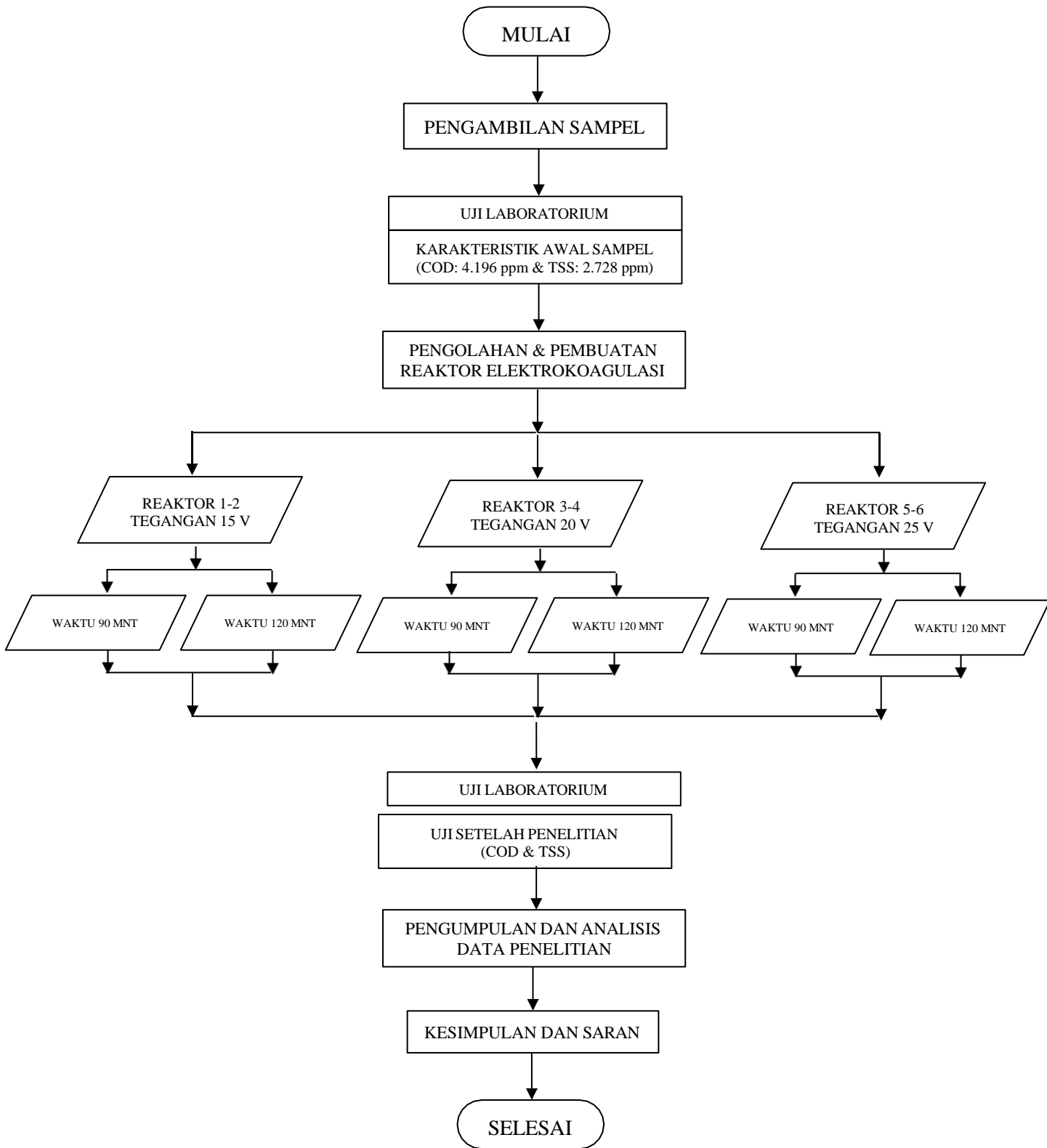
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Penelitian dengan metode elektrokoagulasi ini menggunakan penelitian skala laboratorium. Dalam penelitian ini, pengolahan limbah cair dari industri kue menggunakan teknologi elektrokoagulasi menggunakan elektroda Aluminium (Al) sebagai penurunan kadar COD dan TSS. Adapun rancangan penelitian dapat dilihat pada diagram alir proses sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan mengambil sampel limbah cair dari industri kue yang terletak di Kota Surabaya. Sebelum dilakukan pengolahan menggunakan elektrokoagulasi, akan dilakukan uji karakteristik awal untuk menentukan kadar awal parameter COD dan TSS. Penelitian ini diawali dengan pengambilan air limbah industri kue yang terletak di Kota Surabaya. Sebelum dilakukan *treatment*, sampel air dilakukan uji awal untuk mengetahui karakteristik serta kadar kontaminan yang terkandung pada sampel air limbah industri kue tersebut. Dari hasil yang sudah didapatkan, kadar COD dan TSS pada sampel tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.

Setelah diketahui hasil karakteristik awal, maka dilanjutkan dengan pengolahan air limbah tersebut menggunakan teknologi elektrokoagulasi. Penelitian ini dilakukan menggunakan sistem aliran *batch*. Air limbah industri kue sebanyak 1 liter dimasukkan ke dalam reactor elektrokoagulasi, kemudian dimasukkan elektroda Aluminium (Al) sebagai penghantar arus listrik dan sebagai koagulan aktif (Al(OH)₃). Elektroda tersebut nantinya akan dialiri arus listrik yang bersumber dari *power supply DC current*. Untuk jarak antar elektroda sebesar 4 cm, dengan jumlah elektroda yang digunakan 2 buah. Konfigurasi elektroda yang digunakan adalah monopolar, lalu air limbah yang telah diolah kemudian didiamkan selama 30 menit untuk mengendapkan flok yang terbentuk. Kemudian, air yang telah diolah disaring menggunakan kertas saring 8 µm dan dimasukkan ke botol sampel. Hasil pengolahan tersebut selanjutnya dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui kadar COD dan TSS.

B. Variabel dan Definisi Operasional Variabel

Terdapat variabel penelitian dan definisi operasional variabel sebagai berikut:

B.1.1 Variabel Penelitian

Terdapat tiga jenis variabel yang digunakan yaitu :

a. Variabel bebas

Operasional variabel bebas pada penelitian ini air limbah diolah pada 6 reaktor elektrokoagulasi sistem *batch* dengan kombinasi tegangan 3 (15 V, 20 V, & 25 V) dengan waktu tinggal 2 (90 menit & 120 menit) setelah waktu tinggal terpenuhi dilakukan pengukuran kadar COD dan TSS.

Variabel bebas yaitu variabel yang mempengaruhi atau mengubah nilai dari variabel terikat. Dalam penelitian ini, untuk mengetahui perbandingan yang paling efisien dalam menurunkan kadar COD dan TSS sesuai standar baku mutu yang berlaku. Variasi dan variabel penelitian bebas dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Variabel Penelitian Bebas

| No. | Besar Tegangan (V) | Waktu Tinggal (menit) |
|-----|--------------------|-----------------------|
| 1. | 15 | 90 & 120 |
| 2. | 20 | |
| 3. | 25 | |

b. Variabel terikat

Definisi operasional variabel terikat pada penelitian ini dapat dilihat pada aspek parameter kimia. Parameter yang akan diukur sebagai variabel terikat adalah kadar COD dan TSS dalam air limbah sebelum dan sesudah pengolahan dengan satuan mg/L.

Variabel terikat yaitu variabel yang dipengaruhi atau diubah nilainya oleh variabel bebas dan suatu nilai yang dijadikan sebagai acuan penelitian dikarenakan nilainya yang berubah pada awal dan akhir proses. Dalam penelitian ini, untuk mengetahui perbandingan yang paling efisien dalam menurunkan kadar COD dan TSS sesuai standar baku mutu yang berlaku. Variabel penelitian terikat dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Variabel Terikat Penelitian

| No. | Parameter | Metode Pengukuran |
|-----|-----------|--|
| 1. | COD | SNI 6989.73:2019 tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi dengan Refluks Tertutup secara Titrimetri |
| 2. | TSS | SNI 6989.3:2019 tentang Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (<i>Total Suspended Solids</i>) secara Gravimetri |

(Sumber: Katalog SNI KLHK, 2020)

c. Variabel kontrol

Variabel kontrol yaitu suatu nilai yang menjadi standar dan tidak berubah selama proses penelitian sehingga diperoleh hasil penelitian yang stabil, akurat, dan tidak terpengaruh selain dari variabel bebas saja. Variabel penelitian kontrol dapat dilihat pada Tabel 3.3 sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Variabel Kontrol Penelitian

| No. | Variabel Kontrol | Keterangan |
|------------|--------------------------------|---|
| 1. | Sampel limbah cair | Diambil dari salah satu industri kue |
| 2. | Konsentrasi sampel limbah cair | Konsentrasi sampel limbah cair murni 100% tanpa adanya penambahan air suling atau <i>aquadest</i> |
| 3. | Pengambilan sampel limbah cair | Metode <i>grab sample</i> (SNI 6989.59, 2008) |
| 4. | Sistem aliran | <i>Batch</i> |
| 5. | Jenis elektroda | Alumunium (Al) |
| 6. | Dimensi elektroda | 15 cm x 5 cm x 0,2 cm |
| 7. | Dimensi reaktor | 10 cm x 15 cm x 18 cm |
| 8. | Jumlah elektroda | 2 buah |

| | | |
|-----|--------------------|---------|
| 9. | Jarak Elektroda | 2,5 cm |
| 10. | Elektroda tercelup | 10 cm |
| 11. | Volume limbah cair | 2 liter |

B.1.2 Definisi Operasional Variabel

Terdapat definisi operasional variabel dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

a. Operasional variabel bebas

Operasional variabel bebas pada penelitian ini air limbah diolah pada 6 reaktor elektrokoagulasi sistem *batch* dengan kombinasi tegangan 3 (15 volt, 20 volt, & 25 volt) dengan waktu tinggal 2 (90 menit & 120 menit) setelah waktu tinggal terpenuhi dilakukan pengukuran kadar COD dan TSS.

b. Operasional variabel terikat

Operasional variabel terikat pada penelitian ini dapat dilihat pada aspek parameter kimia. Parameter yang akan diukur sebagai variabel terikat adalah kadar COD dan TSS dalam air limbah sebelum dan sesudah pengolahan dengan satuan mg/L.

c. Operasional variabel kontrol

Operasional variabel kontrol dalam penelitian ini adalah variabel yang mampu dikendalikan untuk mengetahui hubungan variabel bebas dengan variabel terikat tidak terpengaruh oleh faktor luar yang tidak diteliti.

C. Populasi dan Sampel

C.1.1 Populasi Penelitian

Populasi adalah wilayah dari generalisasi yang terdiri atas obyek/subjek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulan. Subjek penelitian dalam penelitian ini adalah limbah cair dari industri kue.

C.1.2 Sampel Air Limbah Penelitian

Sampel dalam penelitian ini adalah limbah cair dari industri kue yang terletak di Kota Surabaya. Titik pengambilan sampel limbah cair industri kue diambil dari bak pengumpul limbah yang merupakan keluaran dari *outlet* industri kue tersebut. Pengambilan sampel dapat dilakukan sewaktu- waktu dikarenakan produksi dari industri kue tersebut berjalan selama 24 jam, dan sampel tersebut dalam keadaan belum dilakukan pengolahan. Pengujian sampel dilakukan di laboratorium Pihak Ketiga.

D. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian penurunan kadar COD dan TSS pada limbah cair industri kue menggunakan teknologi elektrokoagulasi. Adapun langkah-langkah penelitian yaitu sebagai berikut:

- a. Pembuatan Rangkaian Instalasi
 - i. Persiapan alat dan bahan

Berikut merupakan daftar alat dan bahan yang diperlukan dalam pembuatan rangkaian elektrokoagulasi pada penelitian ini. Untuk alat dan bahan yang diperlukan pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.4 dan Tabel 3.5 sebagai berikut:

Tabel 3. 3 Alat Pembuatan Reaktor Elektrokoagulasi

| No | Nama Alat | Jumlah | Satuan |
|----|-----------------------|--------|--------|
| 1 | DC Power Supply | 1 | Unit |
| 2 | Elektroda Aluminium | 36 | Buah |
| 3 | Kabel Penghantar Arus | 2 | Buah |
| 3 | Bak Reaktor Aquarium | 1 | Pcs |
| 4 | Bak Plastik | 2 | Pcs |
| 5 | Pipet Ukur | 1 | Pcs |
| 6 | Beaker Glass 100 ml | 1 | Pcs |

Tabel 3. 4 Bahan Pembuatan Reaktor Elektrokoagulasi

| No | Bahan | Jumlah | Satuan |
|----|-----------------------------|--------|--------|
| 1 | Limbah Cair Industri Kue | 36 | Liter |
| 2 | Aquades | 1 | Liter |

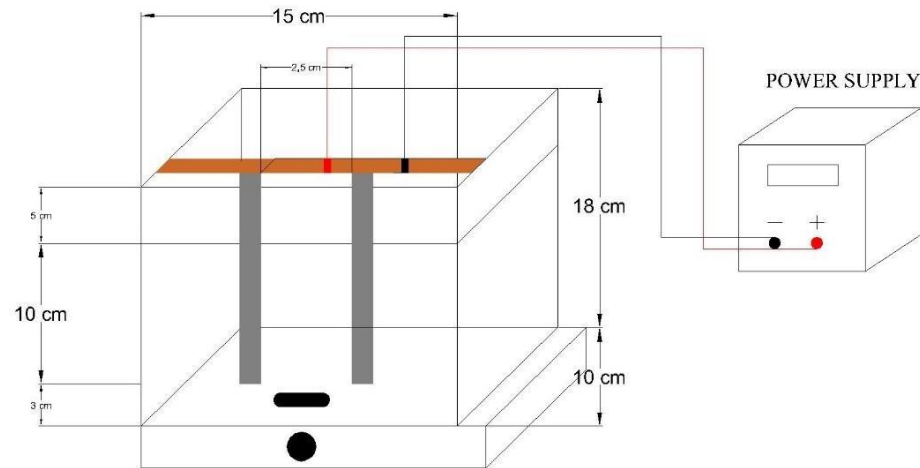
b. Rancangan Desain Rangkaian Elektrokoagulasi

Setelah mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan untuk penelitian, adapun kriteria desain dengan perencanaan unit elektrokoagulasi dapat dilihat pada Tabel 3.6 sebagai berikut:

Tabel 3. 5 Perencanaan Unit Elektrokoagulasi

| Kriteria | Ukuran | Satuan |
|---------------------|--------------|-----------------|
| Volume | 2 | dm ³ |
| Dimensi (p x l x t) | 10 x 15 x 18 | cm |
| Jarak Elektroda | 2,5 | cm |
| Jumlah Elektroda | 2 | Buah |
| Waktu Tinggal | 90 & 120 | Menit |
| Dimensi Elektroda | 15 x 5 x 0,2 | cm |

Elektroda tercelup ditentukan sebesar 10 cm x 5 cm dengan ketebalan elektroda sebesar 0,2 cm. Desain reaktor elektrokoagulasi dan plat elektroda yang digunakan dalam mengolah limbah cair industri kue dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Reaktor Elektrokoagulasi

Keterangan :

- a. Bak Reaktor
 - b. Air Limbah
 - c. Aluminium anoda
 - d. Aluminium katoda
 - e. Kabel penghantar arus anoda
 - f. Kabel penghantar arus katoda
 - g. *Hot Plate*
 - h. *Magnetic Stirrer*
 - i. *Power Supply*
- c. Langkah Penelitian
- a. Melakukan uji awal karakteristik limbah cair industri kue pada parameter COD dan TSS.
 - b. Mempersiapkan reaktor, plat elektroda alumunium, serta power supply.
 - c. Mempersiapkan bahan yaitu limbah cair industri kue..

- d. Memasang plat elektroda aluminium pada reaktor dan dihubungkan dengan
- e. power supply menggunakan penjepit buaya.
- f. Memasukkan limbah cair industri kue ke dalam reaktor elektrokoagulasi. Reaktor yang digunakan dengan variasi tegangan dan waktu. Setiap reaktor berisikan limbah cair industri kue sebanyak 2 liter.
- g. Proses elektrokoagulasi berlangsung selama 90 & 120 menit.
- h. Melepas plat elektroda aluminium setelah proses elektrokoagulasi.
- i. Mengendapkan flok yang terbentuk dari proses elektrokoagulasi selama 15 menit.
- j. Memisahkan air hasil olahan proses elektrokoagulasi dengan endapan menggunakan kertas saring Whatman.
- k. Melakukan analisis laboratorium untuk parameter COD dan TSS pada air hasil olahan.

d. **Prosedur Pelaksanaan Penelitian**

Tahapan dalam memulai sebuah penelitian diawali dengan pengambilan sampel limbah cair industri kue tersebut pada bak pengumpul limbah yang merupakan keluaran dari *outlet* industri kue tersebut. Adapun langkah – langkah dalam pengambilan sampel sebagai berikut :

- a. Mempersiapkan peralatan seperti botol sampling dan sarung tangan latex sebagai APD.
- b. Membilas botol sampling dengan sampel sebanyak tiga kali dengan menggunakan aquadest.
- c. Kemudian, mengisi botol sampling dengan limbah cair tersebut.
- d. Menutup dengan rapat agar tidak terkontaminasi dan segera diujikan ke laboratorium.

Setelah melakukan pengambilan sampel limbah cair pabrik kue, maka penelitian menggunakan teknologi elektrokoagulasi secara *batch* ialah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan 1 bak reaktor yang telah diberi label tiap bak reaktornya. Label bak reaktor dapat dilihat pada Tabel 9.
- b. Mengisi bak reaktor yang pertama dengan limbah cair sebanyak 1 liter yang sudah ditentukan pada label kemudian dimasukan plat katoda dan anoda dan diberi tegangan sesuai variasi yang sudah ditentukan pada label

selama 90 & 120 menit, dengan setiap perlakuan dilakukan 3 replikasi, lalu amati perubahan tersebut.

Tabel 3. 6 Label Bak Reaktor

| LABEL | | |
|-----------|-----------------|-----|
| NAMA | KETERANGAN | |
| REAKTOR 1 | Tegangan (Volt) | 15 |
| | Waktu (Menit) | 90 |
| REAKTOR 2 | Tegangan (Volt) | 15 |
| | Waktu (Menit) | 120 |
| REAKTOR 3 | Tegangan (Volt) | 20 |
| | Waktu (Menit) | 90 |
| REAKTOR 4 | Tegangan (Volt) | 20 |
| | Waktu (Menit) | 120 |
| REAKTOR 5 | Tegangan (Volt) | 25 |
| | Waktu (Menit) | 90 |
| REAKTOR 6 | Tegangan (Volt) | 25 |
| | Waktu (Menit) | 120 |

E. Metode Analisis Data

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, maka akan didapatkan data penurunan kadar COD dan TSS pada limbah cair industri kue setelah melalui proses pengolahan menggunakan teknologi elektrokoagulasi dengan variasi tegangan 15 Volt, 20 Volt dan 25 Volt. Hasil data parameter COD dan TSS yang sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan dihitung menggunakan rumus efisiensi sebagai berikut:

Efisiensi Penurunan COD :

$$Efisiensi [BOD] = \frac{COD_i - COD_f}{COD_i} \times 100\%$$

Ef : Efisiensi Penurunan

COD_i : Konsentrasi COD Awal

COD_f : Konsentrasi COD Akhir

Efisiensi Penurunan TSS :

$$Efisiensi [TSS] = \frac{[It-Ot]}{It} \times 100\%$$

Keterangan :

Ef : Efisiensi Penurunan

It : Konsentrasi TSS Awal

Ot : Konsentrasi TSS Akhir

Untuk mengetahui pengaruh faktor variasi tegangan terhadap penurunan kadar COD dan TSS dalam proses elektrokoagulasi data yang terkumpul dalam penelitian ini akan dipilah berdasarkan kategorinya, kemudian diolah dalam bentuk tabel dan grafik.

Tujuan penelitian ini yaitu yang pertama untuk mengetahui kadar COD dan TSS pada air limbah industri kue sebelum dilakukan penelitian. Berikutnya, tujuan penelitian yang kedua dan ketiga yaitu untuk mengetahui pengaruh selang waktu dan tegangan volt terhadap kadar COD dan TSS pada air limbah industri kue yang digunakan dalam metode elektrokoagulasi serta mengetahui manakah yang paling efisien



BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

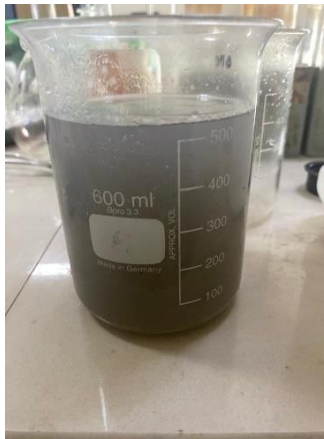
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini, peneliti akan menyajikan pembahasan mengenai hasil dari percobaan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Pembahasan ini dimulai dari persiapan alat, bahan dan kinerja reaktor elektrokoagulasi dalam menurunkan kadar COD dan TSS dengan pengulangan penelitian 3 hari berturut-turut. Sampel dianalisis di Laboratorium Pihak Ketiga, dari keseluruhan proses penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil penelitian parameter COD dan TSS dalam bentuk tabel dan grafik sehingga mudah dianalisis dan memperoleh hasil serta pembahasan. Hasil yang diperoleh akan dijabarkan melalui penyajian data dan analisis data di bawah ini sebagai berikut:

A. Penyajian Data

1. Karakteristik Awal Limbah Cair Industri Kue

Uji karakteristik awal limbah cair industri kue dilakukan untuk mengetahui kadar COD dan TSS sebelum dilakukan penelitian. Jika dilihat secara fisik, limbah cair industri kue keruh dan berwarna abu-abu serta berbau tidak sedap yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Kondisi Awal Limbah Industri Kue

Berdasarkan hasil uji awal karakteristik limbah cair industri kue yang terdapat di Kota Surabaya untuk parameter COD dan TSS belum memenuhi baku mutu limbah cair industri kue menurut Peraturan Gubernur

Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. Hasil uji awal karakteristik limbah cair industri kue dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Hasil Uji Awal Limbah Industri Kue

| Parameter | Satuan | Baku Mutu | Hasil Uji |
|------------------|---------------|------------------|------------------|
| COD | mg/L | 150 | 3481 |
| TSS | mg/L | 80 | 1438 |

Hasil pengujian awal sebelum dilakukan pengolahan diketahui kadar COD pada limbah cair industri kue sebesar 3481 mg/L, sedangkan kadar TSS sebesar 1438 mg/L. Dari hasil pengujian yang didapatkan bahwa limbah cair industri kue di Kota Surabaya melebihi baku mutu kualitas limbah cair industri kue menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya dengan baku mutu maksimum COD sebesar 150 mg/L dan TSS sebesar 80 mg/L.

Kadar COD yang tinggi dapat disebabkan oleh adanya bahan-bahan kimia yang terdapat di dalam proses (Yulianto et al., 2020). TSS mengandung surfaktan *nonbiodegradable*. Air limbah TSS termasuk polutan bagi lingkungan karena mengandung zat ABS (*alkyl benzene sulphonate*) yang tergolong keras, surfaktan sebagai komponen utama dalam TSS memiliki rantai kimia yang sulit didegradasi alam (Septiani et al., 2024).

2. Efisiensi Removal Chemical Oxygen Demand (COD)

Data hasil penelitian untuk penurunan kadar COD pada limbah cair industri kue setelah melalui proses elektrokoagulasi dengan tegangan 15 volt, 20 volt dan 25 volt dengan waktu kontak selama 90 menit dan 120 menit dapat dilihat perbandingannya pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Efisiensi Penurunan COD

| Konsentrasi COD (mg/L) | | | | | | |
|------------------------|-------|---------|------------------|-------------------|-----------|-----------|
| Tegangan | Waktu | Reaktor | Konsentrasi Awal | Konsentrasi Akhir | Efisiensi | Baku Mutu |
| 15 | 90 | R1 | 3481 | 1529,2 | 56,07% | 150 |
| 20 | 90 | R2 | | 1327,8 | 61,86% | |
| 25 | 90 | R3 | | 1052,7 | 69,76% | |
| 15 | 120 | R4 | | 1039,7 | 70,13% | |
| 20 | 120 | R5 | | 914,4 | 73,73% | |
| 25 | 120 | R6 | | 813,8 | 76,62% | |

Tabel 4.2 menunjukkan kadar COD sebelum dilakukan pengolahan dengan teknologi elektrokoagulasi yaitu sebesar 3480 mg/L. Selama proses penelitian dengan teknologi elektrokoagulasi terjadi penurunan kadar COD pada limbah cair indsutri kue, namun belum memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan yaitu sebesar 180 mg/L. Penurunan COD tertinggi terjadi pada Reaktor 6 dengan variasi tegangan 25 volt dan waktu 120 menit didapatkan hasil kadar COD sebesar 813,8 mg/L, dengan efisiensi penurunan kadar COD sebesar 76,62 %. Penurunan COD terendah terjadi pada Reaktor 1 dengan variasi tegangan 15 volt dan waktu 90 menit didapatkan hasil kadar COD sebesar 1529,2 mg/L, dengan efesiensi penurunan kadar COD sebesar 56,07%.

3. Efisiensi Removal TSS

Data hasil penelitian untuk penurunan kadar TSS pada limbah cair industri kue setelah melalui proses elektrokoagulasi dengan tegangan 15 volt, 20 volt dan 25 volt dengan waktu kontak selama 90 menit dan 120 menit dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Efisiensi Penurunan TSS

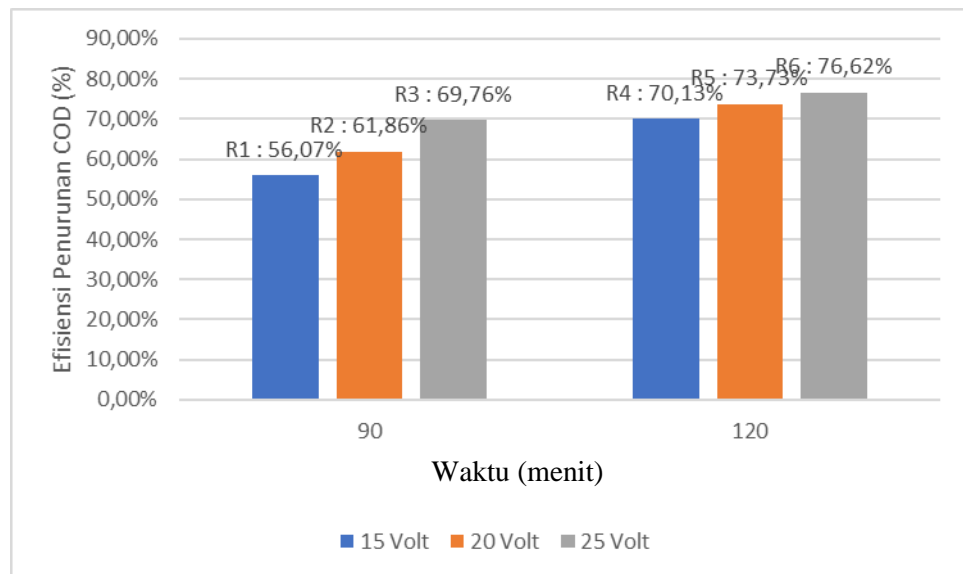
| Konsentrasi TSS (mg/L) | | | | | | |
|-------------------------------|--------------|----------------|-------------------------|--------------------------|------------------|------------------|
| Tegangan | Waktu | Reaktor | Konsentrasi Awal | Konsentrasi Akhir | Efisiensi | Baku Mutu |
| 15 | 90 | R1 | 1438 | 1112,01 | 47,89% | 80 |
| 20 | 90 | R2 | | 1073,18 | 53,88% | |
| 25 | 90 | R3 | | 1040,32 | 59,20% | |
| 15 | 120 | R4 | | 693,65 | 58,04% | |
| 20 | 120 | R5 | | 615,92 | 63,24% | |
| 25 | 120 | R6 | | 539,11 | 69,08% | |

Tabel 4.3 menunjukkan kadar TSS sebelum dilakukan pengolahan dengan teknologi elektrokoagulasi yaitu sebesar 1438 mg/L. Penurunan TSS tertinggi terjadi pada Reaktor 6 dengan variasi tegangan 25 volt dan waktu 120 menit didapatkan hasil kadar TSS sebesar 539,11 mg/L, dengan efisiensi penurunan kadar TSS sebesar 69,08%. Penurunan TSS terendah terjadi pada Reaktor 1 dengan variasi tegangan 15 volt dan waktu 90 menit didapatkan hasil kadar TSS sebesar 1112,01 mg/L, dengan efisiensi penurunan kadar TSS sebesar 47,89%.

B. Analisis Data

1. Taegangan dan Waktu Terhadap Penurunan Kadar COD Pada Limbah Cair Industri Kue

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan kandungan oksigen di dalam air yang dibutuhkan untuk mengoksidasi atau mengurai bahan-bahan pencemar melalui reaksi kimia, kenaikan nilai COD seiring dengan peningkatan bahan organik di dalam air (Baihaqi & Sutrisno, 2023)



Gambar 4. 2 Efisiensi Penurunan COD

Dari Gambar 4.2 diketahui bahwa selama proses elektrokoagulasi efisiensi penurunan COD mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya tegangan dan waktu. Pada R1 didapatkan efisiensi penurunan sebesar 56,07% (1529,2 mg/L), R2 didapatkan efisiensi penurunan sebesar 61,86% (1327,8 mg/L), R3 didapatkan efisiensi penurunan sebesar 69,76% (1052,7 mg/L), R4 didapatkan efisiensi penurunan sebesar 70,13% (1039,7 mg/L), R5 didapatkan efisiensi sebesar 73,73% (914,4 mg/L) dan R6 didapatkan efisiensi sebesar 76,62% (813,8 mg/L). Hasil penurunan kadar COD pada masing-masing reaktor dengan efisiensi tertinggi didapatkan pada R6 dengan efisiensi penurunan sebesar 76,62%.

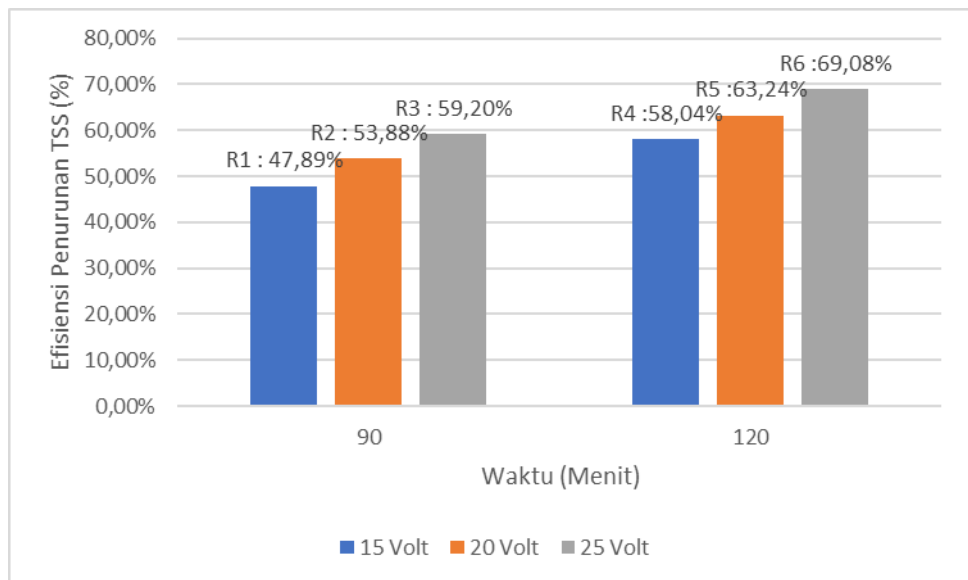
Berdasarkan grafik pengaruh tegangan dan waktu terhadap efisiensi penurunan COD, efisiensi penurunan COD mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya tegangan dan waktu. Peningkatan tegangan yang terjadi ketika proses elektrokoagulasi berpengaruh terhadap efisiensi penurunan kadar COD. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Setiawan et al., 2020) peningkatan tegangan yang terjadi mengakibatkan kuat arus listrik juga meningkat sehingga rapat kuat arus akan meningkat. Penelitian ini menggunakan aluminium sebagai elektroda yang akan melepaskan ion Al^{3+} . Ion Al^{3+} yang dilepaskan akan berikatan dengan ion OH^- menjadi $Al(OH)_3$ yang mampu mengikat senyawa organik.

Efisiensi penurunan kadar COD pada elektrokoagulasi juga dipengaruhi oleh waktu elektrokoagulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu elektrokoagulasi menyebabkan peningkatan efisiensi penurunan kadar COD. Menurut penelitian (Cis-trans et al., 2022), semakin lama proses elektrokoagulasi maka jumlah arus listrik yang dialirkan semakin besar dan jumlah ion Al^{3+} yang dihasilkan juga semakin besar, serta penguasaan air menjadi gas H_2 dan ion OH^- semakin besar, sehingga pembentukan koagulan $Al(OH)_3$ untuk mengikat senyawa organik juga semakin besar.

Penurunan COD terjadi akibat reaksi reduksi-oksidasi yang terjadi ketika proses elektrokoagulasi. Reaksi oksidasi terjadi di anoda dan reaksi reduksi terjadi di katoda. Pada anoda terjadi oksidasi yang ditandai dengan pelepasan ion Al^{3+} , yang nantinya akan mengikat ion OH^- membentuk koagulan $Al(OH)_3$. Prinsip kerja elektrokoagulasi untuk menurunkan senyawa organik sama dengan teori *double layer* yaitu pembentukan flok yang bersifat adsorpsi dengan mekanisme koagulan bermuatan positif akan menyerap ion negatif yang terdapat pada air limbah (Juherah & Ansar, 2018).

2. Pengaruh Tegangan dan Waktu Terhadap Kadar TSS

TSS merupakan produk pembersih yang merupakan penyempurnaan dari kue. Kelebihan TSS dibandingkan kue adalah kemampuannya dalam mengatasi air sadah dan larutan asam. TSS sering disebut dengan istilah TSS sintetis yang dibuat dari bahan-bahan sintetis (Apriyani, 2017).



Gambar 4. 3 Efisiensi Penurunan TSS

Dari Gambar 4.3 diketahui bahwa selama proses elektrokoagulasi efisiensi penurunan TSS mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya tegangan dan waktu. Pada R1 didapatkan efisiensi penurunan sebesar 47,89% (1112,01 mg/L), R2 didapatkan efisiensi penurunan sebesar 53,88% (1073,18 mg/L), R3 didapatkan efisiensi penurunan sebesar 59,20% (1040,32 mg/L), R4 didapatkan efisiensi penurunan sebesar 58,04% (693,65 mg/L), R5 didapatkan efisiensi sebesar 63,24% (615,92 mg/L) dan R6 didapatkan efisiensi sebesar 69,08% (539,11 mg/L).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Kurniati & Mujiburohman, 2020) , meningkatnya tegangan akan meningkatkan frekuensi arus listrik, menyebabkan lebih banyak pelepasan elektron dan ion Al^{3+} ke limbah cair. Sehingga semakin besar tegangan, maka semakin besar pembentukan

koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$. Koagulan yang terbentuk akan berikatan dengan polutan yang ada pada air limbah hingga membentuk flok. Flok yang terbentuk akan mengendap dan sebagian akan terangkat ke permukaan oleh gas H_2 . Lamanya proses elektrokoagulasi menyebabkan terbentuknya koagulan semakin banyak, sehingga proses pengikatan polutan semakin tinggi.

Penurunan TSS yang terjadi ketika proses elektrokoagulasi sama halnya dengan yang terjadi ketika penurunan COD. Adanya reaksi kimia yaitu reduksi dan oksidasi yang terjadi selama proses elektrokoagulasi. Oksidasi logam akan meningkatkan jumlah ion logam yang terlarut, sehingga dapat berikatan dengan dengan ion hidroksil membentuk koagulan yang dapat mengikat polutan. pada proses elektrokoagulasi dihasilkan senyawa $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang berfungsi sebagai koagulan untuk mengadsorpsi zat-zat organik, berkumpul kemudian terjadi pengendapan dan flotasi oleh gas H_2 menyebabkan koloid yang terperangkap terpisah dari larutan sehingga kadar TSS menurun.

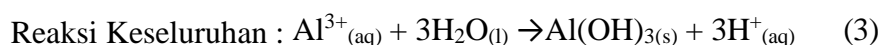
C. Pembahasan

Pada pembahasan data ini yaitu bertujuan untuk membandingkan hasil analisis penelitian yang telah dilakukan dengan konsep-konsep yang digunakan dalam penelitian terdahulu. Penelitian yang menjadi acuan sebagai perbandingan penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh (Baihaqi & Sutrisno, 2023) yang sebanding dengan penelitian ini. Uji awal limbah cair industri kue sebelum dilakukan pengolahan memiliki kadar COD sebesar 2840 mg/L dan kadar TSS sebesar 24,8 mg/L. Dari hasil penelitian yang dilakukan dalam mengolah limbah cair industri kue menggunakan teknologi elektrokoagulasi dengan menggunakan variasi tegangan sebesar 15 volt, 20 volt, dan 25 volt serta waktu kontak 90 menit dan 120 menit dalam 6 reaktor untuk menurunkan kadar COD dan TSS diperoleh penyisihan COD pada R1 sebesar 56,07% (1529,2 mg/L). Pada R2 diperoleh efisiensi penyisihan COD sebesar 70,13% (1039,7 mg/L). Pada R3 diperoleh efisiensi penyisihan COD sebesar 61,86% (1327,8 mg/L). Pada R4 diperoleh efisiensi penyisihan COD sebesar 73,73% (914,4 mg/L). Pada R5 diperoleh efisiensi penyisihan COD sebesar 69,76% (1052,7 mg/L). Pada R6 diperoleh efisiensi penyisihan COD sebesar 76,62%

(813,8 mg/L). Hasil penurunan kadar COD pada masing-masing reaktor dengan efisiensi terbaik didapatkan pada R6 dengan efisiensi penurunan sebesar 76,62% pada besar tegangan 25 volt dan waktu kontak 120 menit.

Penelitian menunjukkan hasil efisiensi penurunan kadar COD dengan kenaikan tegangan serta waktu proses yang lebih lama mempengaruhi unsur O dan H yang dihasilkan dari reaksi oksidasi pada elektroda, sehingga kemampuan reduksi bahan organik pada limbah akan berkurang. Menurut Audina & Rahmadyanti (2019), zat-zat organik bukan hanya dalam bentuk terlarut melainkan dapat berbentuk koloid (material halus dan mengambang). Zat organik berbentuk padat dapat dihilangkan dengan proses pengendapan.

Sedangkan untuk efisiensi penyisihan TSS pada R1 memperoleh penyisihan sebesar 47,89% (1112,01 mg/L). Pada R2 diperoleh penyisihan TSS sebesar 58,04% (693,65 mg/L). Pada R3 diperoleh efisiensi penyisihan sebesar 53,88% (1073,18 mg/L). Pada R4 diperoleh efisiensi penyisihan sebesar 63,24% (615,92 mg/L). Pada R5 diperoleh efisiensi penyisihan sebesar 59,20% (1040,32 mg/L). Pada R6 diperoleh efisiensi penyisihan sebesar 69,08% (539,11 mg/L). Penyisihan kadar TSS terbaik terjadi pada R6 dengan efisiensi penurunan sebesar 69,08% dengan besar tegangan 25 volt dan waktu kontak 120 menit. Penelitian menunjukkan pada proses elektrokoagulasi dihasilkan senyawa $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang berfungsi sebagai koagulan untuk mengadsorpsi zat-zat organik, berkumpul kemudian terjadi pengendapan dan flotasi oleh gas H_2 menyebabkan koloid yang terperangkap terpisah dari larutan sehingga kadar TSS menurun. Reaksi yang terjadi pada sel elektroda dengan menggunakan anoda dan katoda aluminium:



Penurunan kadar COD pada penelitian ini dengan menggunakan 6 reaktor yaitu R1 (15 volt dan 90 menit), R2 (15 volt dan 120 menit), R3 (20 volt dan 90 menit), R4 (20 volt dan 120 menit), R5 (25 volt dan 90 menit) dan R6 (25 volt dan 120 menit) diketahui bahwa limbah cair industri kue

hasil pengolahan dengan parameter COD dan TSS masih belum memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan sesuai dengan Peraturan Gubernur Provinsi Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan/atau kegiatan usaha lainnya.



UNIVERSITAS PGRI
ADI BUANA

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Kadar COD dan TSS pada air limbah industri kue sebelum dilakukan pengolahan dengan elektrokoagulasi adalah COD 3481 mg/L dan TSS 1438 mg/L. Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013, parameter COD dan TSS belum memenuhi baku mutu air limbah.
2. Variasi tegangan dan waktu terbaik pada pengolahan air limbah industri kue menggunakan elektrokoagulasi dalam menurunkan kadar COD adalah tegangan 25 volt dan waktu 120 menit. Pada variasi tersebut kadar COD yang awalnya sebesar 3481 mg/L menjadi 813,8 mg/L, dengan efisiensi sebesar 76,62%. Hasil tersebut belum memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa timur No.72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah untuk industri kue.
3. Variasi tegangan dan waktu terbaik pada pengolahan air limbah industri kue menggunakan elektrokoagulasi dalam menurunkan kadar TSS adalah tegangan 25 volt dan waktu 120 menit. Pada variasi tersebut kadar TSS yang awalnya sebesar 1438 mg/L menjadi 539,11 mg/L, dengan efisiensi sebesar 69,08%. Hasil tersebut belum memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa timur No.72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah untuk industri kue.

B. Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah:

1. Setelah dilakukan satu kali proses penelitian *power supply* yang digunakan didiamkan selama beberapa menit. Hal ini bertujuan agar *power supply* tidak mengalami *overheat* yang berdampak performa *power supply*, sehingga arus dan tegangan dapat dialirkan dengan stabil.
2. Jarak *freeboard* reaktor elektrokoagulasi dengan volume air limbah yang digunakan harus diperhatikan. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya air hasil olahan yang meluber.



UNIVERSITAS PGRI
ADI BUANA

**DAFTAR
PUSTAKA**

DAFTAR PUSTAKA






- Ade, P., Yulis, R., & Febliza, A. (2018). *Analisis Kadar DO , BOD , dan COD Air Sungai Kuantan Terdampak Penambangan Emas Tanpa Izin.*
- Amatullah, S. (2022). *PENERAPAN ELEKTROKOAGULASI DALAM MENURUNKAN KADAR COD DAN TSS PADA LIMBAH CAIR RUMAH POTONG HEWAN.*
- Amri, I., Awalsya, F., & Irdoni. (2020). Pengolahan limbah cair industri pelapisan logam dengan proses elektrokoagulasi secara kontinyu. *Chempublish Journal*, 5(1), 15–26.
- Apriyani, N. (2017). Penurunan Kadar Surfaktan dan Sulfat dalam Limbah Laundry. In *MITL Media Ilmiah Teknik Lingkungan* (Vol. 2, Issue 1).
- Ashari, Budianta, D., & Setiabudidaya, D. (2015). Efektivitas Elektroda pada Proses Elektrokoagulasi untuk Pengolahan Air Asam Tambang. *Jurnal Penelitian Sains*, 17(2010), 45–50.
- Asril, A. M. (2022). *Fitoremediasi air Limbah Penatu Menggunakan Tanaman Rumput Gajah (Pennisetum purpureum).*
- Baihaqi, I. M., & Sutrisno, J. (2023). Penerapan Elektrokoagulasi Dengan Elektroda Alumunium (Al) Dalam Penurunan Kadar COD Dan Detergen Pada Industri Sabun. *Seminar Nasional Teknologi Industri*, 1(1), 456–461.
- Bimantara, H. A. (2021). Efisiensi Removal Cod, Tss Dan Fluoride Pada Limbah Cair Industri Asam Fosfat Dengan Metode Elektrokoagulasi. *Inisiasi*, 137–152. <https://doi.org/10.59344/inisiasi.v10i2.103>
- Cis-trans, J. J., Sihombing, R. P., & Sarungu, Y. T. (2022). *Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil dengan Metoda Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Besi (Fe) dan Aluminium (Al).* 6573, 11–18. <https://doi.org/10.17977/um0260v6i22022p011>
- Fahrul, M., Rusliati, E., Hosseini, S. H., Jannati Mashkani, A., Abdellahi, S. A., & Ilvira, Rifka Fitri, D. (2016). PENENTUAN NILAI BOD DAN COD SEBAGAI PARAMETER PENCEMARAN AIR DAN BAKU MUTU AIR LIMBAH DI PUSAT PENELITIAN KELAPA SAWIT (PPKS) MEDAN. In *Agri Ekonomi* (Vol. 25, Issue Analisis Usaha dan Strategi Pengembangan Agribisnis Buah Naga CV. Kusumo Wanadri Kulon Progo).
- Feriyadita, F., Diana, N., Tamami, B., Studi, P., Fakultas, A., Universitas, P., & Madura, T. (2021). *Perilaku Konsumen Terhadap Keputusan Pembelian Lapis Kukus Pahlawan Surabaya.* 14(2), 128–140.
- Hardina, T. T. (2018). *KARAKTERISASI LUMPUR PDAM SURABAYA RECOVERY ALUMINIUM.*
- Hasyyati, L., & Hartati, E. (2020). *Penyisihan Krom pada Pengolahan Air Limbah Penyamakan Kulit Menggunakan Metode Elektrokoagulasi.* V(4), 1313–1320.
- Indah, N., Sejati, P., & Mulyono, R. A. (2022). *Karakteristik Bolu Kukus dengan Penambahan Ekstrak dan Kelopak Bunga Telang.* 11(September), 175–184.
- Juherah, & Ansar, M. (2018). *PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DENGAN ELEKTROKOAGULASI DALAM MENURUNKAN KADAR FOSFAT(PO4) PADA LIMBAH LAUNDRY.* *Jurnal Sulolipu*, 18(2).
- Junardi, Candramila, W., & Mundiarto, S. (2019). Struktur Komunitas Fitoplankton Danau Tapal Kuda-Sinau , Kapuas Hulu , Kalimantan Barat Phytoplankton Community Structure of Oxbow Lake-Sinau ,. *Biospecies*, 12(2), 51–60.
- Kurniati, R. T., & Mujiburohman, M. (2020). Pengaruh Beda Potensial dan Waktu Kontak Elektrokoagulasi Terhadap Penurunan Kadar COD dan TSS pada Limbah Cair Laundry. *Jurnal Colloquium*, 309–313.
- Lavianiga, F. E., & Lapanporo, B. P. (2019). *Peningkatan Kualitas Air Gambut Menggunakan Metode Elektrokoagulasi dengan Penambahan Garam.* 7(1), 34–39.
- Putra, A. S., IW, H. R., & Yulianto. (2022). *PENAMBAHAN GARAM MENURUNKAN KADAR Fe DAN WARNA PADA AIR GAMBUT DENGAN METODE ELEKTROKOAGUASI.* *Poltekkes Semarang*, 41(1), 32–37.
- Septiani, A., Studi, P., Sejarah, I., Budaya, F. I., Padjadjaran, U., Denim, W., & Material, T. (2024). *Mengenal hemp sebagai bahan celana denim.* 3(2), 65–71.

- Setiawan, A., Arianingtyas, N. A., Mayangsari, N. E., & Dewi, T. U. (2020). *Penyisihan Fluoride dan COD Air Limbah Industri Asam Fosfat Menggunakan Kombinasi Presipitasi dan Elektrokoagulasi*. 16(2), 47–54.
- Tiwa, E. T., Tasik, F. C. ., & Purwanto, A. (2022). Pemanfaatan Internet dalam Pengembangan Usaha Kuliner Desa Tumpaan Kecamatan Tumpaan. *Jurnal Ilmiah Society*, 2(2), 1–9.
- Wijayanto, D., Elektro-pnj, J. T., & Jakarta, J. T. E. N. (2018). *MODEL ALAT PENAWAR AIR TANAH TERINTRUSI AIR LAUT (AIR PAYAU) DENGAN PROSES ELEKTROKOAGULASI*. 171–180.
- Yulianto, R., Prihanto, R. L., Redjeki, S., & Iriani, I. (2020). Penurunan Kandungan COD dan BOD pada Limbah Cair Industri Tahu dengan Metode Ozonasi. *ChemPro*, 1(01), 9–15.
<https://doi.org/10.33005/chempro.v1i01.27>

LAMPIRAN

Lampiran 1
(Dokumentasi Penelitian)

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian

| | |
|---|--|
|  |  |
| <p>Limbah Cair Industri Kue</p> | <p>Kondisi Awal Elektroda</p> |
|  |  |
| <p>Kondisi Running</p> | <p>Reaktor Elektrokoagulasi</p> |
|  |  |
| <p>Flokulasi yang terjadi saat running</p> | <p>Kondisi Akhir Elektroda</p> |

Lampiran 2
(SNI 6989.15:2019)

**Air dan air limbah – Bagian 15:
Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi
(*chemical oxygen demand*/COD)
dengan refluks terbuka secara titrimetri**

Lampiran 3
(SNI 6989.3:2019)

**Air dan air limbah – Bagian 3:
Cara uji padatan tersuspensi total
(*total suspended solids/TSS*)
secara gravimetri**

Hak cipta Badan Standardisasi Nasional. Salinan standar ini dibuat oleh BSN untuk Candra Mirawarsi

Lampiran 4

(Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013)

Lampiran 5. Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013
Limbah Industry Makanan (Bakery)

| BAKU MUTU AIR LIMBAH UNTUK INDUSTRI BISKUIT DAN ROTI (BAKERY) Volume Limbah Cair Maximum 6 M ³ per satuan produk | |
|---|-------------------------|
| Parameter | Kadar maximum (mg/L) |
| BOD ₅ | 85 |
| COD | 150 |
| TSS | 80 |
| Minyak dan Lemak | 10 |
| pH | 6-9 |

Lampiran 5
(Sertifikat Hasil Uji)

[Nomor Analisa]
 Tanggal: 03 Juli 2024

LAPORAN ANALISIS

| | |
|-------------------|---|
| PELANGGAN | : Tofan Hendra Setiawan |
| CONTOH | : Air Sebelum Proses |
| JENIS CONTOH UJI | : Air Limbah Industri Kue |
| KETERANGAN CONTOH | : Bentuk : Cairan |
| | : Volume : 500 ml |
| ANALISA / UJI | : TSS, COD |
| TEMPAT ANALISA | : Laboratorium PT. Lautan Air Indonesia |
| TANGGAL ANALISA | : 20 Juni - 2 Juli 2024 |

 Hasil Analisa:
(Result Of Analysis)

| Parameter | Satuan | Hasil | Metode |
|-----------------------|--------|-------|-----------------|
| Zat Tersuspensi (TSS) | mg/L | 1438 | SNI 6989.3.2019 |
| COD | mg/L | 3841 | SNI 6989.2.2019 |

Diterbitkan Di/Tanggal : Gresik, 03 Juli 2024

Laboratorium PT. Lautan Air Indonesia



 Lautan Air Indonesia
 Syarif Rahmat
 Kepala Laboratorium PT. Lautan Air Indonesia

[Nomor Analisa]
Tanggal: 03 Juli 2024

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

PELANGGAN : Tofan Hendra Setiawan
CONTOH : Air Setelah Proses
JENIS CONTOH UJI : Air Limbah Industri Kue
ANALISA / UJI : TSS, COD
TANGGAL TERIMA : 20 Juni - 02 Juli 2024

Hasil Analisa (Result Of Analysis) :

| Sample Presentase Awal | | | Parameter | |
|------------------------|---------|-------|------------|------------|
| Voltase (Volt) | Reaktor | Waktu | TSS (mg/L) | COD (mg/L) |
| 15 | R1 | 90 | 786,01 | 1568 |
| | R4 | 120 | 637,9 | 1084 |
| 20 | R2 | 90 | 708,36 | 1367 |
| | R5 | 120 | 568,59 | 956 |
| 25 | R3 | 90 | 642,64 | 1009 |
| | R6 | 120 | 491,51 | 849 |
| Sample Replika 1 | | | Parameter | |
| Voltase (Volt) | Reaktor | Waktu | TSS (mg/L) | COD (mg/L) |
| 15 | R1 | 90 | 754,37 | 1499 |
| | R4 | 120 | 609,14 | 1021 |
| 20 | R2 | 90 | 671,26 | 1303 |
| | R5 | 120 | 535,66 | 890 |
| 25 | R3 | 90 | 590,73 | 1015 |
| | R6 | 120 | 449,66 | 793 |
| Sample Replika 1 | | | Parameter | |
| Voltase (Volt) | Reaktor | Waktu | TSS (mg/L) | COD (mg/L) |
| 15 | R1 | 90 | 744,45 | 1482 |
| | R4 | 120 | 597,63 | 969 |
| 20 | R2 | 90 | 655,15 | 1275 |
| | R5 | 120 | 521,42 | 855 |
| 25 | R3 | 90 | 581,81 | 998 |
| | R6 | 120 | 439,74 | 765 |

Trusted Solution Partner for a Better World | Part of Lautan Luas Group

☎ (021) 591 8874

📍 Head Office & Plant : Kawasan Industri Manis, Jl. Manis II No.9 Km. 8,5 RT. 04/RW. 01, Desa Kudu, Kec. Curug, Kab. Tanggung, Banjarnegara, 35810

📍 Plant Gresik : Jalan Raya Sukomulyo Km. 24, Manyar, Gresik, 61151

🌐 www.lautanairindonesia.com


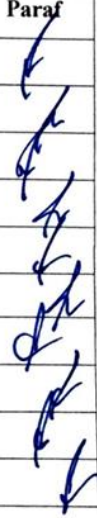


UNIVERSITAS PGRI ADI BUANA SURABAYA

Badan Penyelenggara PPLP PT PGRI Surabaya
Keputusan MENKUMHAM RI NO. AHU-0000485.AH.01.08.Tahun 2019
Kampus Pusat : Jl. Dukuh Menanggal XII Telp. (031) 8281181 Surabaya 60234
<http://www.unipasby.ac.id>

BERITA ACARA BIMBINGAN SKRIPSI

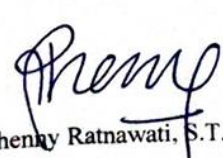
Form Skripsi-03

| Nama | : Tofan Hendra Setiawan | | |  |
|--|--|-------------------------|------------|--|
| NIM | : 203800018 | | | |
| Program Studi | : Teknik Lingkungan | | | |
| Pembimbing | : Ir. Joko Sutrisno, M.Kom. | | | |
| Periode Bimbingan | : Genap /Genap*) Tahun 2023 / 2024 | | | |
| Judul Skripsi | PENURUNAN KADAR COD DAN TSS PADA AIR LIMBAH PABRIK KUE DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI MENGGUNAKAN ELEKTRODA ALUMINIUM (Al) | | | |
| KEGIATAN KONSULTASI / BIMBINGAN | | | | |
| No | Tanggal | Materi pembimbingan | Keterangan | Paraf |
| | 27 Juni 2024 | Revisi Rumusan Masalah. | Revisi |  |
| | 29 Juni 2024 | Bab 1 | ACC. | |
| | 1 Juli 2024 | Bab 2. | Revisi | |
| | 2 Juli 2024 | Bab 3 | ACC. | |
| | 4 Juni 2024 | Bab 4. | Revisi | |
| | 6 Juni 2024 | Abstrak | Revisi | |
| | 7 Juni 2024 | Sistematika Penulisan. | ACC | |
| | 8 Juni 2024 | Analisis data. | Revisi | |
| | 9 Juni 2024 | Format Penulisan. | Revisi | |
| | 9 Juni 2024 | Siap Ujian. | ACC. | |
| Dinyatakan selesai tanggal09 - Juli..... 20.24 | | | | |

Mengetahui,
Ketua Program Studi,

Pembimbing,

Surabaya, Juli 2024
Mahasiswa,


Dr. Rheny Ratnawati, S.T., M.T.


Ir. Joko Sutrisno, M.Kom.


Tofan Hendra Setiawan



UNIVERSITAS PGRI ADI BUANA SURABAYA


Badan Penyelenggara PPLP PT PGRI Surabaya
Keputusan MENKUMHAM RI NO. AHU-0000485.AH.01.08.Tahun 2019
Kampus Pusat : Jl. Dukuh Menanggal XII Telp. (031) 8281181 Surabaya 60234
<http://www.unipasby.ac.id>

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI

Pada

Hari, tanggal : Rabu, 17 Juli 2021
Jam : 08-00 - selesai
Tempat : Aula 3 lantai 3 fakultas teknik

Telah dilaksanakan Ujian Skripsi:

Nama Mahasiswa : Tofan Hendra Setiawan
NIM : 203800018
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Penurunan Kadar COD dan TSS Pada Air Limbah Pabrik Kue Dengan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium (Al)
Bidang Keahlian : Air limbah
Tanda Tangan : 

Saran-saran perbaikan :

1. Sistematis penulisan, Abstrak dll.
2. Gambar alat, jumlah reaktor, perbaikan gambar.
3. COD yg telah sesuai dg penelitian yg digunakan.
4. Hasil penelitian, pembahasan, kesimpulan
5. Implikasi (abstrak) 7. tyro
6. Sub and super script.

Tim Penguji

Nama

(Tanda tangan)

1. Sugito
2. Dian Majid



*) Jangka waktu perbaikan Skripsi dua minggu setelah ujian.
Apabila waktu tersebut tidak dipenuhi, maka nilai Ujian Skripsi dianggap batal dan mahasiswa yang bersangkutan diwajibkan mengulang Ujian lisan



UNIVERSITAS PGRI ADI BUANA SURABAYA

Badan Penyelenggara PPLP PT PGRI Surabaya
Keputusan MENKUMHAM RI NO. AHU-0000485.AH.01.08.Tahun 2019
Kampus Pusat : Jl. Dukuh Menanggal XII Telp. (031) 8281181 Surabaya 60234
<http://www.unipasby.ac.id>

FORM REVISI SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Tofan Hendra Setiawan
NIM : 203800018
Fakultas / Progdil : Teknik / Teknik Lingkungan
Judul Skripsi : Penurunan Kadar COD dan TSS Pada Air Limbah Pabrik Kue Dengan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium (Al)

Ujian Tanggal :

| No Bab. | Tanggal | Materi Konsultasi | Keterangan Catatan | Tanda Tangan Penguji |
|---------|-----------|-----------------------------------|--------------------|----------------------|
| I | 22/7/2024 | Sistematika penulisan | Revisi | [Signature] |
| II | | Abstrak; gambar | | [Signature] |
| III | 27/7/2024 | Hasil Per, Pembahasan, Kesimpulan | Revisi | [Signature] |
| IV | | Abstrak | Revisi | [Signature] |
| V | | Daftar Isi | Revisi | [Signature] |
| | | | | |

Disetujui Dosen Penguji
Pada Tanggal... 22/7/2024...
Penguji I,

[Signature]
(Subito)

Penguji II,

[Signature]
(Rajid)

- a. Penyelesaian Revisi paling lambat 2 minggu dari pelaksanaan Ujian Skripsi.
b. Pengetikan, penjilidan, penandatanganan Skripsi dan mengumpulkan Skripsi paling lambat 2 minggu dari revisi.
- Apabila sampai batas waktu tersebut (point 1, a dan b) mahasiswa belum menyelesaikan revisi dan tanda tangan, maka **Ujian dinyatakan Gugur**.
- a. Foto copy Form Revisi diserahkan ke Program Studi.
b. Skripsi yang sudah direvisi diserahkan ke Fakultas tiga eksemplar untuk dijilid.