

**ANALISIS PENGARUH KADAR BIJI ASAM JAWA (*Tamarindus indica*)
TERHADAP KARAKTERISTIK LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE
MENGUNAKAN METODE ELEKTROKOAGULASI**

SKRIPSI

Oleh :
AHMAD JAELANI YUSRI
NIM. 19640052



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

HALAMAN PENGAJUAN

**ANALISIS PENGARUH KADAR BIJI ASAM JAWA (*Tamarindus indica*)
TERHADAP KARAKTERISTIK LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE
MENGUNAKAN METODE ELEKTROKOAGULASI**

SKRIPSI

Diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Oleh :
AHMAD JAELANI YUSRI
NIM. 19640052

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS PENGARUH KADAR BIJI ASAM JAWA (*Tamarindus indica*)
TERHADAP KARAKTERISTIK LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE
MENGUNAKAN METODE ELEKTROKOAGULASI

SKRIPSI

Oleh :

Ahmad Jaelani Yusri
NIM. 19640052

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
Pada tanggal: 24 Oktober 2023

Pembimbing I



Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes
NIP. 19750808 199903 1 003

Pembimbing II



Mubasyiroh, S.S, M.Pd.I
NIDT. 19790502 20180201 2 208

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Dr. Inan Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH KADAR BIJI ASAM JAWA (*Tamarindus indica*) TERHADAP KARAKTERISTIK LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE MENGUNAKAN METODE ELEKTROKOAGULASI

SKRIPSI

Oleh :

Ahmad Jaelani Yusri
NIM. 19640052

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Tanggal, 24 Oktober 2023

Penguji Utama	<u>Drs. Cecep E Rustana, B.Sc(Hons), Ph.D</u> NIP. 19590729 198602 1 001	
Ketua Penguji	<u>Ahmad Luthfin, S.Si, M.Si</u> NIP. 19860504 201903 1 009	
Sekretaris Penguji	<u>Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes</u> NIP. 19750808 199903 1 003	
Anggota Penguji	<u>Mubasyiroh, S.S, M.Pd.I</u> NIDT. 19790502 20180201 2 208	

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Dr. In'am Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ahmad Jaelani Yusri

NIM : 19640052

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Analisis Pengaruh Kadar Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica*) Terhadap Karakteristik Limbah Cair Industri Tempe Menggunakan Metode Elektrokoagulasi

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini merupakan karya tulis sendiri, bukan merupakan pengambil-alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil contekan, maka saya siap menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 29 Oktober 2023
Yang Membuat Pernyataan



Ahmad Jaelani Yusri
NIM. 19640052

MOTTO

“Walau susah jangan menyerah”

~Mak'e~

“Semakin banyak ilmu, semakin lapang hidup. Semakin kurang ilmu, semakin sempit hidup”

~Buya Hamka~

أَدِ الْفَتَىٰ حَسْبَ اِعْتِقَادِهِ رُفِعَ * وَكُلُّ مَنْ لَمْ يَعْتَقِدْ لَمْ يَنْتَفِعْ

~Bait ke-17 Nadzom al-Imrithi~

“*Baraja ka nan manang, mancontoh ka nan sudah*”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan takzim saya persembahkan skripsi ini kepada :

- Kedua orangtua saya, Bapak Supratman dan Ibu Sri Hastutik yang telah mendukung/ mensupport di setiap langkah terkhusus kepada ibunda *“Panembahan Ratu Ing Hayati” Sekolah langkung rumiyin, ingkang ngutamaaken pendidikan kagem putra-putrinipun langkung saking menapa mawon, gelar sarjana samenika mboten wonten faedah e dibandingaken kaleh ijasah SD panjenengan Bu.*
- Kakak kandung yang selalu mau direpoti adeknya ini, Maryanah Koto, Prastyowati, Yasir Man, Ferli Setya Agung dan Nur Rahmat. Semoga tetap akur dan saling bantu membantu dalam kehidupan.
- Adik kandung yang selalu ingin dijenguk, Muhamad Ilyas dan Muhamad Kausar. Tetaplah semangat dalam mencari ilmu dan mengasah skill.
- Lek Sum dan biji asam jawanya sebagai inspirasi penelitian.
- Heri Supandi, orang Malimping yang selalu memotivasi penulis untuk terus berkembang.

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan luasnya rezeki yang diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi sebagai syarat kelulusan pada jenjang strata 1 di program studi Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim. Pada penelitian ini, penulis mengambil judul "**Analisis Pengaruh Kadar Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica*) Terhadap Karakteristik Limbah Cair Tempe Menggunakan Metode Elektrokoagulasi**". Penulis juga mengucapkan shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW., para sahabat, dan seluruh umat Islam yang mengikuti jejaknya dan mengharapkan syafaatnya di hari akhir nanti.

Atas rampungnya skripsi ini, penulis mengucapkan rasa terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. M. Zainuddin MA, selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si, selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. H. Agus Mulyono, M.Kes dan Mubasyiroh, S.S, M.Pd.I selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah sabar membimbing selama proses penelitian.
5. Drs. Cecep E Rustana, B.Sc(Hons), Ph.D dan Ahmad Luthfin, M.Si selaku dewan penguji.
6. Wiwis Sasmitaninghidayah, M.Si selaku dosen wali yang selalu mendukung dan memberi nasihat/masukan di bidang akademik.
7. Seluruh jajaran dosen, laboran, dan admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
8. Dr. Halimi, S.Hum, M.Pd sebagai pengasuh Pondok Literasi Darun Nun.

9. Kemenristekdikti atas bidikmisi yang telah membantu dan meringankan biaya hidup selama perkuliahan.
10. Saudara Muhaimin, S.H sebagai pemilik Rumah Usaha Tempe di Kampung Tempe Parerejo.
11. Akbar Siregar, S.H, Hisyam Jauhar, Dimas Muparrijin, Imala Rahayu, Ulfa Rufaida yang telah menyumbang beragam ide, bantuan transportasi dan diskusi terkait penelitian penulis.
12. Seluruh teman-teman di Pondok Pesantren Literasi Darun Nun dan Rumah Fisika “KhongGuan” yang telah memberikan kesan-kesan pertemanan tak terlupakan selama di Kota Malang.
13. Pihak-pihak yang tak bisa penulis sebut satu persatu atas keikhlasan membantu memotivasi, doa dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah diberikan dengan pahala yang berlipat ganda dunia dan akhirat. Penulis mengharapkan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan penulis, serta memberikan kontribusi yang positif bagi perkembangan ilmu pengetahuan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat konstruktif untuk kita semua.

Malang, 24 Oktober 2023

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN PENGANTAR	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
مستخلص البحث.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
2.1 Limbah Cair Industri Tempe	8
2.1.1 Chemical Oxygen Demand	10
2.1.2 Biological Oxygen Demand	11
2.1.3 Total Suspended Solid.....	11
2.1.4 Total Dissolved Solid	11
2.1.5 pH	12
2.1.6 Kadar Amonia	12
2.2 Elektrokoagulasi	13
2.3 Asam Jawa.....	19
2.4 Menjaga Lingkungan dalam Perspektif Islam	21
2.5 Penelitian Relevan	24
2.6 Hipotesis Penelitian	25
BAB III METODE PENELITIAN	26
3.1 Jenis Penelitian	26
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.3 Alat dan Bahan	26
3.3.1 Alat	26
3.3.2 Bahan	28
3.4 Prosedur Kerja	28
3.4.1 Preparasi Sampel Limbah Cair Industri Tempe	28
3.4.2 Preparasi Biokoagulan Biji Asam Jawa	28

3.4.3 Penggabungan Metode Elektrokoagulasi-Biokoagulasi.....	29
3.4.4 Evaluasi Kinerja Elektrokoagulasi-Biokoagulasi dengan Uji Karakteristik Limbah	30
3.5 Pengambilan Data.....	32
3.5.1 Tanpa Perlakuan Elektrokoagulasi-Biokoagulasi.....	32
3.5.2 Dengan Perlakuan Elektrokoagulasi-Biokoagulasi	33
3.5.3 Perbandingan Nilai dengan Baku Mutu Limbah.....	35
3.6 Analisis Data	35
3.7 Bagan Alir Penelitian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Karakteristik Limbah Cair Tempe.....	37
4.2 Hasil Penelitian.....	42
4.3 Data Hasil Penelitian	43
4.3.1 Pengaruh Kadar Biji Asam Jawa Terhadap pH Limbah Cair Tempe Menggunakan Elektrokoagulasi	43
4.3.2 Pengaruh Kadar Biji Asam Jawa Terhadap TDS Limbah Cair Tempe Menggunakan Elektrokoagulasi	46
4.3.3 Pengaruh Kadar Biji Asam Jawa Terhadap TSS Limbah Cair Tempe Menggunakan Elektrokoagulasi	49
4.3.4 Pengaruh Kadar Biji Asam Jawa Terhadap BOD Limbah Cair Tempe Menggunakan Elektrokoagulasi	52
4.3.5 Pengaruh Kadar Biji Asam Jawa Terhadap COD Limbah Cair Tempe Menggunakan Elektrokoagulasi	54
4.3.6 Pengaruh Kadar Biji Asam Jawa Terhadap Kadar Amonia Limbah Cair Tempe Menggunakan Elektrokoagulasi	57
4.3.7 Keterkaitan Antar Parameter Limbah Cair Tempe.....	60
4.4 Pembahasan	62
4.4.1 Proses Elektrokoagulasi pada Pengolahan Limbah Cair Tempe.....	62
4.4.2 Biji Asam Jawa Sebagai Biokoagulan.....	63
4.4.3 Pengaruh Kadar Biji Asam Jawa Terhadap pH Limbah Cair Tempe Menggunakan Elektrokoagulasi	66
4.4.4 Pengaruh Kadar Biji Asam Jawa Terhadap TDS Limbah Cair Tempe Menggunakan Elektrokoagulasi	67
4.4.5 Pengaruh Kadar Biji Asam Jawa Terhadap TSS Limbah Cair Tempe Menggunakan Elektrokoagulasi	69
4.4.6 Pengaruh Kadar Biji Asam Jawa Terhadap BOD Limbah Cair Tempe Menggunakan Elektrokoagulasi	72
4.4.7 Pengaruh Kadar Biji Asam Jawa Terhadap COD Limbah Cair Tempe Menggunakan Elektrokoagulasi	74
4.4.8 Pengaruh Kadar Biji Asam Jawa Terhadap Kadar Amonia Limbah Cair Tempe Menggunakan Elektrokoagulasi	76
4.5 Perbandingan dengan Standar Baku Mutu Limbah Usaha Tempe.....	78
4.6 Hasil Analisis Penelitian yang Terintegrasi dengan Al-Qur'an	80
BAB V PENUTUP.....	84
5.1 Kesimpulan.....	84
5.2 Saran	84

DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Reaktor Elektrokoagulasi	15
Gambar 2.2 Buah Dan Biji Asam Jawa (<i>Tamarindus Indica</i>)	20
Gambar 4.1 Limbah Cair Tempe	37
Gambar 4.2 Saluran Pembuangan Limbah Cair Tempe	38
Gambar 4.3 Rangkaian Reaktor Elektrokoagulasi	41
Gambar 4.4 (a) Limbah Cair Tempe sebelum Diberi Perlakuan, (b) Limbah Cair Tempe setelah Perlakuan	43
Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Penambahan Asam Jawa pada Elektrokogulasi terhadap Nilai pH Limbah Cair Tempe	44
Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Penambahan Asam Jawa pada Elektrokogulasi terhadap Nilai TDS Limbah Cair Tempe	47
Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Penambahan Asam Jawa pada Elektrokogulasi terhadap Nilai TSS Limbah Cair Tempe	50
Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Penambahan Asam Jawa pada Elektrokogulasi terhadap Nilai BOD Limbah Cair Tempe	53
Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Penambahan Asam Jawa pada Elektrokogulasi terhadap Nilai COD Limbah Cair Tempe	56
Gambar 4.10 Grafik Pengaruh Penambahan Asam Jawa pada Elektrokogulasi terhadap Kadar Amonia Limbah Cair Tempe	59
Gambar 4.11 Perbandingan Efisiensi Penambahan Serbuk Biji Asam Jawa Untuk Tiap Parameter Limbah Cair Tempe	61
Gambar 4.12 Stabilitas Suspensi Koloid	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Kedelai.....	10
Tabel 3.1 Karakteristik Limbah Cair Industri Tempe Tanpa Pengolahan.....	33
Tabel 3.2 Nilai Ph Limbah setelah Diberi Perlakuan Elektrokoagulasi-Biokoagulasi Selama 60 Menit.....	33
Tabel 3.3 Kadar Cod Limbah Setelah Diberi Perlakuan Elektrokoagulasi-Biokoagulasi Selama 60 Menit.....	34
Tabel 3.4 Kadar Bod Limbah Setelah Diberi Perlakuan Elektrokoagulasi-Biokoagulasi Selama 60 Menit.....	34
Tabel 3.5 Kadar Tds Limbah Setelah Diberi Perlakuan Elektrokoagulasi-Biokoagulasi Selama 60 Menit.....	34
Tabel 3.6 Kadar Amonia Limbah Setelah Diberi Perlakuan Elektrokoagulasi-Biokoagulasi Selama 60 Menit.....	34
Tabel 3.7 Kadar TSS Limbah Setelah Diberi Perlakuan Elektrokoagulasi-Biokoagulasi Selama 60 Menit.....	35
Tabel 3.8 Perbandingan Hasil Limbah Setelah Diolah Dengan Baku Mutu Air Limbah Industri Tempe.....	35
Tabel 4.1 Karakteristik Limbah Cair Tempe Sebelum Diolah.....	38
Tabel 4.2 Data Hasil Pengaruh Kadar Asam Jawa Terhadap pH Limbah Cair Industri Tempe Menggunakan Metode Elektrokoagulasi.....	43
Tabel 4.3 Hasil Uji One Way Anova Pada Ph Limbah Cair Tempe.....	45
Tabel 4.4 Hasil Uji DMRT Penambahan Dosis Terhadap Nilai pH Limbah.....	46
Tabel 4.5 Data Hasil Pengaruh Kadar Asam Jawa Terhadap Total Dissolved Solid Limbah Cair Industri Tempe Menggunakan Metode Elektrokoagulasi.....	46
Tabel 4.6 Hasil Uji One Way Anova Pada TDS Limbah Cair Tempe.....	48
Tabel 4.7 Hasil Uji Dmrt Penambahan Dosis Terhadap Nilai TDS Limbah.....	48
Tabel 4.8 Data Hasil Pengaruh Kadar Asam Jawa Terhadap Total Suspended Solid Limbah Cair Industri Tempe Menggunakan Metode Elektrokoagulasi.....	49
Tabel 4.9 Hasil <i>Uji One Way Anova</i> Terhadap Tss Limbah Cair Tempe.....	51
Tabel 4.10 Hasil Uji Dmrt Penambahan Dosis Terhadap Nilai TSS Limbah Cair.....	51
Tabel 4.11 Data Hasil Pengaruh Kadar Asam Jawa Terhadap <i>Biological Oxygen Demand</i> Limbah Cair Industri Tempe Menggunakan Metode Elektrokoagulasi.....	52
Tabel 4.12 Hasil Uji One Way Anova Pada BOD Limbah Cair Tempe.....	53
Tabel 4.13 Hasil Uji Dmrt Penambahan Dosis Terhadap Nilai BOD Limbah Cair.....	54
Tabel 4.14 Data Hasil Pengaruh Kadar Asam Jawa Terhadap <i>Chemical Oxygen Demand</i> Limbah Cair Industri Tempe Menggunakan Metode Elektrokoagulasi.....	55
Tabel 4.15 Hasil Uji One Way Anova Pada COD Limbah Cair Tempe.....	56
Tabel 4.16 Hasil Uji Dmrt Penambahan Dosis Terhadap Nilai COD Limbah Cair.....	57

Tabel 4.17 Data Hasil Pengaruh Kadar Asam Jawa Terhadap Kadar Amonia Limbah Cair Industri Tempe Menggunakan Metode Elektrokoagulasi.....	57
Tabel 4.18 Hasil Uji One Way Anova Pada Kadar Amonia Limbah Cair Tempe.....	59
Tabel 4.19 Hasil Uji Dmrt Penambahan Dosis Terhadap Kadar Amonia Limbah	60
Tabel 4.20 Perbandingan Baku Mutu Limbah Dengan Hasil Penelitian	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Penelitian.....	90
Lampiran 2. Tabel Efisiensi Hasil Penelitian.....	92
Lampiran 3. Contoh Perhitungan Efisiensi.....	94
Lampiran 4. Sertifikat Pengujian Sampel di Laboratorium Jasa Tirta Malang ..	95
Lampiran 5. Permen LH No.5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Limbah Cair..	102
Lampiran 6. Hasil Analisis Uji DMRT.....	104

ABSTRAK

Yusri, Ahmad Jaelani. 2023. **Analisis Pengaruh Kadar Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica*) Terhadap Karakteristik Limbah Cair Industri Tempe Menggunakan Metode Elektrokoagulasi**. Skripsi. Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing : (I) Dr.H. Agus Mulyono, M.Kes (II) Mubasyiroh,S.S, M.Pd.I

Kata Kunci : Biji Asam Jawa, Limbah Cair Industri Tempe, Elektrokoagulasi

Limbah cair industri tempe mengandung senyawa organik yang dapat menyebabkan eutrofikasi pada perairan dan mengganggu kehidupan biota sungai. Elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan limbah cair yang bergantung pada besarnya tegangan listrik yang dipakai dan lama waktu kontak. Serbuk biji asam jawa dapat digunakan sebagai biokoagulan tambahan untuk membantu proses elektrokoagulasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar biji asam jawa (*Tamarindus indica*) terhadap karakteristik(pH, TSS, COD, BOD, TDS, dan Amonia) limbah cair industri tempe menggunakan metode elektrokoagulasi. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah cair industri tempe diberi perlakuan elektrokoagulasi dan penambahan serbuk biji asam jawa dengan variasi dosis serbuk 0 mg/l, 600 mg/l, 900 mg/l, 1200 mg/l dan 1500 mg/l. Proses elektrokoagulasi menggunakan voltase 12 Volt selama 60 menit.

Hasil penelitian menunjukkan sampel limbah yang diberi elektrokoagulasi tanpa serbuk biji asam jawa pada pH adalah 5, *Total Suspended Solid* 2181,287 mg/l, *Biological Oxygen Demand* 1320 mg/l, *Chemical Oxygen Demand* 3573.33 mg/l, *Total Dissolved Solid* 713,667 mg/l, dan kadar amonia 0,1009 mg/l. Penambahan serbuk biji asam jawa dengan dosis 1500 mg/l saat proses elektrokoagulasi menghasilkan perubahan pada *Biological Oxygen Demand* 847,8 mg/l, *Chemical Oxygen Demand* 2616,66 mg/l, kadar amonia 0,0358 mg/l dengan persentase penurunan yaitu 35,75%, 26,76%, 64,46%. Pada dosis 600 mg/l menurunkan nilai *Total Suspended Solid* sebesar 1787,33 mg/l dengan persentase 17,39%. Pada dosis 1500 mg/l menaikkan nilai *Total Dissolved Solid* sebesar 862,777 mg/l. Sedangkan penambahan serbuk biji asam tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai pH karena kandungan tanin pada biji asam jawa. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serbuk biji asam jawa dapat menurunkan kandungan BOD, COD, TSS dan amonia tetapi menaikkan kandungan TDS pada limbah cair industri tempe.

ABSTRACT

Yusri, Ahmad Jaelani. 2023. **Analysis of the Effect of Tamarind Seed (*Tamarindus indica*) on the Characteristics of Tempe Industry Liquid Waste Using the Electrocoagulation Method.** Undergraduate Thesis. Physics Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang. Supervisor: (I) Dr.H. Agus Mulyono, M.Kes (II) Mubasyiroh,S.S, M.Pd.I

Keywords: Tamarind Seeds, Tempe Industry Liquid Waste, Electrocoagulation

Tempe industry liquid waste contains organic compounds which can cause eutrophication in waters and disrupt the life of river biota. Electrocoagulation is a method of processing liquid waste that depends on the amount of electrical voltage used and the length of contact time. Tamarind seed powder can be used as an additional biocoagulant to assist the electrocoagulation process. This research aims to determine the effect of tamarind seed (*Tamarindus indica*) levels on the characteristics (pH, TSS, COD, BOD, TDS, and Ammonia) of liquid waste from the tempe industry using the electrocoagulation method. The research method used in this research was that liquid waste from the tempe industry was treated with electrocoagulation and the addition of tamarind seed powder with varying powder doses of 0 mg/l, 600 mg/l, 900 mg/l, 1200 mg/l and 1500 mg/l. The electrocoagulation process uses a voltage of 12 Volts for 60 minutes.

The research results showed that waste samples treated with electrocoagulation without tamarind seed powder had a pH of 5, Total Suspended Solid 2181,287 mg/l, Biological Oxygen Demand 1320 mg/l, Chemical Oxygen Demand 3573.33 mg/l, Total Dissolved Solid 713,667 mg/l, and ammonia levels of 0.1009 mg/l. The addition of tamarind seed powder at a dose of 1500 mg/l during the electrocoagulation process resulted in changes in Biological Oxygen Demand of 847.8 mg/l, Chemical Oxygen Demand of 2616.66 mg/l, ammonia levels of 0.0358 mg/l with a reduction percentage of 35.75%, 26.76%, 64.46%. At a dose of 600 mg/l it reduces the Total Suspended Solid value by 1787.33 mg/l with a percentage of 17.39%. At a dose of 1500 mg/l, the Total Dissolved Solid value increased to 862,777 mg/l. Meanwhile, the addition of tamarind seed powder did not have a significant effect on the pH value due to the tannin content in tamarind seeds. This shows that the addition of tamarind seed powder can reduce the BOD, COD, TSS and ammonia content but increase the TDS content in liquid waste from the tempe industry.

مستخلص البحث

يسري، أحمد الجيلاني. ٢٠٢٣. تحليل تأثير محتوى بذور التمر الهندي (*Tamarindus indica*) على خصائص النفايات السائلة لصناعة التيمبي باستخدام طريقة التخثير الكهربائي. أطروحة. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول: الدكتور الحاج أجوس مولونو الماجستير، المشرفة الثانية: مبشرة الماجستير

الكلمات الأساسية: بذور التمر الهندي، النفايات السائلة لصناعة التيمبي، التخثير الكهربائي

تحتوي النفايات السائلة لصناعة التيمبي على مركبات عضوية يمكن ان تلوث المياه وتعطل حياة الكائنات في النهر. التخثير الكهربائي هو وسيلة لمعالجة النفايات السائلة تعتمد على كمية الجهد الكهربائي المستخدم وطول وقت الاتصال. يمكن استخدام مسحوق بذور التمر الهندي كمخثر حيوي إضافي للمساعدة في عملية التخثير الكهربائي. يهدف هذا البحث إلى تحديد تأثير بذور الطلب على الأكسجين الكيميائي، الطلب على الأكسجين البيولوجي، إجمالي المواد الصلبة المعلقة، إجمالي المواد التمر الهندي على الصلبة الذائبة، الرقم الهيدروجيني والأمونيا للنفايات السائلة الناتجة عن صناعة التيمبي باستخدام طريقة التخثير الكهربائي. كانت طريقة البحث المستخدمة في هذا البحث هي معالجة النفايات السائلة الناتجة عن صناعة التيمبي بالتخثير الكهربائي وإضافة مسحوق بذور التمر الهندي بجرعات مسحوق متفاوتة ٠ ملجم / لتر، ٦٠٠ ملجم / لتر، ٩٠٠ ملجم / لتر، ١٢٠٠ ملجم / لتر و ١٥٠٠ ملجم/لتر. تستخدم عملية التخثير الكهربائي جهد ١٢ فولت لمدة ٦٠ دقيقة

أظهرت نتائج البحث أن عينات النفايات المعالجة بالتخثير الكهربائي بدون مسحوق بذور التمر الهندي كان لها الرقم الهيدروجيني ٥، إجمالي المواد الصلبة العالقة ٢٨٧، ٢١٨١ ملجم/لتر، الطلب على الأكسجين البيولوجي ١٣٢٠ ملجم/لتر، الطلب على الأكسجين الكيميائي ٣٣، ٣٥٧٣ ملجم/لتر، إجمالي المواد الصلبة الذائبة ٦٦٧، ٧١٣ ملجم/لتر ومستويات الأمونيا ١٠٠٩، ٠ ملجم/لتر. أدت إضافة مسحوق بذور التمر الهندي بجرعة ١٥٠٠ ملجم/لتر أثناء عملية التخثير الكهربائي إلى حدوث تغييرات في الطلب على الأكسجين البيولوجي بمقدار ٨٤٧، ٨ ملجم/لتر، والطلب على الأكسجين الكيميائي بمقدار ٦٦، ٢٦١٦ ملجم/لتر، ومستويات الأمونيا بمقدار ٠، ٣٥٨ ملجم/لتر مع انخفاض نسبة ٣٥، ٧٥%، ٢٦، ٧٦%، ٤٦، ٦٤% عند الجرعة ٦٠٠ ملجم/لتر تقلل قيمة المواد الصلبة العالقة الكلية بمقدار ١٧٨٧، ٣٣ ملجم/لتر وبنسبة ١٧، ٣٩%. عند جرعة ١٥٠٠ ملجم/لتر، زادت قيمة المواد الصلبة الذائبة الإجمالية إلى ٨٦٢، ٧٧٧ ملجم/لتر. وفي الوقت نفسه، لم يكن إضافة مسحوق بذور التمر الهندي تأثيراً معنوياً على قيمة الرقم الهيدروجيني بسبب محتوى التانين في بذور التمر الهندي. يوضح هذا أن إضافة مسحوق بذور التمر الهندي يمكن أن يقلل من محتوى، الطلب على الأكسجين البيولوجي و الطلب على الأكسجين الكيميائي و إجمالي المواد الصلبة المعلقة و الأمونيا ولكنه يزيد من محتوى إجمالي المواد الصلبة الذائبة في النفايات السائلة الناتجة عن صناعة التيمبي.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tempe merupakan salah satu produk bioteknologi tradisional di Indonesia. Sebagai panganan, tempe memiliki nilai gizi yang tinggi. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2021, konsumsi tempe tiap individu di Indonesia mencapai rata-rata sebesar 0,624 kilogram (kg) setiap bulan pada 2021. Nilai tersebut naik 3,75 % dibanding tahun sebelumnya yaitu 0,599 kg setiap bulan. Tempe termasuk produk fermentasi. Untuk membuat tempe dibutuhkan jamur *Rhizopus sp.* Miselium jamur akan tumbuh pada permukaan biji kedelai saat proses fermentasi sehingga membentuk padatan kompak putih. (Purnama, 2016).

Aktivitas pembuatan tempe baik dalam industri kecil maupun besar tidak lepas dari produk sampingan yaitu limbah. Limbah tempe sendiri terdiri dari dua macam yakni limbah semi padat dan limbah cair. Nilai ekonomis masih ditemukan dalam limbah semi padat tempe untuk dijual dan dijadikan pakan ternak. Namun limbah cair tempe tidak memiliki nilai ekonomis sehingga langsung dibuang ke saluran pembuangan. Limbah cair tempe dihasilkan dari berbagai tahapan produksi tempe seperti pencucian kedelai, perendaman, hingga perebusan. Oleh karena itu keberadaan limbah cair tempe dalam konsentrasi tertentu dapat memberikan dampak buruk pada lingkungan terutama terhadap kesehatan manusia, sehingga pengelolaan limbah patut diperlukan. (Purnama, 2016).

Limbah cair yang dihasilkan dari produksi tempe mengandung padatan organik 70% dan padatan anorganik 30 % padatan. Limbah cair yang berupa

padatan organik terdiri dari protein 65%, karbohidrat 25% dan lemak 10% (Nurhasan dan Pramudyanto, 1987), sedangkan padatan anorganik berupa butiran mineral garam dan logam yang berasal dari peralatan logam yang terkikis atau meluruh saat proses pembuatan tempe. Zat organik yang tidak diolah maka akan menimbulkan gas Hydrogen Sulfide (H₂S), ammonia (NH₃), dan metana (CH₄) yang dapat menyebabkan timbulnya bau sehingga hasil penguraian zat organik oleh mikroba secara anaerob (Hidayah, 2018).

Selain itu kandungan logam yang ditemukan di dalam limbah cair tempe berupa Nikel (Ni), Mg, Fe walaupun konsentrasinya yang rendah diperlukan oleh mikroorganisme tetapi dengan kadar berlebihan dapat berbahaya bagi kehidupan mikroorganisme. Proses dekomposisi akan menghasilkan bau yang tidak sedap terutama pada musim kemarau dengan berkurangnya debit air. Jika setiap hari perairan menerima beban limbah dari proses produksi tempe maka akan terjadi ketidakseimbangan lingkungan fisik, kimia dan biologi. Hal inilah yang berdampak pada kualitas perairan dan kehidupan organisme di dalamnya (Purnama, 2016).

Sebagaimana firman Allah dalam surah al-Waqi'ah ayat 68 :

أَفَرَأَيْتُمُ الْمَاءَ الَّذِي تَشْرَبُونَ . ءَأَأْتُمْ أَنزَلْنَاهُ مِن مَّزْنٍ أَمْ نَحْنُ الْمُنزِلُونَ (الواقعة: ٦٨ - ٦٩)

Artinya : *Maka tidakkah engkau melihat air yang kamu minum?Kaliankah yang menurunkannya dari awan ataukah Kami yang menurunkan?(Al-Waqi'ah : 68-69).*

Menurut *Tafsir Kementerian Agama Republik Indonesia*, Allah mengungkapkan salah satu nikmatnya yang agung untuk direnungkan dan dipikirkan oleh manusia apakah mereka mengetahui fungsi air yang mereka minum, apakah mereka yang menurunkannya dari langit atau Allah yang

menurunkannya?. Senada dengan hal tersebut kedudukan air kemudian dipertegas dengan firman Allah surah al-Anbiya ayat 30 yang berbunyi :

وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ (الأنبياء: ٣٠)

Artinya : *dan kami jadikan dari air, tiap-tiap benda yang hidup. Lalu mengapa mereka tidak mau beriman?(Q.S. Al-Anbiya':30).*

Dalam kitab tafsir *al-Jami' li Ahkam al-Qur'an*, al-Qurthubi menjelaskan bahwa penggalan dari ayat "*dan kami jadikan segala sesuatu yang hidup berasal dari air*", memiliki tiga penafsiran : Pertama, Allah menciptakan seluruh makhluknya dari air. Kedua, Allah menjaga keberlangsungan hidup seluruh makhluknya dengan air. Ketiga, Allah menjadikan air mani sebagai sumber kelangsungan keturunan segenap makhluk hidup. Dari sini Allah mengajarkan kita agar bersyukur dengan eksistensi air, namun sangat disayangkan munculnya pencemaran air dari berbagai sebab termasuk limbah cair bertentangan dengan kandungan Al-Qur'an dalam menjaga air itu sendiri (al-Qurthubi, 2009).

Fakta di lapangan menyatakan bahwa masih adanya produsen tempe yang belum mengetahui cara pengolahan limbah cair dengan tepat. Salah satunya adalah Usaha Tempe Muhaimin yang beralamat Jalan Buk Blimbing RT/RW 03/03, Kecamatan Purwodadi Kabupaten Pasuruan. Sentra tempe ini telah beroperasi selama 25 tahun namun belum ada penanganan yang tepat dalam pengolahan limbah cair tempe yang dihasilkan. Limbah cair tempe dibuang di sungai kecil yang berada di belakang tempat produksi. Karena beroperasi setiap hari kecuali hari raya, volume limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi tempe dapat mencapai 1,6 m³ dari bahan baku 100 kg kedelai. Dengan jumlah yang cukup besar ini, tentunya limbah cair ini akan berpotensi untuk mencemari

lingkungan di sekitarnya. Sehingga dibutuhkan penanganan yang tepat untuk mereduksi pencemaran yang dihasilkan oleh industri tempe.

Teknologi pengolahan limbah cair yang sudah banyak diterapkan di berbagai industri salah satunya adalah dengan menggunakan elektrokoagulasi. Metode elektrokoagulasi adalah metode yang memiliki keunggulan yaitu, peralatan sederhana, mudah dioperasikan, dan efektif menghilangkan zat organik. Elektrokoagulasi merupakan metode koagulasi menggunakan arus listrik melalui reaksi elektrokimia. Reaksi reduksi-oksidasi akan terjadi dimana logam-logam akan tereduksi dan diendapkan dalam gugus bermuatan negatif, sedangkan elektroda positif (Al) akan terjadi reaksi oksidasi menjadi $[Al(OH)_3]$ yang berguna sebagai koagulan (penggumpalan). (Mulyana, 2019)

Lestari (2018) melakukan penelitian elektrokoagulasi pada limbah tempe menyatakan bahwa penurunan konsentrasi COD dari jenis elektroda, tegangan dan waktu elektrokoagulasi masing-masing yang paling optimum adalah (Al-Al), 10 V, dan 60 menit dengan konsentrasi sebesar 72,77%. Aryanti dkk (2020) menggunakan metode kombinasi elektrokoagulasi-ultrafiltrasi secara bertahap pada pengolahan limbah cair tempe. Proses elektrokoagulasi dilakukan dalam dua tahap batch dengan waktu tinggal masing-masing selama 1 jam, kemudian dialirkan ke tangki sedimentasi untuk proses pengendapan dan menghasilkan penurunan tingkat kekeruhan limbah hingga dibawah 5 NTU dan BOD hingga 60 %. Penelitian tersebut menyarankan perlunya tambahan proses biologi agar dihasilkan produk air yang lebih optimal.

Efektivitas elektrokoagulasi ditentukan oleh beberapa faktor seperti tegangan dan waktu kontak. Semakin besar tegangan yang mengalir pada

elektroda dan semakin lama waktu kontak maka semakin baik penurunan bahan pencemar pada limbah. Namun hal itulah yang membuat elektrokoagulasi tidak efisien karena besarnya energi yang digunakan.(Lestari, 2018). Penambahan biokoagulan dapat membantu metode elektrokoagulasi agar lebih efisien. Penelitian tentang penggabungan kedua metode ini telah dilakukan oleh Cundari dkk (2022) dengan menggunakan koagulan tawas dan menggunakan kedua elektroda. Penelitian menghasilkan waktu pengadukan lambat flokulasi terbaik yaitu selama 20 menit dengan hasil turbiditas sebesar 31,04 NTU (91,56%) dan tegangan elektrokoagulasi terbaik sebesar 9 volt menghasilkan turbiditas sebesar 2,01 NTU (93,52%).

Biji asam jawa dapat digunakan sebagai biokoagulan. Kandungan proteinnya berperan sebagai polielektrolit alami yaitu membantu proses pengendapan dan penggumpalan serta mengikat partikel halus yang ada di dalam limbah (Silfia, 2023). Penelitian Rahayu (2018) menerangkan bahwa koagulan tambahan pada pengolahan limbah laboratorium kimia dengan metode elektrokoagulasi. Hasil menunjukkan penurunan COD sebesar 15%, kadar Cd sebesar 97,5%, kadar Hg sebesar 99,3% dan kadar Pb sebesar 96,9%.

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan pengujian karakteristik limbah cair tempe yang masih belum optimal dari segi perlakuan dan jumlah parameter yang sedikit. Bertolak pada problematika tersebut dan penelitian sebelumnya maka menjadi acuan untuk menelaah penambahan serbuk biji asam jawa saat proses elektrokoagulasi terhadap karakteristik limbah cair tempe. Penelitian bertujuan untuk mengetahui dosis koagulan yang tepat sebagai pemercepat dalam proses elektrokoagulasi. Karakteristik yang dipakai pada

penelitian ini sebanyak enam parameter, yakni pH, COD, BOD, TSS, TDS, dan kadar amonia. Dengan adanya penelitian ini diharapkan para pengusaha tempe selain meminimalisir pengeluaran dan tenaga dalam pengolahan limbah juga mampu berkontribusi untuk menjaga lingkungan dengan menurunnya tingkat pencemaran pada perairan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh kadar biji asam jawa (*Tamarindus indica*) terhadap karakteristik limbah cair industri tempe menggunakan metode elektrokoagulasi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh kadar biji asam jawa (*Tamarindus indica*) terhadap karakteristik limbah cair industri tempe menggunakan metode elektrokoagulasi.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium.
2. Penelitian ini berupa analisis pengolahan limbah cair tempe.
3. Sampel limbah cair tempe yang diambil berasal dari industri tempe rumahan
4. Parameter yang diuji adalah COD, BOD, pH, TDS, TSS dan kadar amonia.
5. Tegangan listrik yang dipakai dalam elektrokoagulasi adalah 12 V dengan waktu kontak 60 menit.

6. Elektroda yang dipakai adalah sepasang plat aluminium dengan lebar 8 cm dan panjang 20 cm.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian pengaruh tegangan terhadap efektivitas kombinasi metode elektrokoagulasi dan biokoagulasi asam jawa terhadap limbah cair tempe adalah sebagai berikut :

A. Bagi Mahasiswa

1. Mahasiswa dapat menerapkan ilmunya yang telah didapat selama menempuh studi di Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
2. Menjadi dorongan dan motivasi untuk melanjutkan penelitian di bidang fisika lingkungan terkhusus pengolahan limbah.

B. Bagi Peneliti Lain

Menambah khazanah ilmu pengetahuan tentang pengaruh biji asam jawa terhadap efektifitas elektrokoagulasi dalam pengelolaan limbah cair industri tempe sehingga dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan yang dihasilkan oleh limbah cair tempe

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair Industri Tempe

Limbah merupakan buangan atau kotoran yang merupakan komponen penyebab pencemaran terdiri dari bahan atau zat yang tidak memiliki kegunaan lagi bagi masyarakat. Limbah industri kebanyakan menghasilkan limbah yang bersifat padat atau cair yang masih kaya akan kandungan organik yang mudah mengalami penguraian. Sehingga adanya sisa zat atau bahan hasil proses produksi dapat menurunkan kualitas lingkungan hidup. Limbah industri dapat mengandung bahan pencemar beracun dan berbahaya disebut limbah B-3, yang diartikan sebagai bahan yang jumlahnya relatif kecil namun berpotensi merusak lingkungan dan sumber daya. (Kristanto, 2002).

Limbah dapat diketahui berdasarkan sifatnya, adapun sifat limbah adalah sebagai berikut :

1. Berbentuk padatan dan partikel, baik yang mengendap atau yang terlarut, halus atau kasar, keruh warnanya dan bersuhu tinggi.
2. Mengandung bahan beracun dan berbahaya, termasuk mudah terbakar, meledak, korosif, bertindak sebagai oksidator dan pereduksi kuat, mudah terurai, dll.
3. Kemungkinan tidak berpengaruh dalam jangka waktu singkat tapi dalam jangka panjang mungkin berakibat fatal terhadap lingkungan
(Kristanto,2002)

Tempe adalah panganan tradisional yang dibuat dari fermentasi biji kedelai atau beberapa bahan lainnya. Tempe difermentasi dengan memakai

beberapa jenis kapang seperti *Rhizopus oryzae*, *Rhizopus oligosporus*, *Rhizopus stolonifer* dan beberapa jenis kapang *Rhizopus* lainnya. Proses fermentasi akan terjadi pada kapang tersebut mencakup reaksi hidrolisis senyawa-senyawa kompleks menjadi sederhana, sehingga baik untuk dicerna. Tempe sendiri banyak mengandung serat pangan, kalsium, vitamin B dan zat besi (Cahyadi, 2007)

Berkaitan dengan hal itu, industri tempe merupakan industri yang sering ditemukan di masyarakat, besarnya kebutuhan masyarakat akan protein nabati yang terkandung pada tempe meningkatkan perkembangan industri tempe untuk memenuhi kebutuhan masyarakat tersebut. Permasalahan yang kerap terjadi pada industri tempe adalah adanya limbah buangan berupa padat dan cair. Limbah tempe yang padat berupa kulit kedelai dan limbah tempe yang cair berupa air rendaman kedelai yang bersifat asam dan tidak baik untuk lingkungan. Umumnya limbah cair tempe akan ditampung pada septic tank dan akan dibuang di saluran air. (Lia, 2022).

Selanjutnya, menurut Perdana dan Widiawati (2021), terdapat kandungan zat organik dan anorganik pada limbah cair tempe. Protein adalah kandungan organik paling dominan yang ditemukan pada limbah cair pengolahan tempe yang sulit untuk diuraikan oleh jasad renik di alam. Dalam skala industri rumahan, jumlah limbah cair tempe yang dihasilkan dari pengolahan 100 kg kedelai cukup tinggi yaitu mencapai 2 m². Dari banyaknya limbah cair tersebut, potensi pencemaran air akibat limbah cair tempe menjadi cukup tinggi. Terkait pencemaran air yang ditimbulkan oleh industri tempe, pemerintah telah menetapkan peraturan mengenai baku mutu air limbah bagi pengusaha atau industri pengelolaan kedelai sebagai berikut :

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pengolahan Kedelai

Parameter	Pengolahan Kedelai					
	Kecap		Tahu		Tempe	
	Kadar *) (mg/L)	Beban (kg/ton)	Kadar *) (mg/L)	Beban (kg/ton)	Kadar *) (mg/L)	Beban (kg/ton)
BOD	150	1,5	150	3	150	1,5
COD	300	3	300	6	300	3
TSS	100	1	200	4	100	1
pH	6 – 9					
Kuantitas air limbah Paling tinggi (m ³ /ton)	10		20		10	

Keterangan :

*)kecuali untuk pH

Tabel diatas bersumber dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014. Sebagaimana dilatarbelakangi parameter yang ada pada tabel di atas dan kajian teori tentang limbah. Maka karakteristik limbah cair industri tempe yang diuji pada penelitian ini dapat didefinisikan sebagai berikut :

2.1.1 *Chemical Oxygen Demand*

Kebutuhan oksigen kimia atau COD adalah total oksigen yang dibutuhkan agar bahan limbah dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Dalam hal ini limbah organik akan dioksidasi oleh kalium bikromat (K₂Cr₂O₇) menjadi gas CO₂ dan H₂ serta sejumlah ion kromium. Kalium bikromat digunakan sebagai sumber oksigen (zat pengoksidasi). COD (Chemical Oxygen Demand) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik dalam 1 liter sampel air, dimana oksidator K, Cr, dan O digunakan sebagai sumber oksigen (Rahmawati, 2005).

2.1.2 *Biological Oxygen Demand*

Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan indikator pencemaran organik di perairan. Air yang mempunyai BOD tinggi menandakan bahwa air tersebut tercemar oleh bahan-bahan organik. Bahan organik akan diseimbangkan secara biologis dengan memasukkan mikroba melalui sistem oksidasi aerobik dan anaerobik. Oksigen dapat menjadi penyebab kematian makhluk air. (Rosyidah, 2008)

2.1.3 *Total Suspended Solid*

Total Suspended Solid (TSS) adalah padatan tersuspensi (tidak larut) yang terbuat dari bahan organik, dapat berupa bakteri dan alga yang dapat berkontribusi terhadap konsentrasi total TSS. Partikel organik dari bahan yang membusuk mempengaruhi konsentrasi total padatan tersuspensi. Seperti alga dan kotoran hewan dan manusia. Bahkan zat atau bahan kimia yang ada (selama belum terlarut) dikategorikan sebagai padatan tersuspensi. *Total Suspended Solids* atau Total Padatan Tersuspensi merupakan faktor yang sangat penting dalam melakukan kegiatan pengamatan mengenai kejernihan air. Semakin banyak padatan yang ada, semakin rendah tingkat kejernihan airnya. (Rosyidah, 2008)

2.1.4 *Total Dissolved Solid*

Salah satu faktor penting dalam menentukan kualitas air adalah kandungan *Total Dissolved Solid* (TDS) yang ada di dalam air. TDS adalah jumlah bahan terlarut dalam air. Bahan-bahan tersebut dapat berupa karbonat, bikarbonat, klorida, sulfat, fosfat, nitrat, kalsium, magnesium, natrium, ion organik, senyawa koloid, dan lain-lain (WHO dalam Cahyani et al., 2016). Total Dissolved Solids (TDS) adalah jumlah padatan yang berasal dari bahan terlarut

yang dapat melewati filter kurang dari 2 μm (Djuhariningrum dalam Irwan & Afdal, 2016).

2.1.5 pH

Nilai pH menjelaskan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. Kemampuan air dalam mengikat atau melepaskan sejumlah ion hidrogen akan menunjukkan apakah air tersebut bersifat asam atau basa. Jumlah ion H^+ dan OH^- dalam air dapat digunakan untuk menentukan pH atau alkalinitas suatu zat. Semakin banyak ion H^+ dan semakin sedikit ion OH^- dalam air, maka semakin asam suatu zat. Pada saat yang sama, semakin sedikit ion H^+ dan semakin banyak ion OH^- dalam air, semakin basa zat tersebut.

2.1.6 Kadar Amonia

Kadar amonia yang tinggi menunjukkan adanya kontaminasi bahan organik dari limbah rumah tangga dan industri serta limpasan pupuk pertanian. Kandungan amoniak berada dalam jumlah yang relatif kecil jika kandungan oksigen dalam air sangat tinggi. Oleh karena itu, kandungan amonia dalam air meningkat seiring bertambahnya kedalaman. Jumlah amonia di dasar air bisa lebih besar dibandingkan air di atasnya, karena oksigen terlarut di dasar air relatif lebih sedikit. Konsentrasi amonia yang tinggi pada permukaan air akan menyebabkan kematian ikan di perairan tersebut. Toksisitas amonia dipengaruhi oleh pH, artinya pada kondisi pH rendah amonia dalam jumlah besar akan bersifat toksik, sedangkan pada kondisi pH tinggi hanya amonia dalam jumlah kecil saja yang bersifat toksik.

2.2 Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi adalah salah satu metode penjernihan dengan prinsip kerja penggumpalan dan pengendapan partikel halus dengan dialiri arus listrik. Dalam prosesnya, elektrokoagulasi memanfaatkan dua buah elektroda yang dimasukkan ke dalam wadah berisi air limbah (Malleth, 2018). Dua buah elektroda dalam elektrokoagulasi diberi arus listrik searah yang mengakibatkan kation bergerak menuju katoda dan anion bergerak menuju anoda, sehingga membentuk floakulan yang mengumpulkan partikel pengotor pada air limbah (Putri dan Purnama, 2022)

Berkaitan dengan hal tersebut, elektrokoagulasi adalah metode koagulasi tanpa bahan kimia yang mampu menurunkan parameter kekeruhan dan warna. Elektrokoagulasi memiliki efisiensi yang tinggi dalam menghilangkan residu dalam air dan biaya operasinya tergolong rendah. Reaktor elektrokoagulasi adalah sel elektrokimia yang mana anodanya (biasanya terbuat dari besi atau aluminium) digunakan sebagai agen koagulan. Elektroda dapat diperoleh dari beberapa material seperti besi, aluminium, platina, stainless steel dan tembaga (Eddy, 2014).

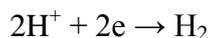
Metode elektrokoagulasi memiliki keuntungan diantaranya : Tidak memerlukan bahan kimia, jadi tidak ada masalah dengan netralisasi. Metode elektrokoagulasi lebih mudah untuk mereduksi kandungan koloid terkecil, hal ini disebabkan penggunaan medan listrik pada air yang mempercepat pergerakan koloid sehingga memudahkan proses sedimentasi (Kamilul, 2008).

Jika dua elektroda diletakkan dalam suatu larutan elektrolit dan diberi arus listrik searah, maka akan terjadi peristiwa elektrokimia, yaitu gejala dekomposisi

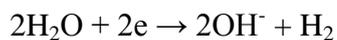
elektrolit, yang mana ion positif (kation) bergerak ke katoda dan menerima elektron yang direduksi sedangkan ion negatif (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan yang dioksidasi. (Larue, 2003)

Katoda

Ion H^+ dari asam akan tereduksi menjadi gas hidrogen yang akan bebas sebagai gelembung-gelembung gas.



Larutan yang mengalami reduksi adalah pelarut (air) dan terbentuk gas hidrogen (H_2) pada katoda.



Anoda

Anoda terbuat dari logam aluminium akan teroksidasi.



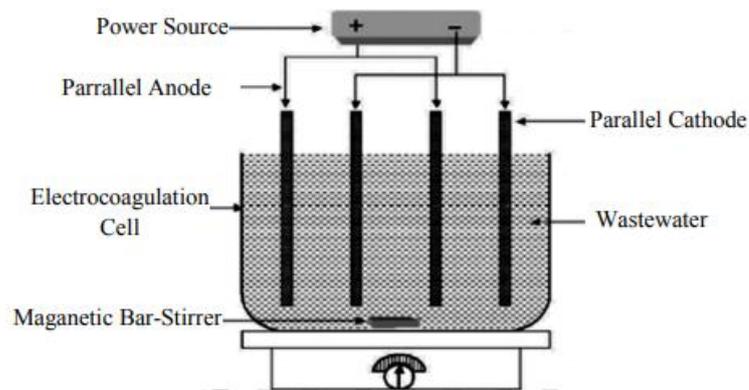
Ion OH^- dari basa akan mengalami oksidasi membentuk gas oksigen (O_2)



Apabila larutan terdapat ion-ion logam lain maka ion-ion logam akan direduksi menjadi logamnya dan menempel pada batang katoda.



Dari reaksi diatas, anoda akan menghasilkan gas, buih, dan flok $Al(OH)_3$. Selanjutnya flok (gumpalan zat hasil reaksi) terbentuk akan mengikat unsur yang terkandung dalam limbah, sehingga flok tadi akan cenderung mengendap. Lalu flok yang sudah mengikat kontaminan tadi diendapkan pada bak sedimentasi (proses sedimentasi (proses sedimentasi) dan sisa buih akan terpisah pada unit filtrasi. Skema sederhana perangkat elektrokoagulasi ditunjukkan pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Ilustrasi Reaktor Elektrokoagulasi

Efektivitas elektrokoagulasi ditentukan oleh beberapa faktor. Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya proses elektrokoagulasi antara lain adalah sebagai berikut :

1. Material Elektroda

Material elektroda adalah media terjadinya reaksi elektrokimia pada elektrokoagulasi. Bahan elektroda dipilih berdasarkan jenis kontaminan yang akan dihilangkan dan sifat kimia larutan elektrolit. Semakin kompatibel bahan elektroda dengan kontaminan yang akan dihilangkan dan elektrolit yang digunakan, semakin efisien kontaminan tersebut dikurangi dalam proses elektrokoagulasi (Mulyana, 2019).

2. Pengaturan Elektroda

Pada elektrokoagulasi, elektroda dapat disusun dengan berbagai cara yaitu unipolar dan bipolar, serta seri dan paralel. Pilihan susunan elektroda bergantung pada jenis kontaminan dan biaya yang diperlukan. Penataan elektroda sangat penting dalam besarnya biaya yang dikeluarkan dalam proses elektrokoagulasi. Elektroda monopolar yang tersusun dalam pola paralel mempunyai beda potensial yang lebih kecil dibandingkan elektroda monopolar yang disusun dalam pola seri. Hal ini dikarenakan elektroda dipasang secara

paralel dan arus akan dibagi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa elektroda monopolar lebih efektif, terutama jika diatur dengan pola paralel (Mulyana, 2019).

3. Kerapatan Arus Listrik

Kerapatan arus adalah parameter penting pada elektrokoagulasi, karena dapat menjelaskan laju dosis koagulan, laju produksi gelembung, ukuran dan bentuk flok, yang mana itu semua berpengaruh pada efisiensi elektrokoagulasi (Mulyana, 2019). Naiknya rapat arus akan mengalirkan ion bermuatan dengan cepat dan membentuk endapan-endapan berupa flok-flok. Jumlah arus listrik yang bergerak berbanding lurus dengan bahan yang dihasilkan selama proses (Prayitno, 2016). Kerapatan arus dapat bervariasi antar elektroda dapat dinyatakan:

$$J = \frac{I}{A} \quad (2.1)$$

Dimana :

J = rapat arus (Ampere/m²)

I = Arus listrik yang mengalir pada elektroda

A = luas permukaan elektroda

Persamaan tersebut diperkuat dengan adanya hukum Faraday yang menjelaskan kerapatan arus menentukan jumlah koagulan anoda dan gas hidrogen yang dilepaskan pada katoda. Kerapatan arus mengendalikan mekanisme koagulasi atau flokulasi dan mendukung ion dan koloid yang bermuatan secara langsung. Energi listrik yang dikonsumsi dinyatakan sebagai fungsi dari perlakuan waktu t, energi listrik yang diperlukan dalam proses

elektrokoagulasi terkait dengan arus listrik dan potensial energi dijabarkan pada persamaan :

$$W = VI.t \quad (2.2)$$

Dimana :

W = energi listrik (Joule)

V = tegangan listrik (Volt)

t = waktu kontak (s)

Nilai rapat arus dapat bervariasi tergantung pada jumlah polutan yang harus dihilangkan dari air limbah. Pada arus tinggi, tegangan dan penurunan ohmik antara anoda dan katoda juga meningkat, dan penurunan ohmik atau penurunan IR disebabkan oleh resistansi elektrolit R, yang ditulis dalam persamaan::

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad (2.3)$$

Dimana :

R = Hambatan pada elektrolit (ohm)

ρ = hambatan jenis pada elektroda (ohm.m)

L = panjang elektroda (m)

A = luas penampang elektroda (m^2)

Arus listrik menjadi alasan berpindahnya elektron dari elektroda ke larutan elektrolit. Arus listrik ini menyebabkan reaksi kimia dalam larutan, logam hidroksida bertambah dan terbentuk gelembung (gas) (Kurniasih dkk., 2016). Semakin kuat arusnya, semakin besar pula kepadatan gelembungnya, dan meningkatkan jumlah massa logam hidroksida sehingga menghasilkan efisiensi penghilangan kontaminan dalam air yang lebih besar. Namun,

semakin rendah kekuatan arusnya, semakin lama waktu prosesnya (Mulyani, 2017).

4. Waktu

Berdasarkan hukum Faraday, jumlah muatan yang mengalir selama proses elektrolisis sepadan dengan lamanya waktu kontak yang digunakan (Prayitno, 2016). Efisiensi penyisihan polutan meningkat dengan bertambahnya waktu perawatan. Semakin lama waktu perawatan, semakin banyak hal itu terjadi pembentukan gas H_2 dan OH^- yang mengakibatkan peningkatan pembentukan flok meningkatkan efisiensi penyisihan polutan (Cerqueira & Marques, 2012).

5. Tegangan Listrik

Terjadinya listrik akibat adanya beda potensial, hambatan listrik pada medium lebih besar dari logam, maka yang perlu diperhatikan adalah mediumnya dan batas antar logam dan medium (Prayitno, 2016). Adanya arus listrik ini menyebabkan terjadi reaksi kimia dalam larutan yaitu bertambahnya jumlah aluminium hidroksida atau gelembung (gas) terbentuk. Ketika tegangan tinggi, laju pembentukan aluminium hidroksida meningkat dan hidroksil larut sehingga mengurangi lebih banyak polutan di dalam air (Kurniasih et al., 2016). Kekuatan tegangan mempengaruhi pembentukan logam hidroksida, ukuran pembentukan gelembung dan flok. Kepadatan gelembung akan meningkat dengan peningkatan kekuatan tegangan (Mulyani, 2017).

6. Kadar Keasaman

Elektrolisis air pada proses elektrokoagulasi menghasilkan gas hidrogen dan ion hidroksida. Semakin lama waktu kontak, maka gas hydrogen dan ion

hidroksida terbentuk makin cepat . Jika ion hidroksida yang dihasilkan lebih banyak maka akan menaikkan nilai pH larutan dengan mudah dan ion akan bekerja menjadi pH optimal dalam larutan dengan nilai 6,5 sampai 7,5 (Prayitno, 2016).

7. Ketebalan Plat

Semakin tebal plat elektroda yang dipakai, maka gaya tarik elektrostatis dalam reaksi reduksi-oksidasi ion logam dalam larutan semakin besar

8. Jarak Antar Elektroda

Besarnya hambatan elektrolit dipengaruhi oleh jarak antar elektroda, semakin jauh jarak antar elektroda maka semakin besar hambatannya sehingga semakin kecil arus yang mengalir (Prayitno, 2016)

2.3 Asam Jawa

Asam jawa (*Tamarindus indica*) merupakan salah satu jenis buah yang mempunyai rasa asam. Serta nama pohon penghasilnya yang masih termasuk dalam famili kacang-kacangan (*Leguminosae*). Spesies ini merupakan satu-satunya anggota genus asam jawa. Buah yang sudah tua, sangat matang dan kering biasa disebut asam kawak. Asam jawa biasa digunakan sebagai campuran bumbu pada banyak masakan Indonesia sebagai penyedap atau penambah rasa asam pada makanan, misalnya pada sayur asam atau terkadang pada saus pempek. Asam ini juga digunakan dalam pembuatan obat herbal tradisional yang dijual oleh pedagang jamu (jamu gendong). (Coronel, 1997).



Gambar 2.2 Buah dan Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica*)

Pohon asam jawa berukuran besar, selalu hijau (tidak rontok daunnya), tingginya mencapai 30 meter, dan diameter batang pada pangkalnya mencapai 2 meter. Kulit batangnya berwarna coklat keabu-abuan, kasar dan terbelah, dengan alur vertikal. Mahkotanya teduh, berdaun lebat, lebar dan bulat (Coronel, 1997).

Daun majemuk, menyirip, panjang 5-13 cm, letaknya berselang-seling, tangkai daun runcing, berwarna merah jambu dan putih. Daun lonjong sempit, 8-16 pasang, masing-masing berukuran 0,5-1 x 1-3,5 cm, tepi rata, pangkal lonjong membulat, ujung membulat hingga agak melengkung. (Coronel, 1997).

Bunganya tersusun berkelompok longgar, di ketiak daun atau di ujung dahan, panjangnya mencapai 16 cm. Bunga kupu-kupu mempunyai 4 kelopak dan 5 kelopak, wanginya enak. Mahkota berwarna putih kuning dengan urat merah kecoklatan sepanjang 1,5 cm (Coronel, 1997).

Polongnya bengkak, hampir silindris, melengkung atau lurus, berisi maksimal 10 biji, sering terjadi penyempitan antara kedua biji, dan kulit buah (eksokarp) mengeras, berwarna coklat atau abu-abu, bersisik, keras seperti urat. . Warna daging buah (mesocarp) putih kehijauan ketika masih muda, berubah warna menjadi coklat kemerahan hingga hitam ketika matang, serta rasanya manis, asam, dan lengket. Bijinya berwarna coklat kehitaman, mengkilat, keras, dan agak persegi (Coronel, 1997).

Berdasarkan penelitian Ro'du dan Erlinda (2021), biji asam jawa mampu menurunkan kadar BOD hingga 76,77 %, COD sebesar 78,10 % dan TDS sebesar 54,02% pada pengolahan limbah cair industry perikanan. Selain itu, menurut Sekar dan Maya (2020), penambahan koagulan biji asam jawa pada limbah cair batik dapat menurunkan konsentrasi zat warna *remozal red* sebesar 68,26 % dan COD sebesar 97,94 %. Selanjutnya jika ditinjau dari objek yang diteliti yaitu limbah cair tempe, menurut penelitian Fulan, Eko dan Pratiwi(2017), biji asam jawa yang digunakan sebagai koagulan mampu menurunkan tingkat BOD sebesar 82,6 %, COD sebesar 78,5%, TDS sebesar 86,4%.

Penggunaan biji asam jawa (*Tamarindus indica*) sebagai koagulan memiliki kemampuan untuk mengikat bahan-bahan organik dalam limbah cair tempe yang komponen terbesarnya adalah protein. Kandungan tanin dalam biji asam jawa berperan sebagai senyawa phenolic yang dapat larut dalam air. Berat molekul 300-500 dapat mengendapkan protein dari larutan. Kulit biji asam jawa yang berwarna gelap menandakan kandungan tanin semakin tinggi. Kandungan tanin pada kulit 20,2% dan pada pati 33,1% (Fulan, 2017).

2.4 Menjaga Lingkungan dalam Perspektif Islam

Allah telah memberikan karunia pada bani adam berupa lingkungan untuk dikelola dan dimanfaatkan dengan baik. Al-Qur'an jelas menyatakan bahwa segala bentuk kerusakan yang ada di bumi ini adalah akibat dari ulah manusia dalam berinteraksi dengan lingkungannya. Hal ini dijelaskan dalam surah Ar-Rum ayat 41 :

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ (الروم : ٤١)

Artinya : “Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)(Q.S Ar-Rum :41)”

Menurut al-Ashfahani, kata (الفساد) *al-fasad* adalah Menjadi tidak seimbang, baik sedikit maupun banyak. Sebagian ulama masa kini memahaminya dari segi kerusakan lingkungan hidup, karena ayat di atas menghubungkan *fasad* dengan kata daratan dan lautan. Ayat di atas menunjukkan bahwa daratan dan lautan merupakan tempat terjadinya *fasad*. Hal ini bisa berarti daratan dan lautan menjadi arena kehancuran, misalnya laut dan sungai tercemar, ikan mati, dan hasil laut berkurang. Bumi semakin panas sehingga menyebabkan kekeringan berkepanjangan. Akibatnya keseimbangan ekologi menjadi kacau (Shihab, 2002).

Bumi sebagai tempat bernaungnya makhluk hidup berperan penting untuk kelangsungan hidup. Terjadinya kerusakan khususnya di bumi merupakan akibat dari gejala-gejala alam yang terjadi dan juga ulah manusia itu sendiri. Banyak cara yang dapat dilakukan untuk menghindarkan hal-hal yang dapat merusak lingkungan. Beberapa hal yang dapat dimulai dengan memperhatikan lingkungan sekitar misalkan tidak membuang sampah di sekitar halaman rumah. Orang-orang Yahudi pada masa itu gemar melemparkan sampah ke jalanan atau halaman rumah mereka, padahal Rasulullah Saw merasa sakit dengan bau yang tidak sedap dari cara hidup dan jalan mereka (Aulia, 2021). Hal ini menandakan sampah atau limbah tidak boleh dibuang begitu saja karena dapat menimbulkan pencemaran yang berakibat buruk bagi sekitar.

Islam mengajarkan dan memandang pentingnya kebersihan dan kesehatan lingkungan baik itu di masjid, jalan, tempat umum agar terhindar dari pencemaran dari limbah atau sampah. Salah satunya sabda Nabi Muhammad dalam sebuah Hadist Riwayat At Tirmidzi yaitu sebagai berikut:

إِنَّ اللَّهَ طَيِّبٌ يُحِبُّ الطَّيِّبَ نَظِيفٌ يُحِبُّ النَّظَافَةَ كَرِيمٌ يُحِبُّ الْكِرَامَ حَوَادُّ يُحِبُّ الْجُودَ فَتَنَظَّفُوا أَرَاهُ (رَوَاهُ التِّرْمِذِيُّ
: ٢٧٢٣, كِتَابُ الْأَدَابِ)

Artinya: *"Sesungguhnya Allah Maha Baik, dan menyukai kepada yang baik, Maha Bersih dan menyukai kepada yang bersih, Maha Pemurah, dan menyukai kemurahan, dan Maha Mulia dan menyukai kemuliaan, karena itu bersihkanlah diri kalian."* (HR At-Tirmidzi No 2723, Kitab Adab)

Yusuf Al-Qaradawi menjelaskan kebersihan harus lebih diperhatikan, karena ada pertimbangan penting yaitu kebersihan merupakan sesuatu yang disayangi oleh Tuhan Yang Maha Esa. Lingkungan hidup harus dirawat dengan baik dengan selalu menjaga, memelihara dan melestarikannya, karena dari segi moral hal tersebut merupakan hak dan kewajiban masyarakat serta merupakan nilai yang mutlak. Dengan kata lain, mempunyai akhlak yang baik terhadap lingkungan merupakan wujud dari akhlak itu sendiri (Harahap, 2015).

Dari hadis dan tafsir ayat diatas, Allah SWT menyukai kebersihan dan jelas mengharamkan perbuatan merusak. Alam atau lingkungan hidup dipersiapkan untuk manusia bahkan tunduk padanya agar memudahkan manusia dalam memanfaatkannya. Oleh karena itu kita sebagai manusia harus selalu menjaga kebersihan dan kesehatan lingkungan sekitar serta tidak merusak lingkungan dengan cara mencemari lingkungan. (Aulia, 2021).

2.5 Penelitian Relevan

Adapun penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan dengan rencana penelitian adalah :

1. Lia Cundari(2022) dalam penelitiannya yang berjudul *Processing Of Tempe Liquid Waste In Stages Using Combination Of Coagulation And Electrocoagulation Methods* menyatakan bahwa campuran metode elektrokoagulasi dengan koagulan tawas Penurunan nilai kekeruhan limbah cair dipengaruhi oleh suhu, nilai kekeruhan terbaik diperoleh sebesar 2,01 NTU. Variasi tegangan elektrokoagulasi tidak mempengaruhi nilai pH limbah. Waktu pengadukan flokulasi berpengaruh dalam menurunkan nilai kekeruhan limbah, sedangkan persentase penyisihan kekeruhan terbaik adalah sebesar 91,56% pada waktu pengadukan 20 menit. Waktu pencampuran untuk flokulasi tidak mempengaruhi kenaikan nilai pH karena kinerja tawas efektif untuk limbah dengan tingkat pH 6-8, sedangkan limbah sementara memiliki nilai pH 4.
2. Rahayu (2018) dalam penelitiannya yang bertajuk *Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia Dengan Kombinasi Metode Elektrokoagulasi, Filtrasi Dan Pengikatan Logam Dengan Asam Jawa* menjelaskan bahwa gabungan metode elektrokoagulasi, filtrasi dan pengikatan logam dengan asam jawa mampu menurunkan kadar logam berat pada limbah AAS hingga mencapai nilai baku mutu.
3. Tyagustin (2021) dalam penelitiannya yang berjudul *Pengolahan Air Gambut Menggunakan Proses Elektroflotasi-Biokoagulasi Dengan Kacang Hijau (Vigna Radiata) Dan Lidah Buaya (Aloe Vera) Sebagai*

Koagulan Alami mendapat hasil kesimpulan bahwa penambahan biokoagulan pada proses elektroflotasi menurunkan parameter biokoagulasi berturut-turut sebesar turbiditas 87,48%, TDS 76,52%, pH 6,9, intensitas cahaya 323 Lux, logam Fe 73,33% dengan kacang hijau 1,5 g dan turbiditas 75,49%, TDS 70,67%, pH 6,8, intensitas cahaya 311 Lux, logam Fe 64,58% dengan lidah buaya 2 g.

2.6 Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diajukan pada penelitian adalah sebagai berikut :

H0 :Tidak terdapat pengaruh kadar asam jawa (*Tamarindus indica*) terhadap karakteristik limbah cair tempe menggunakan metode elektrokoagulasi.

H1 :Terdapat pengaruh kadar asam jawa (*Tamarindus indica*) terhadap karakteristik limbah cair tempe menggunakan metode elektrokoagulasi.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian yang dilaksanakan adalah penelitian eksperimental. Tahapan dalam penelitian dimulai dari studi pustaka, persiapan sampel, analisis kandungan sampel sebelum perlakuan, pengolahan limbah dengan elektrokoagulasi dengan penambahan biji asam jawa dengan variasi dosis, analisis sampel setelah pengolahan, analisis data dan penyusunan laporan. Sampel penelitian yang dipakai adalah limbah industri tempe yang diambil dari Usaha Tempe Muhaimin.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dimulai dari bulan April hingga Juli 2023 yang dilaksanakan di Laboratorium Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dan Labotaratorium Lingkungan Jasa Tirta 1 Kota Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut

:

1. Sepasang plat alumunium panjang 12 cm dan lebar 8 cm
2. *Power supply*
3. Kabel penghubung
4. Multimeter (voltmeter dan amperemeter)
5. Gelas beker ukuran 1000 ml
6. Gelas beker ukuran 100 ml
7. Erlenmeyer 1000 ml

8. Erlenmeyer 100 ml
9. Jerigen, volume 10 liter
10. Botol 1000 ml
11. Corong 100 ml
12. Corong 60 ml
13. Pipet 5 ml
14. Pipettor
15. Cawan porselin
16. Spatula
17. Batang kaca pengaduk
18. Cawan petri
19. Botol semprot
20. Pinset
21. Timbangan digital
22. *Magnetic stirrer*
23. Stopwatch
24. Penyangga kaki tiga
25. Chopper
26. pH meter
27. Oven
28. Ayakan 80 mesh
29. TDS-meter

3.3.2 Bahan

Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Limbah cair tempe, yaitu limbah sisa hasil produksi tempe
2. Biji asam jawa
3. Kertas saring whatman 42
4. Aquades
5. Kain kasa
6. Plastik ziplock ukuran 4x5 cm

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Preparasi Sampel Limbah Cair Industri Tempe

- a. Melakukan survey pada tempat objek penelitian.
- b. Mengambil sampel limbah cair dari tempat penampungan sebanyak 25 liter dengan menggunakan jerigen
- c. Sampel disimpan di jerigen dan ditutup rapat.

3.4.2 Preparasi Biokoagulan Biji Asam Jawa

Tahap-tahap pembuatan serbuk biji asam jawa adalah sebagai berikut :

- a. Buah asam jawa yang dipakai dalam penelitian adalah buah asam jawa yang sudah masak di pohon, kering berwarna kecoklatan
- b. Buah asam jawa diambil bijinya yang berwarna coklat kehitaman.
- c. Biji asam jawa yang digunakan dijemur satu hari dibawah terik matahari.
- d. Biji asam jawa ditumbuk.
- e. Biji asam jawa yang telah ditumbuk menjadi serbuk kasar kemudian diayak untuk mendapatkan serbuk yang halus.
- f. Serbuk biji asam jawa ditaruh dalam cawan porselin

- g. Serbuk biji asam jawa ditimbang sesuai dosis yang ditentukan lalu dimasukkan ke plastic ziplock kedap udara

3.4.3 Peningkatan Kinerja Elektrokoagulasi dengan Biokoagulan Asam Jawa

Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- 1) Prinsip yang bekerja pada metode elektrokoagulasi adalah reaksi redoks dan sel elektrolisis. Sel elektrolisis adalah alat yang dapat mengubah energi listrik DC (direct current) untuk menghasilkan reaksi elektrolit.
- 2) Power supply dihubungkan dengan plat elektroda yang telah terpasang pada gelas beker, lalu sampel limbah tempe 1000 ml dimasukkan ke dalam reaktor elektrokoagulasi.
- 3) Dimasukkan biokoagulan asam jawa dengan variasi dosis 0 mg/l, 600 mg/l, 900 mg/l, 1200 mg/l, 1500 mg/l dan 1800 mg/l
- 4) Limbah yang telah diberi serbuk biji asam jawa diaduk lambat selama 5 menit menggunakan magnetic stirrer untuk menghomogenkan serbuk ke dalam larutan limbah
- 5) Setelah power supply dinyalakan dan diatur pada tegangan optimum yaitu 12 volt, langkah selanjutnya adalah menunggu selama 60 menit.
- 6) Sampel di saring dengan menggunakan kain kasa 10 lapis.
- 7) Sampel yang telah disaring diuji karakteristiknya dengan parameter pH, COD, BOD, kadar amonia, TSS dan TDS.

3.4.4 Evaluasi Kinerja Elektrokoagulasi-Biokoagulasi dengan Uji Karakteristik Limbah

a.) Proses Pengujian pH

Pembuatan larutan penyangga (buffer) pH 5 dan pH 7. Persiapan pengujian dengan kalibrasi pH-meter dengan menggunakan larutan penyangga atau buffer pH 5 dan pH 7. Tisu kering pada elektroda yang telah dikalibrasi dikeringkan selanjutnya dibilas dengan memakai aquades. Elektroda dibilas menggunakan sampel. Sampel uji dituangkan ke dalam beaker glass 100 ml. Elektroda dicelupkan ke dalam sampel uji dan tunggu pH-meter menunjukkan hasil yang tetap. Hasil skala dicatat yang ditampilkan pada pH-meter

b.) Proses Pengujian TSS

Basahi filter dengan sedikit aquades. Aduk sampel uji dengan magnetic stirrer untuk mendapatkan sampel yang lebih homogen, pipet sampel uji sebanyak 50 ml sambil sampel diaduk dengan magnetic stirrer, Cuci kertas saring dengan air aquades, biarkan hingga benar-benar kering. Sampel dengan padatan terlarut tinggi memerlukan pencucian tambahan. Keluarkan kertas saring dengan hati-hati dari perangkat penyaring dan pindahkan ke wadah penimbangan aluminium sebagai penyangga. Keringkan dalam oven minimal satu jam pada suhu 103°C sampai 105°C, kemudian dinginkan dan timbang. Ulangi penimbangan hingga diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat kurang dari 4% terhadap berat sebelumnya atau kurang dari 0,5 mg.

c.) Proses Pengujian TDS

Buatlah larutan buffer pH 5 dan pH 7. Kemudian siapkan pengujian dengan TDS meter dengan mengaturnya untuk menguji TDS, dan layar

menampilkan satuan ppm. Langkah-langkah pengujian padatan terlarut dalam air limbah adalah: keringkan dengan tisu kering pada elektroda yang telah dikalibrasi, bilas dengan air suling, bilas elektroda dengan sampel uji, tuangkan sampel uji ke dalam gelas beaker 100 ml, kemudian rendam dalam air suling. air. Masukkan elektroda ke dalam sampel dan tunggu hingga TDS meter menunjukkan hasil stabil dalam ppm. Amati hasil meter yang tertera pada TDS meter. Terakhir, bilas TDS meter dengan air suling dan keringkan dengan tisu.

d.) Proses Pengujian BOD

Sampel air yang diperoleh terlebih dahulu diaduk perlahan kemudian dimasukkan ke dalam botol. Analisis konsentrasi DO 0 hari pada sampel menggunakan DO meter. Sampel air kemudian dimasukkan ke dalam botol inkubasi hingga penuh. Botol ditempatkan dalam inkubator pada suhu 20°C selama 5 hari. Setelah diinkubasi selama 5 hari, botol didiamkan pada suhu ruang kemudian dianalisa konsentrasi oksigen terlarutnya selama 5 hari menggunakan alat oksigen terlarut meter dan dicatat hasil pembacaannya serta dihitung nilai BOD-nya.

e.) Proses Pengujian COD

Sampel diaduk di awal sembari dicek dan jika contoh uji berwarna pekat atau berbau tajam maka perlu dilakukan pengenceran. Disiapkan tabung reaksi dengan petutup dan diisi dengan 1,5 mL $K_2Cr_2O_7 - HgSO_4$. Kemudian ditambah 2,5 mL contoh uji air. Lalu ditambah 3,5 mL $H_2SO_4 - Ag_2SO_4$ yang dilakukan dalam lemari asam, kemudian ditutup rapat dalam tabung dan dikocok hingga homogen. Larutan yang telah dihomogenisasi dipanaskan pada suhu ± 150 °C dalam pemanas reaktor COD selama 2 jam, kemudian didinginkan hingga suhu

kamar dan diukur serapannya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 444 nm. Hasil yang didapat adalah konsentrasi sampel karena dibuat kurva standarnya terlebih dahulu. (SNI 06-6989.2-2004 dan Eaton, 1992).

f.) Proses Pengujian Kadar Amonia

Masukkan 25 mL sampel dalam labu erlenmeyer 50 mL. Kemudian tambahkan 1 mL larutan fenol, 1 mL larutan natrium nitroprusida, dan 2,5 mL larutan pengoksidasi. Sambil diaduk rata setelah setiap penambahan. Tutupi sampel dengan bungkus plastik atau film pembungkus parafin. Biarkan warna berubah pada suhu kamar (22 hingga 27°C) dalam cahaya redup selama minimal 1 jam. Warna menjadi stabil selama 24 jam. Kemudian diukur serapan pada 640 nm. Siapkan blanko dan setidaknya dua standar lainnya dengan mengencerkan larutan stok amonia ke dalam kisaran konsentrasi sampel. Perlakukan standar sama dengan sampel. Siapkan kurva standar dengan memplot pembacaan serapan standar terhadap konsentrasi amonia standar. menghitung konsentrasi sampel dengan membandingkan serapan sampel dengan kurva standar.

3.5 Pengambilan Data

Data yang diambil pada penelitian adalah karakteristik limbah cair industri tempe yang mencakup pH, COD, BOD, TSS, TDS, dan kadar amonia sesuai dengan perlakuan dosis biokoagulan yang diberikan yang diberikan yaitu :

3.5.1 Tanpa Perlakuan Elektrokoagulasi-Biokoagulasi

Data yang diperoleh adalah hasil analisis karakteristik limbah sebelum diolah dengan parameter sebagai berikut :

Tabel 3.1 Karakteristik Limbah Cair Industri Tempe Tanpa Pengolahan

Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Baku Mutu
pH	-		
TDS	mg/L		
COD	mg/L		
BOD	mg/L		
Kadar ammonia	mg/L		

3.5.2 Dengan Perlakuan Elektrokoagulasi-Biokoagulasi

a.) pH

Pengambilan data pH limbah cair tempe menggunakan pH meter :

Tabel 3.2 Nilai Ph Limbah Setelah Diberi Perlakuan Elektrokoagulasi-Biokoagulasi Selama 60 Menit

Dosis Koagulan (mg/l)	Nilai pH			
	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	Rata-Rata
0				
600				
900				
1200				
1500				

b.) COD

Tabel 3.3 Kadar COD Limbah Setelah Diberi Perlakuan Elektrokoagulasi-Biokoagulasi Selama 60 Menit

Dosis Koagulan (mg/l)	Nilai COD			
	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	Rata-Rata
0				
600				
900				
1200				
1500				

c.) BOD

Tabel 3.4 Kadar BOD Limbah Setelah Diberi Perlakuan Elektrokoagulasi-Biokoagulasi Selama 60 Menit

Dosis Koagulan (mg/l)	Nilai BOD			
	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	Rata- Rata
0				
600				
900				
1200				
1500				

d.) TDS

Tabel 3.5 Kadar TDS Limbah Setelah Diberi Perlakuan Elektrokoagulasi-Biokoagulasi Selama 60 Menit

Dosis Koagulan (mg/l)	Nilai TDS			
	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	Rata- Rata
0				
600				
900				
1200				
1500				

e.) Amonia

Tabel 3.6 Kadar Amonia Limbah setelah diberi Perlakuan Elektrokoagulasi-Biokoagulasi selama 60 menit

Dosis Koagulan (mg/l)	Nilai pH			
	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	Rata- Rata
0				
600				
900				
1200				
1500				

f.) TSS

Tabel 3.7 Kadar TSS Limbah Setelah Diberi Perlakuan Elektrokoagulasi-Biokoagulasi Selama 60 Menit

Dosis Koagulan (mg/l)	Nilai TSS			
	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	Rata- Rata
0				
600				
900				
1200				
1500				

3.5.3 Perbandingan Nilai Rata-Rata dengan Baku Mutu Limbah

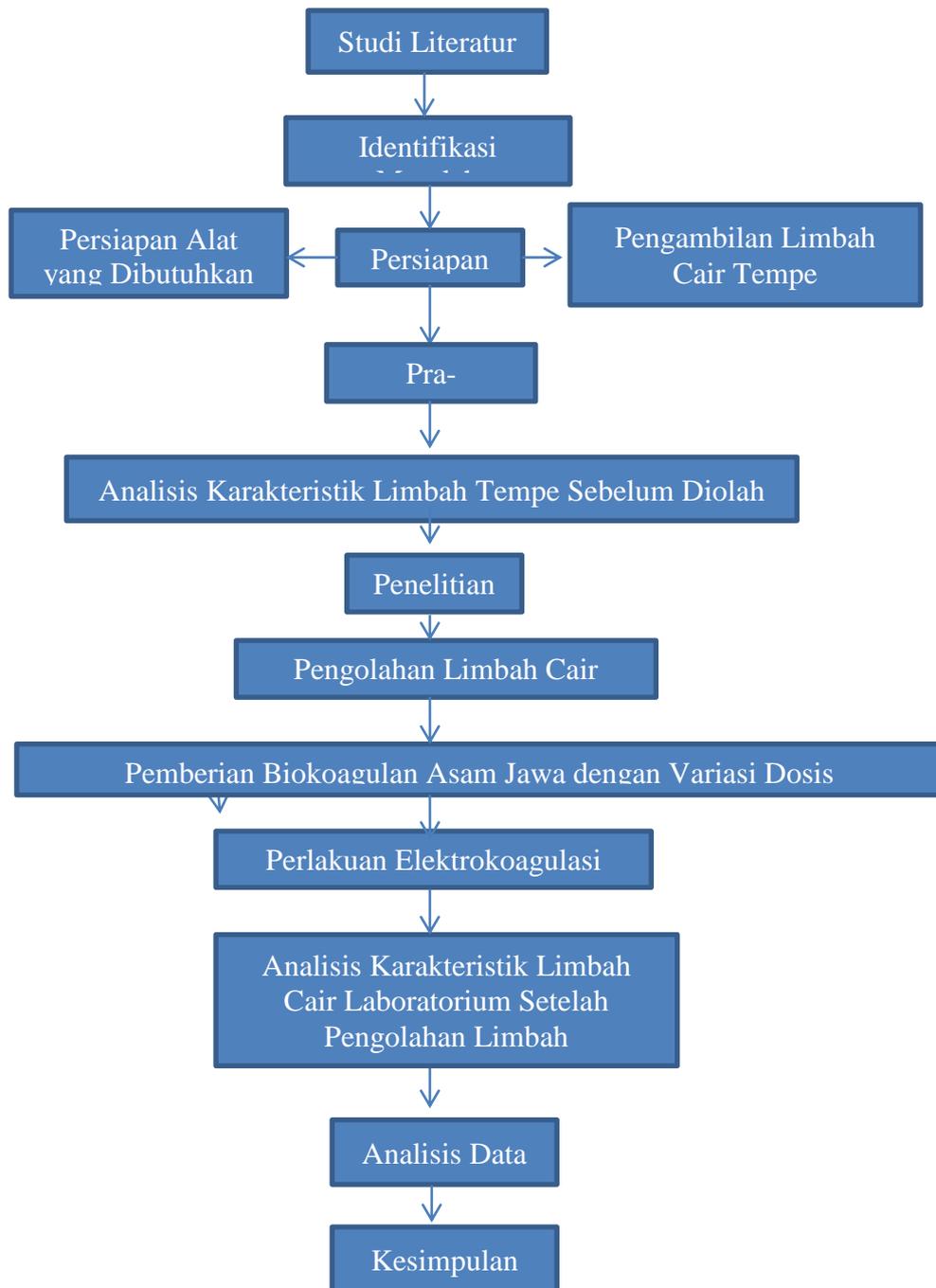
Tabel 3.8 Perbandingan Hasil Limbah Setelah Diolah Dengan Baku Mutu Air Limbah Industri Tempe

Parameter	Satuan	Nilai Rata-Rata Pengukuran	Baku Mutu
pH	-		
TDS	mg/L		
COD	mg/L		
DO	mg/L		
BOD	mg/L		
Amonia	mg/L		

3.6 Analisis Data

Setelah data penelitian telah didapat kemudian dianalisa menggunakan teknik analisa variasi (ANOVA) dengan *software* SPSS yang nantinya akan mempermudah untuk melihat apakah kadar asam jawa yang ditambahkan saat proses elektrokoagulasi mempengaruhi karakteristik limbah cair industri tempe. Jika ditemukan perbedaan nyata ($F < 0,05$) maka dilakukan uji DMRT untuk mengetahui perbedaan rata.

3.7 Bagan Alir Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Limbah Cair Tempe

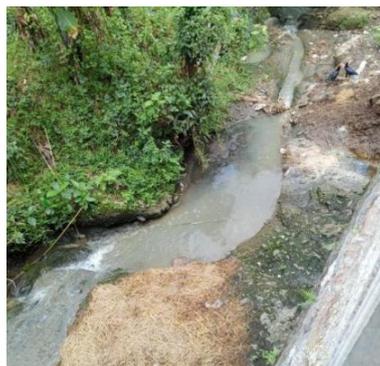
Limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah cair industri tempe rumahan milik Saudara Muhaimin yang beralamat di Jalan Buk Blimbing RT 3/ RW 3 Desa Parerejo (Kampung Tempe), Kecamatan Purwodadi, Pasuruan. Limbah tersebut biasanya dibuang langsung tanpa diolah ke saluran air yang berada di belakang rumah usaha. Limbah cair tempe yang digunakan berasal dari campuran air rendaman dan air perebusan dengan rasio 1:1. Limbah cair tempe secara visual terlihat berwarna krem kekuning-kuningan dan tampak keruh sehingga tidak bisa tertembus cahaya dan memiliki bau khas kedelai serta kecut karena kandungan asam di dalamnya. Komposisi kedelai sebagai bahan dasar tempe terdiri dari protein, karbohidrat dan lemak sehingga limbahnya juga mengandung unsur tersebut. Dalam banyak kasus, akibat nyata dari polutan organik adalah penurunan konsentrasi oksigen terlarut dalam air karena diperlukan untuk penguraian bahan organik.



Gambar 4.1 Limbah Cair Tempe

Proses produksi tempe membutuhkan banyak air yang digunakan untuk merendam, merebus, mencuci dan mengupas kulit kedelai. Limbah yang dihasilkan dari proses-proses tersebut dapat berupa limbah cair maupun limbah

padat. Sebagian besar limbah padat yang berasal dari kulit kedelai, kedelai yang rusak dan terapung pada proses pencucian serta lembaga lepas pada saat pengupasan kulit, telah dimanfaatkan untuk pakan ternak. Namun Limbah cair berupa air bekas perendaman kedelai dan air bekas perebusan kedelai masih dibuang langsung ke perairan sekitar. (Anonim, 1989)



Gambar 4.2 Saluran Pembuangan Limbah Cair Tempe Di Rumah Usaha Tempe Muhaimin Desa Parerejo, Kecamatan Purwodadi Pasuruan

Parameter limbah cair tempe yang diukur adalah parameter utama yang disesuaikan dengan limbah pengolahan kedelai yakni pH, *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Total Suspended Solid* (TSS), serta parameter tambahan berupa amonia bebas (NH_3N) dan *Total Dissolved Solid* (TDS) yang mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 Tahun 2015 tentang Baku Mutu Air Limbah. Berikut adalah hasil pengukuran limbah cair industri tempe sebelum diberi perlakuan :

Tabel 4.1 . Karakteristik limbah cair tempe sebelum diolah

No	Parameter	Hasil Pengujian	Metode Pengukuran
1	BOD	1810 mg/l	Respiometri
2	COD	4386,6 mg/l	Refluks tertutup dengan spektrofotometri
3	TSS	3181,5 mg/l	Gravimetri
4	pH	4,3	pH-meter
5	Amonia	0,1466 mg/l	Phenat
6	TDS	1013,6 mg/l	TDS- meter

Berdasarkan tabel 4.1. diatas dinyatakan bahwa limbah cair industri tempe yang berasal dari campuran air rebusan dan air rendaman kedelai berpeluang untuk mencemari lingkungan perairan di sekitarnya.

Nilai BOD yang diperoleh dari limbah tersebut mencapai nilai 1810 mg/l. Hal ini dikarenakan limbah tempe mengandung residu biodegradable yang merupakan nutrisi bagi tanaman air, karena limbah tersebut menyebabkan eutrofikasi yang berdampak pada pertumbuhan banyak kelompok tanaman air (Wardhana, 2004). Meningkatnya eutrofikasi pada perairan menyebabkan penyebaran daerah benthik sehingga kadar oksigen terlarut jadi berkurang. Nilai BOD yang tinggi menunjukkan banyaknya jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme dalam air untuk menguraikan polutan limbah.

Sedangkan untuk nilai COD dari tabel diatas yaitu 4388,6 mg/l. Sama halnya dengan BOD, tingginya nilai COD juga disebabkan oleh bahan buangan *biodegradable* yang kaya nutrient dari limbah rendaman atau perebusan kedelai. Tingginya nilai COD limbah menandakan kebutuhan oksigen yang besar supaya limbah tersebut teroksidasi secara kimiawi. Dalam hal ini limbah organik akan dioksidasi oleh kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$) menjadi CO_2 dan H_2O serta ion chrom (Wardhana, 2004)

Untuk nilai TSS yakni 3117.6 mg/l. Banyaknya endapan organik terutama dari air perebusan kedelai diduga meningkatkan nilai TSS limbah cair industri tempe. Nilai TSS yang tinggi memiliki pengaruh pada perilaku biota air terutama ikan ikan seperti penolakan terhadap air yang keruh, hambatan makan serta peningkatan pencarian tempat berlindung. Pola yang umumnya ditemukan pada

sungai yang menerima sebagian besar padatan tersuspensi adalah berkurangnya jumlah spesies dan jumlah individu biota air (Connel dan Miller, 1995).

Untuk nilai pH berkisar pada angka 4.3. Nilai ini menandakan derajat keasaman limbah cair tempe yang belum memenuhi standar baku mutu air limbah. Rendahnya pH limbah cair tempe ini disebabkan karena proses perendaman biji kacang kedelai yang menimbulkan tumbuhnya bakteri asam laktat. Dengan demikian limbah cair tempe jika dibuang ke perairan akan mengubah pH perairan tersebut dan akan mengganggu kehidupan organisme air karena perairan yang asam cenderung menyebabkan kematian pada ikan begitupun perairan yang terlewat basa. Air normal yang memenuhi syarat untuk kehidupan biota air mempunyai pH dengan rentang 6,5-7,5 (Wardhana, 2004).

Nilai kadar amonia bebas limbah cair tempe mencapai 0.1466 mg/l . Rendahnya kadar amonia kemungkinan disebabkan kondisi limbah cair tempe yang belum mengalami pembusukan oleh bakteri dan jasad renik lainnya karena limbah yang diuji pada penelitian adalah limbah yang bersifat baru dari produksi tempe. Limbah cair tempe yang mempunyai kandungan organik seiring waktu akan terdegradasi oleh mikroorganisme disertai dengan adanya bau busuk. Pendapat ini didukung (Mahida, 1986) bahwa dalam limbah domestik, sebagian besar nitrogen organik akan diubah menjadi amoniak pada pembusukan anaerobic dan menjadi nitrat atau nitrit pada pembusukan aerob.

Limbah cair industri tempe yang diteliti memiliki nilai TDS mencapai nilai 1013.6 mg/l. Hal ini bisa terjadi karena minimnya kandungan logam berat maupun mineral dalam limbah cair tempe yang notabene lebih banyak mengandung bahan organik. TDS sendiri terdiri dari mineral maupun garam

anorganik yang larut dalam air dan tidak mengendap seperti kalsium, magnesium, kalium, natrium dan sebagian kecil bahan organik. (Rinawati, 2016).

4.2 Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar asam jawa (*Tamarindus indica*) terhadap karakteristik limbah cair industri tempe menggunakan metode elektrokoagulasi. Secara garis besar penelitian berfokus pada analisis pengaruh penambahan serbuk biji asam jawa (*Tamarindus indica*) terhadap metode elektrokoagulasi. Limbah cair yang diolah sebagai objek penelitian adalah limbah cair industri tempe. Perlakuan yang diterapkan pada penelitian adalah memvariasikan dosis serbuk asam jawa ukuran 80 mesh yang diberikan saat proses elektrokoagulasi, yakni : 0 mg/l, 600 mg/l, 900 mg/l, 1200 mg/l dan 1500 mg/l dengan pengulangan percobaan sebanyak tiga kali. Untuk spesifikasi reaktor elektrokoagulasi yang digunakan dalam penelitian adalah dengan menggunakan sepasang elektroda aluminium ukuran 8x20 cm dan bagian yang tercelup 8x14 cm. Tegangan yang digunakan 12 Volt selama 60 menit. Wadah yang digunakan untuk menampung limbah adalah gelas beaker ukuran 1000 ml.



Gambar 4.3 Rangkaian Reaktor Elektrokoagulasi

Penelitian ini memiliki beberapa tahapan, tahapan pertama adalah preparasi serbuk biji asam jawa sebagai koagulan tambahan. Biji asam jawa yang dipakai adalah biji yang sudah tua berwarna coklat gelap. Biji asam jawa dipanggang selama tiga jam untuk mengurangi kadar air. Setelah itu biji asam jawa dihaluskan dengan menggunakan *chopper*. Serbuk biji asam jawa yang dihasilkan kemudian diayak dengan ukuran 80 mesh agar lebih dapat terlarut dalam limbah. Kemudian serbuk ditimbang dengan variasi dosis yang telah ditentukan lalu disimpan dalam plastik zip lock. Tahapan kedua adalah peningkatan kinerja elektrokoagulasi dengan asam jawa. Limbah cair tempe dipersiapkan sebanyak satu liter dalam beaker kaca. Rangkaian elektroda lalu dimasukkan ke dalam limbah tersebut. Power supply dinyalakan dengan tegangan 12 volt selama 60 menit. Limbah cair tempe diberi variasi dosis serbuk asam jawa 0 mg/l, 600 mg/l, 900 mg/l, 1200 mg/l dan 1500 mg/l yang ditambahkan sesaat sebelum elektrokoagulasi dimulai. Tahapan ketiga adalah uji karakteristik limbah cair tempe yang meliputi BOD, COD, TSS, TDS, pH dan kadar amonia bebas. Hasil uji kualitas yang meliputi parameter kemudian dibuat grafik nilai efisiensi untuk mengetahui seberapa efisien perlakuan yang digunakan dengan rumus:

$$\text{Persentase penurunan nilai limbah} = \frac{N_0 - N}{N_0} \times 100\% \quad (4.1)$$

Dimana :

N_0 = Nilai parameter yang diuji pada limbah sebelum perlakuan

N = Nilai parameter yang diuji pada limbah sesudah perlakuan

Setelah didapatkan hasil uji kemudian dibandingkan dengan baku mutu air limbah yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 Tahun 2014.



(a)



(b)

Gambar 4.4 (a) limbah cair tempe sebelum diberi perlakuan, (b) limbah cair tempe setelah perlakuan

4.3 Data Hasil Penelitian

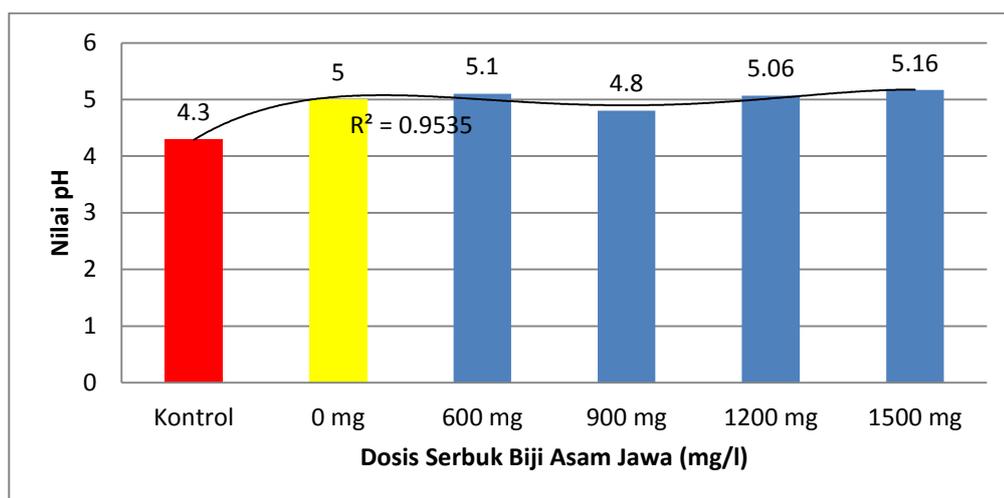
4.3.1 Pengaruh Kadar Biji Asam Jawa Terhadap pH Limbah Cair Tempe Menggunakan Elektrokoagulasi

Pengukuran pH limbah cair industri tempe setelah perlakuan dilakukan dengan menggunakan pH-meter digital HI98107. Setelah dikalibrasi dengan larutan buffer 4.0 , setiap sampel diukur pH-nya dan dicuci dengan aquades setelahnya. Berikut adalah data tabelnya :

Tabel 4.2 Data Hasil Pengaruh Kadar Asam Jawa terhadap pH Limbah Cair Industri Tempe Menggunakan Metode Elektrokoagulasi

Perlakuan		Pengujian pH				
No	Dosis Koagulan (mg/l)	Ulangan			Nilai Rata-Rata	Persentase Kenaikan pH %
		1	2	3		
1	Kontrol	4,3	4,3	4,3	4,3	
2	0 mg	4,9	5,1	5	5	
3	600 mg	5	5,2	5,1	5,1	1.99%
4	900 mg	5	4,7	4,7	4,8	-4.52%
5	1200 mg	5,1	5,1	5	5,06	1.36%
6	1500 mg	5,2	5,2	5,1	5,16	3.35%
Rata-Rata Peningkatan Setelah Pemberian Dosis Koagulan		0,075	0,1	0,1	0,16	

Tabel 4.2 merupakan data hasil perhitungan sampel limbah cair industri tempe menggunakan pH-meter digital. Berdasarkan data tersebut dapat dipahami bahwa penambahan dosis serbuk asam jawa pada proses elektrokoagulasi berpengaruh terhadap pH limbah cair industri tempe. Sampel kontrol dengan tiga kali pengulangan menghasilkan pH sebesar 4,3. Setelah diberi perlakuan elektrokoagulasi tanpa penambahan serbuk asam jawa atau dosis 0 mg/l terjadi peningkatan nilai pH sebesar 5. Kemudian saat diberi serbuk asam jawa dengan dosis terkecil yaitu 600 mg/l, ada perubahan pH yaitu menjadi 5,1. Dosis serbuk asam jawa lalu dinaikkan menjadi 900 mg/l maka nilai pH mengalami penurunan sebesar 4,8. Hal ini disebabkan karena adanya kontaminan pada elektroda anoda saat perlakuan. Kemudian dosis ditingkatkan lagi menjadi 1200 mg/l sehingga menghasilkan pH sebesar 5,06. Terakhir untuk dosis terbesar yang diberikan yakni 1500 mg/l terjadi peningkatan pH menjadi 5,16. Perubahan pH limbah cair industri tempe seiring penambahan dosis serbuk asam jawa pada elektrokoagulasi yang dapat diperjelas dengan grafik berikut ini :



Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Penambahan Asam Jawa Pada Elektrokoagulasi Terhadap Nilai pH Limbah Cair Tempe

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa dosis asam jawa yang ditambahkan pada elektrokoagulasi tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai pH limbah cair tempe. Warna merah pada bagan menyatakan sampel yang belum diberi perlakuan sama sekali. Warna kuning menyatakan sampel yang hanya diberi perlakuan elektrokoagulasi. Warna biru menyatakan sampel yang telah diberi perlakuan elektrokoagulasi dengan penambahan serbuk biji asam jawa. Berdasarkan data pH limbah cair industri tempe setelah diberi penambahan dosis serbuk asam jawa pada saat elektrokoagulasi dalam tabel 4.2 dan gambar 4.3 dilakukan uji one way anova untuk mengetahui perbedaan signifikan antara kelompok data yang terdapat pada tabel berikut :

Tabel 4.3 Hasil Uji One Way Anova pada pH Limbah Cair Tempe

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Between Groups	0,236	4	0,059	5,206	0,016
Within Groups	0,113	10	0,011		
Total	0,349	14			

Berdasarkan analisis statistik menggunakan SPSS dengan uji one-way Anova menunjukkan bahwa penambahan serbuk biji asam jawa saat elektrokoagulasi memiliki pengaruh terhadap nilai pH limbah cair tempe dengan nilai signifikansi 0,016. Kemudian dilanjut dengan uji DMRT untuk membandingkan rata-rata dari masing-masing kelompok data. Berikut adalah hasil uji DMRT untuk dapat mengetahui pengaruh penambahan dosis serbuk asam jawa yang paling berpengaruh.

Tabel 4.4 Hasil Uji DMRT Penambahan Dosis terhadap Nilai pH Limbah

Dosis Serbuk Asam Jawa (mg/l)	Kadar pH	Notasi Huruf
900 mg/l	4,8	a
0 mg/l	5	b
1200 mg/l	5,06	b
600 mg/l	5,1	b
1500 mg/l	5,16	b

Notasi yang mengandung huruf sama menunjukkan bahwa perlakuan tersebut tidak berbeda. Notasi yang mengandung huruf berbeda menunjukkan bahwa perlakuan tersebut berbeda nyata. Berdasarkan tabel 4.4 menunjukkan bahwa penambahan biji serbuk asam jawa saat elektrokoagulasi memiliki perbedaan pada saat dosis 900 mg/l. Sedangkan untuk dosis-dosis lainnya yang diberikan tidak ada perbedaan karena memiliki notasi yang sama.

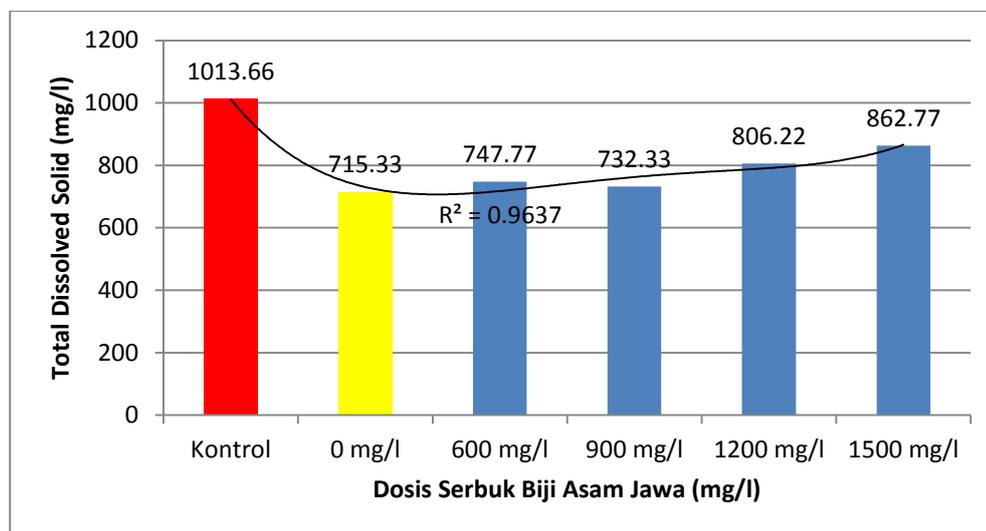
4.3.2 Pengaruh Kadar Asam Jawa Terhadap TDS Limbah Cair Tempe Menggunakan Elektrokoagulasi

Pengukuran Total Dissolved Solid (TDS) pada limbah cair tempe setelah perlakuan menggunakan TDS-meter. Hasil pengukuran TDS limbah cair tempe setelah perlakuan disajikan dalam tabel berikut ini :

Tabel 4.5 Data Hasil Pengaruh Kadar Asam Jawa Terhadap *Total Dissolved Solid* Limbah Cair Industri Tempe Menggunakan Metode Elektrokoagulasi

Perlakuan		Pengujian TDS				
No	Dosis Koagulan (mg/l)	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Nilai Rata-Rata	Efisien
1	Kontrol	1005	1016	1020	1013,66	
2	0 mg/l	718	714,33	713,66	715,33	-
3	600 mg/l	739,66	741	762,66	747,77	-3.76%
4	900 mg/l	759,66	722,66	714,66	732,33	-2.37%
5	1200 mg/l	798,66	814	806	806,22	-3.42%
6	1500 mg/l	875,66	821	891,66	862,77	-20.61%
Rata-Rata Peningkatan Setelah Pemberian Dosis Koagulan		39,41	26,66	44,5	36,86	

Tabel 4.5 adalah hasil pengukuran limbah cair tempe setelah perlakuan dengan menggunakan alat TDS-meter. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa penambahan dosis serbuk asam jawa pada proses elektrokoagulasi berpengaruh terhadap nilai TDS limbah cair industri tempe. Sampel kontrol mempunyai kadar TDS sebesar 1013,66 mg/l. Lalu saat diberi perlakuan elektrokoagulasi tanpa penambahan serbuk biji asam jawa nilai TDS berkurang menjadi 715,33 mg/l. Kemudian terjadi peningkatan nilai TDS saat penambahan dosis minimum 600 mg/l sebesar 747,77 mg/l. Pada saat penambahan dosis serbuk asam jawa 900 mg/l, nilai TDS kembali turun menjadi 732,33 mg/l. Kemudian nilai TDS meningkat seiring bertambahnya dosis serbuk yang ditambahkan yakni 806,22 mg/l ketika dosis serbuk 1200 mg/l dan 862,77 mg/l ketika dosis serbuk 1500 mg/l. Berdasarkan data tersebut terdapat peningkatan nilai TDS seiring dengan bertambahnya serbuk biji asam jawa yang diberikan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik berikut ini :



Gambar 4.6 Grafik pengaruh penambahan asam jawa pada elektrokoagulasi terhadap nilai TDS limbah cair tempe

Warna merah pada bagan menyatakan sampel yang belum diberi perlakuan sama sekali. Warna kuning menyatakan sampel yang hanya diberi

perlakuan elektrokoagulasi. Warna biru menyatakan sampel yang telah diberi perlakuan elektrokoagulasi dengan penambahan serbuk biji asam jawa. Kemudian data yang telah dipaparkan dianalisis dengan menggunakan uji one-way Anova untuk mengetahui perbedaan signifikan antara kelompok data sebagaimana yang terdapat pada tabel berikut :

Tabel 4.6 Hasil Uji One Way Anova pada TDS Limbah Cair Tempe :

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Between Groups	44337,861	4	11084,465	25,422	0,000
Within Groups	4360,147	10	436,015		
Total	193805,125	14			

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan SPSS dengan uji one-way Anova menunjukkan bahwa penambahan serbuk biji asam jawa saat elektrokoagulasi memiliki pengaruh secara nyata terhadap nilai TDS limbah cair tempe dengan nilai signifikansi 0,000. Kemudian dilanjut dengan uji DMRT untuk membandingkan rata-rata dari masing-masing kelompok data. Berikut adalah hasil uji DMRT untuk dapat mengetahui pengaruh penambahan dosis serbuk asam jawa yang paling berpengaruh :

Tabel 4.7 Hasil Uji DMRT Penambahan Dosis terhadap Nilai TDS Limbah

Dosis Serbuk Asam Jawa (mg/l)	Kadar TDS	Notasi Huruf
0 mg/l	715,333	a
900 mg/l	732,333	a
600 mg/l	747,777	a
1200 mg/l	806,222	b
1500 mg/l	862,777	c

Keterangan : Dosis yang mempunyai notasi huruf yang berbeda menandakan perbedaan yang nyata

Berdasarkan tabel 4.7 menunjukkan bahwa perlakuan elektrokoagulasi dengan penambahan dosis 0 mg/l, 900 mg/l, 600 mg/l memiliki notasi yang sama yaitu huruf a, artinya keempat perlakuan tersebut tidak memiliki

perbedaan. Sedangkan dosis 1200 mg/l memiliki perbedaan nyata dengan dosis 1500 mg/l karena memiliki notasi yang berbeda. Notasi huruf yang berbeda menandakan perlakuan yang berbeda nyata. Dapat dipahami dari analisis tersebut bahwa perlakuan terbaik terjadi pada dosis 0 mg/l dengan nilai TDS 715.333 mg/l dan notasinya adalah huruf a.

4.3.3 Pengaruh Kadar Asam Jawa Terhadap TSS Limbah Cair Tempe Menggunakan Elektrokoagulasi

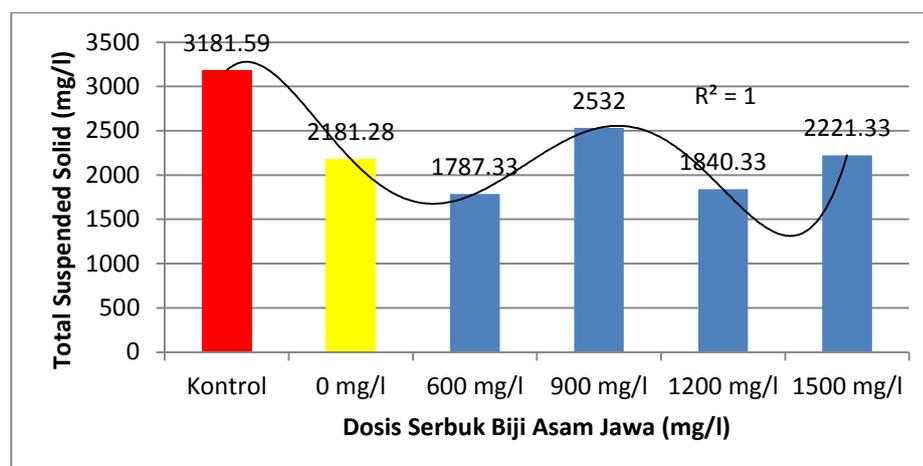
Pengukuran *Total Suspended Solid* (TSS) pada limbah cair tempe setelah perlakuan menggunakan metode pengukuran gravimetri. Hasil pengukuran TSS limbah cair tempe setelah perlakuan disajikan dalam tabel berikut ini :

Tabel 4.8 Data Hasil Pengaruh Kadar Asam Jawa Terhadap Total Suspended Solid Limbah Cair Industri Tempe Menggunakan Metode Elektrokoagulasi

Perlakuan		Pengujian TSS				
No	Dosis Koagulan (mg/l)	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Nilai Rata-Rata	Efisiensi
1	Kontrol	3233	3091.77	3220	3181,59	
2	0 mg/l	2033	2364	2146,86	2181,28	-
3	600 mg/l	1922	1626	1814	1787,33	17.39%
4	900 mg/l	2537	2469	2590	2532	-16.62%
5	1200 mg/l	1827	1770	1924	1840,33	15.21%
6	1500 mg/l	2166	2246	2252	2221,33	-2.15%
Rata-Rata Penurunan Setelah Pemberian Dosis Koagulan		-33,25	29,5	-26,28	-10,01	

Berdasarkan tabel 4.8 terdapat pengaruh penambahan serbuk biji asam jawa saat elektrokoagulasi terhadap TSS limbah cair tempe. Hal ini ditunjukkan dengan kondisi awal limbah cair tempe yang mempunyai kadar TSS 3181,56 mg/l. Kemudian saat diberi perlakuan elektrokoagulasi dengan dosis 0 mg/l, nilai TSS menjadi turun senilai 2049,6 mg/l. Lalu saat serbuk asam jawa mulai ditambahkan dengan dosis minimum 600 mg/l, nilai TSS menurun menjadi

1787,3 mg/l. Nilai TSS kembali naik menjadi 2532 mg/l saat dosis koagulan yang diberi 900 mg/l. Setelah itu nilai TSS turun kembali pada angka 1840,3 mg/l pada pemberian dosis 1200 mg/l. Pada dosis terakhir yakni dosis maksimum 1500 mg/l, nilai TSS agak naik sedikit dengan nilai 2221,7 mg/l. Nilai rata-rata penurunan setelah pemberian dosis koagulan dari ulangan kedua berbeda dengan pengulangan lainnya. Penyebab berbedanya nilai rata-rata tersebut dapat disebabkan karena karena pengadukan yang kurang merata sebelum disaring dan kurangnya ketelitian dalam penggunaan kertas saring. Dari data-data tersebut diketahui terjadi fluktuasi tiap perbedaan dosis serbuk asam jawa saat elektrokoagulasi yang dapat dijelaskan dengan grafik batang berikut :



Gambar 4.7 Grafik pengaruh penambahan asam jawa pada elektrokoagulasi terhadap nilai TSS limbah cair tempe

Warna merah pada bagan menyatakan sampel yang belum diberi perlakuan sama sekali. Warna kuning menyatakan sampel yang hanya diberi perlakuan elektrokoagulasi. Warna biru menyatakan sampel yang telah diberi perlakuan elektrokoagulasi dengan penambahan serbuk biji asam jawa. Kemudian data yang telah dipaparkan dianalisis dengan menggunakan uji one-way Anova

untuk mengetahui perbedaan signifikan antara kelompok data sebagaimana yang terdapat pada tabel berikut :

Tabel 4.9 Hasil Uji *One Way Anova* terhadap TSS limbah cair tempe

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1117093,789	4	279273,447	22,248	0,000
Within Groups	125526,293	10	12552,629		
Total	1242620,082	14			

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan SPSS dengan uji one-way Anova menunjukkan bahwa penambahan serbuk biji asam jawa saat elektrokoagulasi memiliki pengaruh secara nyata terhadap nilai TSS limbah cair tempe dengan nilai signifikansi 0,001. Dimana $0,001 < 0,05$ sehingga H_0 ditolak. Kemudian dilanjut dengan uji DMRT untuk membandingkan rata-rata dari masing-masing kelompok data. Berikut adalah hasil uji DMRT untuk dapat mengetahui pengaruh penambahan dosis serbuk asam jawa yang paling berpengaruh :

Tabel 4.10 Hasil Uji DMRT Penambahan Dosis terhadap nilai TSS Limbah Cair

Dosis Serbuk Asam Jawa (mg/l)	Kadar TSS	Notasi Huruf
600 mg/l	1787,33	a
1200 mg/l	1840,333	a
0 mg/l	2181	b
1500 mg/l	2221,333	b
900 mg/l	2532	c

Keterangan : Dosis yang mempunyai notasi huruf yang berbeda menandakan perbedaan yang nyata

Berdasarkan tabel 4.10 dapat dipahami bahwa elektrokoagulasi dengan penambahan serbuk asam jawa memiliki perbedaan tiap variasi dosis. Dosis 600 mg/l, 1200 mg/l, 1500 mg/l tidak memiliki perbedaan yang nyata. Namun ketiganya memiliki perbedaan nyata dengan dosis 900 mg/l. Notasi huruf yang

semakin besar menandakan peningkatan nilai TSS. Dari analisis tersebut penurunan nilai TSS paling optimal terdapat pada dosis 600 mg/l.

4.3.4 Pengaruh Kadar Asam Jawa Terhadap kadar BOD Limbah Cair Tempe Menggunakan Elektrokoagulasi

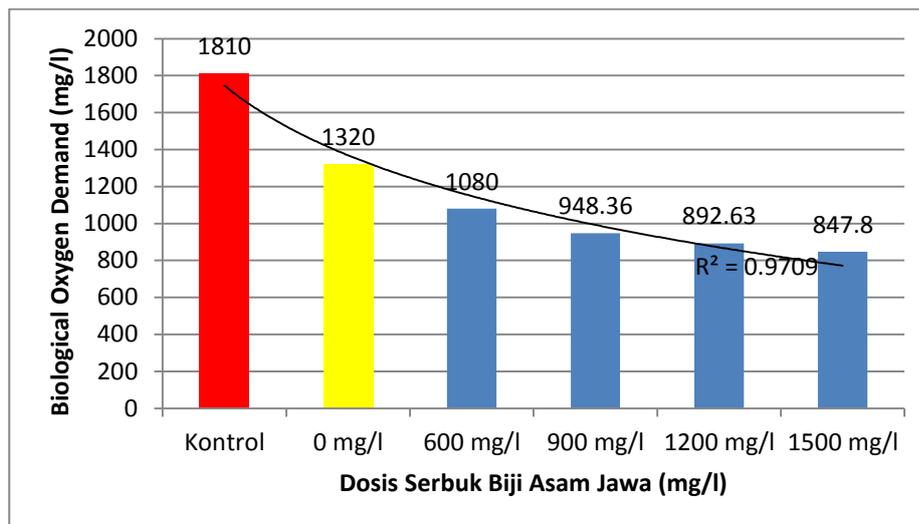
Pengukuran *Biological Oxygen Demand* (BOD) pada limbah cair tempe setelah perlakuan menggunakan metode analisa APHA 5210 B-2017 dengan prinsip respirometri. Hasil pengukuran BOD limbah cair tempe setelah perlakuan disajikan dalam tabel berikut ini :

Tabel 4.11 Data Hasil Pengaruh Kadar Asam Jawa Terhadap *Biological Oxygen Demand* Limbah Cair Industri Tempe Menggunakan Metode Elektrokoagulasi

Perlakuan		Pengujian BOD				
No	Dosis Koagulan (mg/l)	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Nilai Rata-Rata	Efisien
1	Kontrol	1850	1810	1770	1810	
2	0 mg/l	1350	1320	1290	1320	
3	600 mg/l	1100	1090	1050	1080	18.18%
4	900 mg/l	955.7	949	940.4	948,36	28.13%
5	1200 mg/l	899.2	892.4	886.3	892,63	32.36%
6	1500 mg/l	853.1	849.7	840.6	847,8	35.75%
Rata-Rata Penurunan Setelah Pemberian Dosis Koagulan		124,22	117,55	112,35	118,05	

Berdasarkan tabel 4.11 dapat dipahami bahwa penambahan serbuk biji asam jawa saat elektrokoagulasi berpengaruh terhadap nilai BOD limbah cair tempe. Terlihat pada kondisi awal limbah atau sampel kontrol memiliki nilai BOD sebesar 1810 mg/l. Lalu diberikan perlakuan elektrokoagulasi tanpa penambahan serbuk asam jawa, nilai BOD menjadi 1320 mg/l. Kemudian saat diberikan dosis minimum serbuk asam jawa 600 mg/l, nilai BOD menurun hingga 1080 mg/l. Setelah itu diberikanlah dosis sebanyak 900 mg/l dan terjadi perubahan nilai BOD menjadi 948,36 mg/l. Kemudian dosis serbuk yang diberikan semakin

ditingkatkan hingga nilai BOD sebesar 892,63 mg/l saat dosis asam jawa 1200 mg/l. Terakhir dosis maksimum sebesar 1500 mg/l memberi dampak penurunan BOD sebesar 847,8 mg/l. Dari data tersebut terjadi penurunan nilai BOD seiring bertambahnya dosis serbuk asam jawa saat proses elektrokoagulasi, hal ini dapat diperjelas dengan grafik berikut ini :



Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Penambahan Asam Jawa Pada Elektrokoagulasi Terhadap Nilai BOD Limbah Cair Tempe

Warna merah pada bagan menyatakan sampel yang belum diberi perlakuan sama sekali. Warna kuning menyatakan sampel yang hanya diberi perlakuan elektrokoagulasi. Warna biru menyatakan sampel yang telah diberi perlakuan elektrokoagulasi dengan penambahan serbuk biji asam jawa. Kemudian data yang telah dipaparkan dianalisis dengan menggunakan uji one-way Anova untuk mengetahui perbedaan signifikan antara kelompok data sebagaimana yang terdapat pada tabel berikut :

Tabel 4.12 Hasil Uji One Way Anova pada BOD Limbah Cair Tempe

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Between Groups	433744,063	4	108436,016	311,198	0,000
Within Groups	3484,473	10	348,447		
Total	437228,536	14			

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan SPSS dengan uji one-way Anova menunjukkan bahwa penambahan serbuk biji asam jawa saat elektrokoagulasi memiliki pengaruh secara nyata terhadap nilai BOD limbah cair tempe dengan nilai signifikansi 0,000. Kemudian dilanjut dengan uji DMRT untuk membandingkan rata-rata dari masing-masing kelompok data. Berikut adalah hasil uji DMRT untuk dapat mengetahui pengaruh penambahan dosis serbuk asam jawa yang paling berpengaruh :

Tabel 4.13 Hasil Uji DMRT Penambahan Dosis terhadap Nilai BOD Limbah Cair

Dosis Serbuk Asam Jawa (mg/l)	Kadar BOD	Notasi Huruf
1500 mg/l	847,8	a
1200 mg/l	892,633	b
900 mg/l	948,366	c
600 mg/l	1080	d
0 mg/l	1320	e

Keterangan : Dosis yang mempunyai notasi huruf yang berbeda menandakan perbedaan yang nyata

Berdasarkan tabel 4.13 menunjukkan bahwa perlakuan elektrokoagulasi dengan penambahan serbuk asam jawa memiliki perbedaan nyata tiap variasi. Dosis 1500 mg/l memiliki perbedaan nyata dengan dosis 1200 mg/l. Dosis 1200 mg/l juga memiliki perbedaan nyata dengan variasi dosis-dosis berikutnya. Semakin besar notasi huruf menandakan semakin besar nilai BOD. Analisis menunjukkan bahwa dosis 1500 mg/l merupakan dosis optimal dalam menurunkan nilai BOD.

4.3.5 Pengaruh Kadar Asam Jawa Terhadap Kadar COD Limbah Cair Tempe Menggunakan Elektrokoagulasi

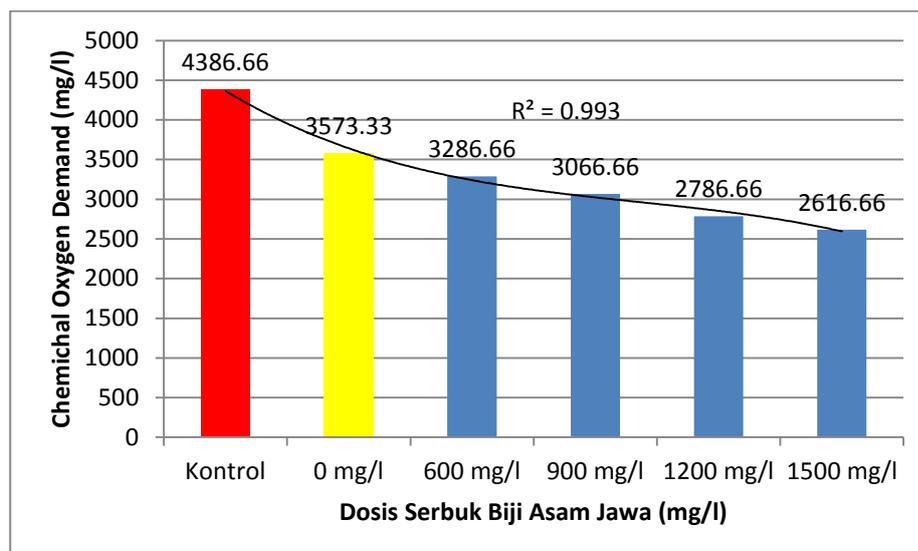
Pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada limbah cair tempe setelah perlakuan menggunakan metode analisa SNI 6989.2.2019 yakni refluks

tertutup spektrofotometri. Hasil pengukuran COD limbah cair tempe setelah perlakuan disajikan dalam tabel berikut ini :

Tabel 4.14 Data Hasil Pengaruh Kadar Asam Jawa Terhadap *Chemical Oxygen Demand* Limbah Cair Industri Tempe Menggunakan Metode Elektrokoagulasi

Perlakuan		Pengujian COD				
No	Dosis Koagulan (mg/l)	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Nilai Rata-Rata	Efisien
1	Kontrol	4450	4390	4320	4386,67	Rata-rata
2	0 mg/l	3630	3580	3510	3573,33	
3	600 mg/l	3330	3290	3240	3286,66	7.99%
4	900 mg/l	3110	3070	3020	3066,67	14.17%
5	1200 mg/l	2820	2790	2750	2786,67	22.01%
6	1500 mg/l	2650	2620	2580	2616,67	26.76%
Rata-Rata Penurunan Setelah Pemberian Dosis Koagulan		245	240	232,5	239,16	

Berdasarkan Tabel 4.14 dapat dipahami bahwa penambahan serbuk biji asam jawa saat elektrokoagulasi berpengaruh pada nilai COD limbah cair industri tempe. Kondisi awal limbah memiliki nilai COD sebesar 4386,6 mg/l . Saat diberi perlakuan pertama kali yakni elektrokoagulasi tanpa penambahan serbuk asam jawa, nilai COD menurun menjadi 3573,3 mg/l. Kemudian nilai COD kembali menurun saat pemberian serbuk asam jawa dengan dosis terkecil 600 mg/l yaitu 3286 mg/l. Lalu saat dosis serbuk asam jawa 900 mg/l, nilai COD menurun kembali menjadi 3066,6 mg/l. Hingga akhirnya nilai COD semakin turun dengan penambahan dosis asam jawa 1200 mg/l dan 1500 mg/l sebanyak 2786 mg/l dan 2616 mg/l. Nilai simpangan baku yang besar pada sampel kemungkinan terjadi karena larutan sampel yang kurang homogen saat diuji. Dari data di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa terjadi penurunan kadar COD limbah cair industri tempe seiring penambahan serbuk asam jawa saat elektrokoagulasi sebagaimana grafik berikut :



Gambar 4.9 Grafik pengaruh penambahan asam jawa pada elektrokogulasi terhadap nilai COD limbah cair tempe

Warna merah pada bagan menyatakan sampel yang belum diberi perlakuan sama sekali. Warna kuning menyatakan sampel yang hanya diberi perlakuan elektrokoagulasi. Warna biru menyatakan sampel yang telah diberi perlakuan elektrokoagulasi dengan penambahan serbuk biji asam jawa. Kemudian data yang telah dipaparkan dianalisis dengan menggunakan uji one-way Anova untuk mengetahui perbedaan signifikan antara kelompok data sebagaimana yang terdapat pada tabel berikut :

Tabel 4.15 Hasil Uji One Way Anova pada COD Limbah Cair Tempe

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig
Between Groups	1758026,667	5	439506,667	216,151	0,000
Within Groups	20333,333	10	2033,333		
Total	6147227,778	14			

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan SPSS dengan uji one-way Anova menunjukkan bahwa penambahan serbuk biji asam jawa saat elektrokoagulasi memiliki pengaruh secara nyata terhadap nilai COD limbah cair tempe dengan nilai signifikansi 0,000. Kemudian dilanjut dengan uji DMRT untuk membandingkan rata-rata dari masing-masing kelompok data. Berikut

adalah hasil uji DMRT untuk dapat mengetahui pengaruh penambahan dosis serbuk asam jawa yang paling berpengaruh :

Tabel 4.16 Hasil Uji DMRT Penambahan Dosis terhadap nilai COD Limbah Cair

Dosis Serbuk Asam Jawa (mg/l)	Kadar COD	Notasi Huruf
1500 mg/l	2616,667	a
1200 mg/l	2786,667	b
900 mg/l	3066,667	c
600 mg/l	3286,667	d
0 mg/l	3573,333	e

Keterangan : Dosis yang mempunyai notasi huruf yang berbeda menandakan perbedaan yang nyata

Berdasarkan tabel 4.16 menunjukkan bahwa perlakuan elektrokoagulasi dengan penambahan serbuk asam jawa memiliki perbedaan nyata tiap variasi. Dosis 1500 mg/l memiliki perbedaan nyata dengan dosis 1200 mg/l. Dosis 1200 mg/l juga memiliki perbedaan nyata dengan variasi dosis-dosis berikutnya. Semakin besar notasi huruf menandakan semakin besar nilai COD. Analisis menunjukkan bahwa dosis 1500 mg/l merupakan dosis optimal dalam menurunkan nilai COD.

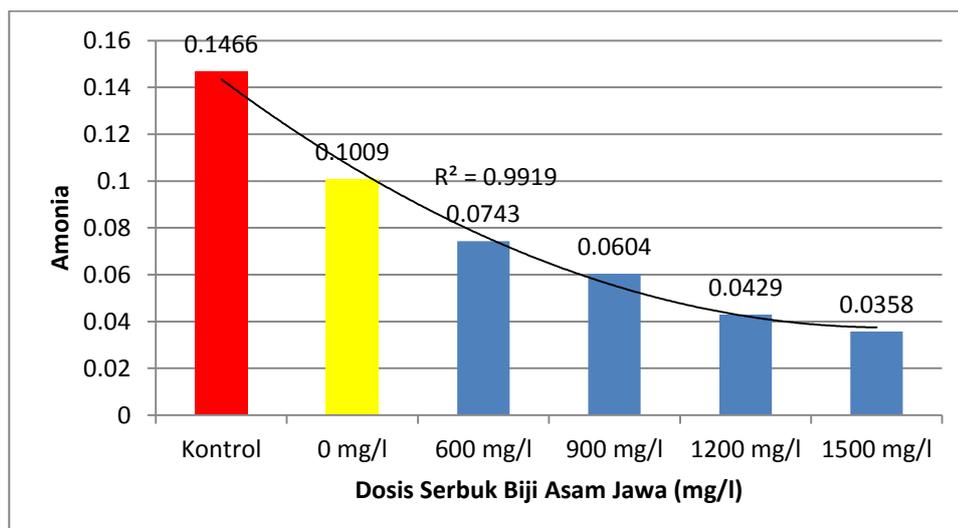
4.3.6 Pengaruh Kadar Asam Jawa Terhadap Kadar Amonia Limbah Cair Tempe Menggunakan Elektrokoagulasi

Pengukuran kadar amonia pada limbah cair tempe setelah perlakuan menggunakan metode analisa APHA. 4500-NH3 F-2017 (metode phenat). Hasil pengukuran kadar amonia limbah cair tempe setelah perlakuan disajikan dalam tabel berikut ini :

Tabel 4.17 Data Hasil Pengaruh Kadar Asam Jawa Terhadap Kadar Amonia Limbah Cair Industri Tempe Menggunakan Metode Elektrokoagulasi

Perlakuan		Pengujian Amonia				
No	Dosis Koagulan (mg/l)	Ulangan			Nilai Rata-Rata	Efisien
		1	2	3		
1	Kontrol	0,1468	0,1466	0,1465	0,1466	
2	0 mg/l	0,1073	0,1018	0,0936	0,1009	
3	600 mg/l	0,0723	0,0783	0,0723	0,0743	26.15%
4	900 mg/l	0,0643	0,0621	0,055	0,0604	40.10%
5	1200 mg/l	0,046	0,0425	0,0403	0,0429	57.44%
6	1500 mg/l	0,0372	0,0355	0,0347	0,0358	64.46%
Rata-Rata Penurunan Setelah Pemberian Dosis Koagulan		0,0175	0,0165	0,0147	0,0162	

Berdasarkan tabel 4.17 dapat dipahami bahwa penambahan serbuk biji asam jawa saat proses elektrokoagulasi memiliki pengaruh terhadap kadar amonia limbah cair tempe. Untuk kadar amonia pada sampel kontrol memiliki nilai sebesar 0,1466 mg/l. Lalu saat perlakuan elektrokoagulasi tanpa penambahan serbuk biji asam jawa terjadi penurunan kadar amonia menjadi 0,1009 mg/l. Kemudian diberikan dosis minimum yakni 600 mg/l sehingga kadar amonia menurun menjadi 0,0743 mg/l. Setelah itu ketika dosis serbuk asam jawa 900 mg/l, kadar amonia menjadi 0,0604 mg/l. Kemudian saat diberi perlakuan dengan dosis sebanyak 1200 mg/l, kadar amonia menurun menjadi 0,0429 mg/l. Pada perlakuan terakhir dengan dosis maksimal 1500 mg/l, kadar amonia semakin menurun menjadi 0,0358 mg/l. Sehingga dapat disimpulkan terjadi penurunan kadar amonia seiring meningkatnya penambahan serbuk asam jawa saat elektrokoagulasi sebagaimana grafik berikut :



Gambar 4.10 Grafik Pengaruh Penambahan Asam Jawa Pada Elektrokogulasi Terhadap Kadar Amonia Limbah Cair Tempe

Warna merah pada bagan menyatakan sampel yang belum diberi perlakuan sama sekali. Warna kuning menyatakan sampel yang hanya diberi perlakuan elektrokoagulasi. Warna biru menyatakan sampel yang telah diberi perlakuan elektrokoagulasi dengan penambahan serbuk biji asam jawa. Kemudian data yang telah dipaparkan dianalisis dengan menggunakan uji one-way Anova untuk mengetahui perbedaan signifikan antara kelompok data sebagaimana yang terdapat pada tabel berikut :

Tabel 4.18 Hasil Uji One Way Anova pada Kadar Amonia Limbah Cair Tempe

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig
Between Groups	0,008	4	0,002	109,339	0,000
Within Groups	0,000	10	0,000		
Total	0,008	14			

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan SPSS dengan uji one-way Anova menunjukkan bahwa penambahan serbuk biji asam jawa saat elektrokoagulasi memiliki pengaruh secara nyata terhadap kadar amonia limbah cair tempe dengan nilai signifikansi 0,000. Kemudian dilanjut dengan uji DMRT untuk membandingkan rata-rata dari masing-masing kelompok data. Berikut

adalah hasil uji DMRT untuk dapat mengetahui pengaruh penambahan dosis serbuk asam jawa yang paling berpengaruh :

Tabel 4.19 Hasil Uji DMRT Penambahan Dosis terhadap Kadar Amonia Limbah

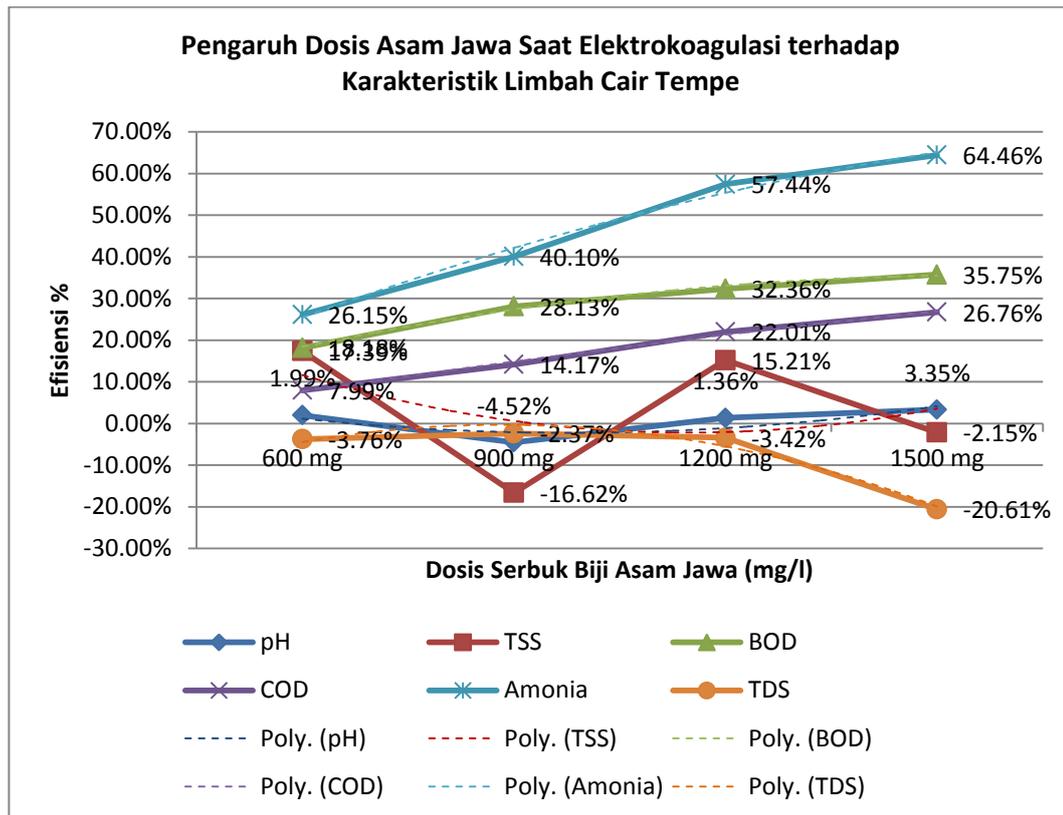
Dosis Serbuk Asam Jawa (mg/l)	Kadar Amonia	Notasi Huruf
1500 mg/l	0,0358	a
1200 mg/l	0,042933	b
900 mg/l	0,060467	c
600 mg/l	0,0743	d
0 mg/l	0,1009	e

Keterangan : Dosis yang mempunyai notasi huruf yang berbeda menandakan perbedaan yang nyata

Berdasarkan tabel 4.16 menunjukkan bahwa perlakuan elektrokoagulasi dengan penambahan serbuk asam jawa memiliki perbedaan nyata tiap variasi. Dosis 1500 mg/l memiliki perbedaan nyata dengan dosis 1200 mg/l. Dosis 1200 mg/l juga memiliki perbedaan nyata dengan variasi dosis-dosis berikutnya. Semakin besar notasi huruf menandakan semakin besar nilai COD. Analisis menunjukkan bahwa dosis 1500 mg/l merupakan dosis optimal dalam menurunkan nilai COD.

4.3.7 Keterkaitan antar Parameter Limbah Cair Industri Tempe

Hasil analisis pengaruh kadar asam jawa (*Tamarindus indica*) terhadap karakteristik limbah cair industri tempe menggunakan metode elektrokoagulasi telah dipaparkan sebelumnya melalui grafik dan tabel. Kemudian semua grafik dari masing-masing parameter yang telah dibuat dijadikan satu untuk mengetahui keterkaitan parameter satu sama lain sebagai berikut :



Gambar 4.11 Hubungan Variasi Dosis Biji Asam Jawa Terhadap Masing-Masing Parameter Limbah Cair Industri Tempe

Grafik dari semua parameter digabungkan lalu dibuat regresi linear untuk mengetahui seberapa kuat keterkaitan dan hubungan tiap parameter. Berdasarkan gambar 4.16 menunjukkan bahwa terdapat keterkaitan antar parameter limbah cair industri tempe. Plot linear yang terbentuk menunjukkan efisiensi perlakuan. Plot yang meninggi menandakan efisiensi yang semakin tinggi sedangkan plot yang menurun menandakan efisiensi yang semakin rendah. Dari grafik diatas, diketahui bahwa nilai BOD, COD, dan Amonia mempunyai keterkaitan. Grafik ketiga parameter tersebut menunjukkan semakin banyak dosis biji asam jawa diberikan saat elektrokoagulasi maka efisiensinya semakin baik. Berbeda hal dengan nilai TSS dan TDS pada grafik tersebut. Kedua parameter menunjukkan bahwa semakin banyak dosis biji asam jawa yang diberikan saat elektrokoagulasi maka efisiensi semakin menurun. Grafik nilai pH tidak mengalami kenaikan yang signifikan dan

hal ini dapat diasumsikan bahwa serbuk biji asam jawa tidak punya pengaruh berarti pada efisiensi elektrokoagulasi.

4.4 Pembahasan

4.4.1 Proses Elektrokoagulasi pada Pengolahan Limbah Cair Tempe

Elektrokoagulasi atau *electrocoagulation* diambil dari dua kosa kata Inggris yakni, *electro* yang berarti energi listrik sedangkan *coagulation* memiliki definisi Proses destabilisasi partikel koloid dengan menambahkan senyawa kimia yang disebut koagulan. Oleh karena itu, secara harfiah dapat diartikan bahwa elektrokoagulasi adalah suatu proses koagulasi yang menggunakan energi listrik. Elektrokoagulasi menggunakan reaksi elektrokimia melalui proses elektrolisis, yaitu penguraian suatu elektrolit dimana ion positif (kation) berpindah ke katoda dan menerima elektron pereduksi dan ion negatif (anion) berpindah ke anoda dan melepaskan elektron untuk dioksidasi. (Wayne, 1997).

Penelitian ini memakai sepasang elektroda alumunium. Alumunium digunakan sebagai elektroda karena mempunyai konduktivitas tinggi sehingga dianggap bagus untuk menghantarkan listrik dalam proses elektrokoagulasi (Yulianto, 2009). Tegangan listrik pada penelitian adalah 12 Volt sebagai tegangan optimum yang merujuk pada penelitian Fitria (2021) tentang elektrolisis senyawa organik pada limbah cair tempe. Waktu kontak pada penelitian adalah 60 menit sebagai waktu optimum yang merujuk pada penelitian Lestari (2018) tentang penurunan COD pada limbah tempe. Sedangkan untuk plat alumunium berukuran 8x12 cm dan jarak antar elektrodanya 3 cm. Luas plat yang dipakai adalah luas permukaan maksimal menyesuaikan dengan diameter gelas beker sebagai wadah reaktor elektrokoagulasi karena luas permukaan elektroda

mempengaruhi persentase penyisihan berdasarkan penelitian Nuryadin (2021). Jarak antar elektroda yang diterapkan didasari penelitian Prayitno (2016) yang menyatakan bahwa jika jarak antar elektroda semakin dekat, maka tegangan yang dibutuhkan dalam rapat arus yang sama semakin kecil namun mempercepat terbentuknya lubang retakan akibat gelembung gas yang menyebabkan efisiensi elektrolisis menurun.

Besarnya tegangan yang dipakai dalam proses elektrokoagulasi mempengaruhi penyisihan endapan limbah. Penelitian Daulay (2021) menyatakan bahwa tegangan listrik menjadi faktor yang mendukung terhadap proses penjernihan limbah cair kelapa sawit menggunakan metode elektrokoagulasi. Namun jika tegangan yang diberikan semakin besar supaya hasil semakin baik ternyata itu masih menjadi masalah tersendiri bagi reaktor elektrokoagulasi. Semakin tingginya tegangan yang dipakai berarti energi yang dipakai juga meningkat sehingga mempengaruhi efisiensi biaya yang dikeluarkan dalam pengoperasian metode elektrokoagulasi untuk mengolah limbah.

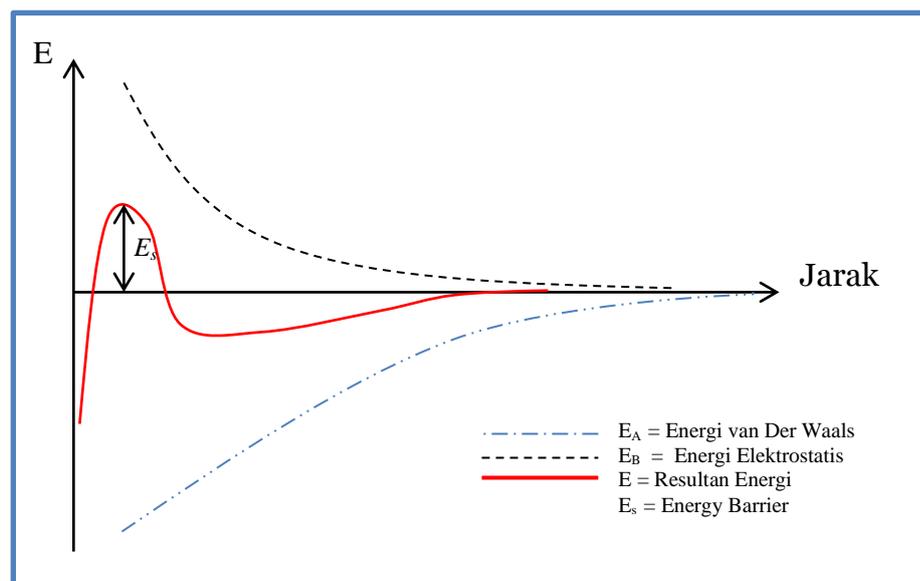
Beberapa kekurangan metode elektrokoagulasi juga perlu dievaluasi seperti terbentuknya lapisan pada katoda yang dapat mengurangi efisiensi elektrokoagulasi. Lalu dalam penanganan limbah tertentu dibutuhkan konduktivitas yang tinggi. Serta beberapa kasus terlarutnya *gelatinous hydroxide* sehingga membuat limbah kembali keruh (Vaujiah, 2018). Oleh karena itu diperlukan penambahan zat tertentu untuk mengatasi kekurangan tersebut.

4.4.2 Biji Asam Jawa Sebagai Biokoagulan

Koloid memiliki ukuran tertentu sehingga gaya tarik menarik antar molekul lebih kecil dibandingkan gaya tolak menolak yang ditimbulkan oleh

muatan listrik. Dalam keadaan stabil seperti ini, tidak terjadi penggumpalan partikel dan gerak *Brown* menyebabkan partikel tetap berada dalam suspensi. Melalui proses koagulasi terjadi proses destabilisasi, sehingga partikel-partikel koloid bergabung dan menjadi berukuran besar. Dengan cara ini, molekul koloid yang awalnya sulit dipisahkan dari air, setelah melalui proses koagulasi, akan menjadi kumpulan molekul yang lebih besar yang lebih mudah dipisahkan. (Said, 2017)

Limbah cair tempe mengandung suspensi koloid yang pekat, dalam hal ini terdapat dua buah gaya yang bekerja pada partikel suspensi tersebut, yakni gaya tarik-menarik antar partikel atau disebut gaya van der Waals (E_A) dan gaya tolak menolak atau disebut gaya elektrostatis (E_B). Keseimbangan suspensi koloid bergantung kepada keseimbangan antara kedua gaya tarik-menarik dan gaya tolak menolak tersebut. Ilustrasi tentang stabilitas suspensi dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.17 Stabilitas Suspensi Koloid (sumber : Said, 2017)

Gaya Van der Waals berkaitan erat dengan struktur dan bentuk koloid serta jenis mediumnya, sedangkan gaya elektrostatik berkaitan dengan muatan listrik pada permukaan partikel koloid, dan tingkat energinya adalah $E = (E_A + E_b)$. Gambar 4.17 menjelaskan bahwa untuk mengendapkan partikel suspensi koloid perlu mengatasi penghalang energi (*energy barrier*). Untuk mencapai hal tersebut, untuk membantu koagulasi koloid, perlu dilakukan pengurangan gaya tolak elektrostatik dan hal ini dilakukan dengan proses koagulasi (Said, 2017)

Asam jawa (*Tamarindus indica*) mampu berperan sebagai koagulan alami dalam proses pengolahan air limbah. Bijinya yang sering dibuang dapat dimanfaatkan sebagai koagulan dalam bentuk serbuk. Biji asam jawa mengandung pati sebagai polisakarida alami dan tanin yang merupakan salah satu senyawa metabolit sekunder. Kandungan tersebut menjadikan biji asam jawa penuh dengan senyawa polielektrolit. Polielektrolit adalah polimer yang membawa muatan positif atau negatif dari gugus terionisasi. Dalam pelarut polar seperti air, gugus-gugus ini dapat berdisosiasi, meninggalkan muatan polimernya dan melepaskan ion-ion berlawanan ke dalam larutan. Peningkatan konsentrasi polielektrolit akan menurunkan kestabilan koloid dan menurunkan gaya tolak menolak antarmolekul sehingga mendukung proses sedimentasi.

Pemilihan biji asam jawa sebagai koagulan tambahan dalam proses elektrokoagulasi berdasarkan penelitian Silfia (2023) tentang perbandingan kemampuan koagulasi empat jenis kacang dari family *fabaceae*. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa biji asam jawa lebih unggul dalam efisiensi waktu koagulasi daripada 3 jenis biji lainnya yakni biji kelor, biji kacang babi, dan biji kacang merah. Biokoagulan asam jawa sudah banyak digunakan dalam beberapa

penelitian pengolahan limbah cair termasuk limbah tempe namun masih ada kelemahan pada limbah yang telah diolah yaitu kadar COD yang berkurang sesaat setelah proses koagulasi namun meningkat seiring waktu sehingga mendukung pembusukan organik di dalamnya (Agustini, 2021). Sehingga perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh penambahan serbuk asam jawa pada saat proses elektrokoagulasi terhadap karakteristik limbah cair tempe.

4.4.3 Pengaruh Penambahan Biji Asam Jawa Saat Elektrokoagulasi terhadap pH Limbah Cair Industri Tempe

pH merupakan satu dari empat parameter utama untuk menentukan kualitas limbah cair tempe. Penurunan pH pada limbah cair tempe disebabkan oleh adanya pertumbuhan bakteri asam laktat selama proses perendaman (Suhaidi, 2003). Limbah cair tempe yang bersifat asam akan merubah pH di suatu perairan sehingga mempengaruhi proses fisika, kimia atau biologi organisme yang hidup di dalamnya. pH diasumsikan sangat mempengaruhi toksisitas polutan dan kelarutan banyak gas, selain menentukan bentuk zat dalam air. Oleh karena itu diperlukan teknik pengolahan limbah agar tingkat keasaman limbah cair tempe berkurang.

Elektrokoagulasi berpengaruh terhadap pH limbah cair tempe. Pada saat diberi tegangan 12 volt selama 60 menit terdapat perubahan pH dari kondisi awal sampel kontrol yakni dari pH 4,3 ke pH 5. Kenaikan pH tersebut disebabkan karena pada katoda eletroda alumunium terjadi proses reduksi yang mengakibatkan larutan limbah menghasilkan ion hidrogen dan ion hidroksida sehingga akan membentuk air. (Yolanda, 2015) dimana ion H^+ dari limbah tempe yang asam akan tereduksi menjadi gas hidrogen yang akan bebas sebagai

gelembung-gelembung gas sedangkan Ion OH⁻ dari basa akan mengalami oksidasi membentuk gas oksigen (O₂).

Perubahan pH limbah cair tempe yang tidak signifikan ditunjukkan saat penambahan biokoagulan asam jawa sesuai dengan pemberian dosis yang divariasikan saat proses elektrokoagulasi. Grafik menunjukkan tren kenaikan yang tidak begitu signifikan. Kemungkinan hal tersebut terjadi karena kandungan tanin biji asam jawa yang tidak memberikan dampak karena tanin sendiri bersifat asam dengan pH 4-6. Namun data yang didapat menunjukkan jika limbah cair tempe masih dalam kisaran pH ±5. Hal ini kemungkinan disebabkan karena tanin pada biji asam jawa dapat mengacaukan permeabilitas sel dan membran sel bakteri asam laktat. Akibatnya bakteri tersebut tidak dapat melakukan aktivitas dan pertumbuhannya menjadi terhambat dengan demikian keasaman limbah cair tempe berkurang disamping pengaruh elektrokoagulasi (Robin, 2014).

Pengecualian saat pemberian dosis 900 mg/l , pH mengalami penurunan menjadi 4,8. Kemungkinan ini terjadi karena adanya pencemaran elektroda yakni kondisi dimana plat elektroda tertutup oleh lapisan organik atau mineral. Menurut Yi Mao (2023), kontaminan pada *sacrifical anode* dapat menghambat transfer muatan listrik dan mengurangi kemampuan elektroda untuk menghasilkan koagulan (Al⁺³). Dengan kurangnya efektivitas pada elektrokoagulasi menyebabkan polutan senyawa organik tidak terkoagulasi secara sempurna.

4.4.4 Pengaruh Penambahan Biji Asam Jawa Saat Elektrokoagulasi terhadap *Total Dissolved Solid* Limbah Cair Industri Tempe

Total Dissolved Solid(TDS) menggambarkan padatan terlarut yang ada dalam perairan. TDS juga merupakan parameter pendukung yang dapat digunakan

untuk menentukan kualitas limbah yang akan diuji. Kandungan TDS mencakup zat terlarut baik zat organik, anorganik, atau material lainnya dengan diameter 10^{-3} μm (Mukhtasor, 2007). TDS pada limbah cair tempe dapat berasal dari kandungan air rebusan atau air rendaman yang mengandung ion-ion anorganik ataupun organik yang terlarut baik berasal dari kedelai itu sendiri maupun sumber air yang digunakan misalkan sumur. Duffy (2014) menyebutkan bahwa TDS yang berlebihan menyebabkan terganggunya fertilitas ikan salmon disertai dengan pengaruh jangka panjang pada pertumbuhan dan perkembangannya. Menurut Fendriani (2020), Elektrokoagulasi mampu menurunkan nilai TDS limbah cair batik. Sedangkan menurut Mahardiko (2019), serbuk asam jawa juga berpengaruh terhadap penurunan nilai TDS pada limbah tahu.

Penambahan serbuk biji asam jawa saat elektrokoagulasi mempunyai pengaruh terhadap terhadap nilai TDS limbah cair tempe. Pada saat perlakuan elektrokoagulasi tanpa penambahan serbuk biji asam jawa menunjukkan adanya perubahan pada nilai TDS. Kondisi awal limbah memiliki nilai TDS sebesar 1013,66 mg/l kemudian setelah diberi elektrokoagulasi menurun menjadi 715,33 mg/l. Penurunan ini terjadi disebabkan karena reaksi elektrokimia pada limbah yang diberi elektrokoagulasi. Anoda aluminium yang digunakan teroksidasi sehingga membentuk flok-flok yang mengikat polutan pada limbah. Padatan terlarut pun ikut terikat bersama dengan flok dan mengambang di permukaan.

Pada saat serbuk asam jawa ditambahkan proses elektrokoagulasi, nilai TDS menunjukkan nilai peningkatan. Semakin banyak dosis serbuk biji asam jawa yang diberikan maka nilai TDS semakin tinggi. Berdasarkan pengamatan di lapangan, hal ini bisa terjadi karena biji serbuk asam jawa meningkatkan

kejenuhan pada limbah cair tempe yang dielektrokoagulasi sehingga membuat sebagian besar partikel-partikel halus biji asam jawa ikut menempel pada flok alumunium hidroksida yang terbentuk.

Penerapan biokoagulasi asam jawa biasanya dilakukan dengan melakukan pengadukan lambat atau flokuasi dengan waktu yang agak lama setelah pencampuran dengan air limbah. Proses ini memberikan waktu untuk senyawa polielektrolit dalam biji asam jawa untuk mengikat polutan padatan terlarut yang ada di mineral. Namun dalam penelitian ini, proses flokuasi diganti dengan elektrokoagulasi. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa serbuk asam jawa tidak membawa pengaruh baik pada kinerja elektrokoagulasi. Peningkatan nilai TDS seiring peningkatan pemberian dosis serbuk asam jawa disebabkan karena kandungan senyawa ionik-ionik yang belum bekerja sempurna. Diketahui serbuk biji asam mengandung senyawa polielektrolit seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} (David, 1991). Senyawa-senyawa tersebut meningkatkan nilai konduktivitas air yang mana juga meningkatkan nilai TDS air limbah. Menurut Irwan (2016), konduktivitas memiliki hubungan dengan TDS suatu perairan, semakin tinggi nilai konduktivitas maka nilai TDS juga semakin tinggi.

4.4.5 Pengaruh Penambahan Biji Asam Jawa Saat Elektrokoagulasi terhadap *Total Suspended Solid* Limbah Cair Industri Tempe

Total Suspended Solid (TSS) adalah parameter yang dipakai dalam baku mutu limbah usaha tempe. TSS adalah zat tersuspensi yang menyebabkan kekeruhan pada air dan terdiri dari tanah liat, pasir halus dan mikroorganisme yang terutama disebabkan oleh erosi atau abrasi tanah yang dibawa oleh badan air (Effendi, 2003). Tingginya TSS menandakan pencemaran yang tinggi pada

perairan. TSS limbah cair tempe berasal dari endapan organik hasil perendaman atau perebusan kedelai. Menurut Gustiana(2020), elektrokoagulasi dapat menurunkan nilai TSS limbah cair tempe. Sedangkan Nilasari (2020) melakukan penelitian bahwa koagulasi dengan serbuk biji asam jawa berpengaruh terhadap penurunan nilai TSS limbah cair batik.

Penambahan serbuk biji asam jawa saat elektrokoagulasi terhadap kandungan TSS limbah cair tempe memiliki pengaruh yang berubah-ubah. Data yang dihasilkan menunjukkan grafik yang fluktuatif. Pada saat perlakuan pertama, limbah cair tempe diberi perlakuan elektrokoagulasi dengan dosis asam jawa 0 mg/l terlihat perubahan kandungan TSS dari kondisi awal yakni 3117,6 mg/l mengalami penurunan menjadi 2049,6 mg/l. Penurunan TSS ini disebabkan karena terbentuknya endapan-endapan dan flok-flok yang mengapung (*flotation*), hal ini sebagai indikasi bahwa ion-ion Al^{+3} mengikat polutan atau pengotor sangat efektif (Harsanti, 2010). Kemudian saat penambahan serbuk biji asam jawa sesuai variasi dosis yang ditentukan, terdapat perubahan yang fluktuatif seiring meningkatnya dosis. Pada saat dosis serbuk asam 600 mg/l, nilai TSS menurun dari perlakuannya sebelumnya. Hal ini mungkin terjadi karena kandungan senyawa polielektrolit pada serbuk asam jawa yang ikut mendorong aglomerasi polutan dalam limbah cair tempe.

Pada saat pemberian dosis 900 mg/l , terjadi peningkatan kembali kandungan TSS yang sangat besar, kemungkinan ini terjadi karena adanya pencemaran elektroda yakni kondisi dimana plat elektroda tertutup oleh lapisan organik atau mineral. Menurut Yi Mao (2023), kontaminan pada *sacrifical anode* dapat menghambat transfer muatan listrik dan mengurangi kemampuan elektroda

untuk menghasilkan koagulan (Al^{+3}). Kemungkinan kedua karena *sacrifical anode* yang mulai korosi karena oksidasi terus-menerus sehingga mempengaruhi efisiensi pembentukan flok. Yi Mao (2023) juga menjelaskan seiring waktu, elektroda dalam sistem elektrokoagulasi mengalami keausan sehingga mengurangi efisiensi koagulasi dan memengaruhi kualitas limbah. Akan tetapi pada prosesnya, korosi pada plat aluminium belum menjadi sebab utama dalam pengurangan efisiensi koagulasi karena eksistensi senyawa tanin pada biji asam jawa berpengaruh terhadap laju korosi aluminium. Senyawa tanin sebagai inhibitor alami pada kasus korosi menyebabkan penurunan laju korosi seiring peningkatan dosis tanin yang diberikan. Hal ini diperjelas dalam penelitian Wibowo (2020) kandungan tanin pada daun teh hijau berpengaruh pada pengurangan laju korosi logam aluminium.

Penurunan nilai TSS terjadi lagi seiring peningkatan dosis serbuk yang diberikan yakni pada dosis 1200 mg/l sebesar 1840 mg/l. Hal ini bisa terjadi karena pada saat perlakuan, kontaminan sempat dibersihkan pada plat aluminium yang bertindak sebagai anoda. Kemudian pada dosis 1500 mg/l, kadar TSS kembali naik menjadi 2221 mg/l dimana hal ini kemungkinan disebabkan kinerja serbuk biji asam jawa yang belum mampu membentuk flok secara optimum. Penurunan nilai TSS dengan penambahan serbuk asam jawa memberi pengaruh yang fluktuatif. Namun dapat diasumsikan bahwa penambahan serbuk asam jawa kemungkinan juga memberikan pengaruh yang positif dalam penerapannya. Hal ini bisa diketahui asam jawa yang bermuatan positif mengandung senyawa polielektrolit seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} . Maka gaya elektrostatis akan terjadi antara

senyawa polielektrolit milik biji asam jawa dengan air limbah tempe yang bermuatan negatif (David, 1991).

Sama halnya yang terjadi pada nilai TDS limbah, penerapan biokoagulasi asam jawa biasanya dilakukan dengan melakukan pengadukan lambat atau flokuasi dengan waktu yang agak lama setelah pencampuran dengan air limbah. Proses ini memberikan waktu untuk senyawa polielektrolit dalam biji asam jawa untuk mengikat polutan padatan terlarut yang ada di mineral. Namun proses flokuasi selama koagulasi pada penelitian ini belum diterapkan. Gary (2013) meneliti bahwa pengadukan lambat atau flokulasi berpengaruh terhadap efektivitas koagulasi asam jawa dengan lama pengadukan selama 45 menit dan kecepatan 80 rpm. Sehingga penambahan proses pengadukan atau flokuasi dapat dijadikan saran untuk penelitian selanjutnya agar hasil yang didapatkan semakin baik.

4.4.6 Pengaruh Penambahan Biji Asam Jawa Saat Elektrokoagulasi terhadap *Biological Oxygen Demand* Limbah Cair Industri Tempe

Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan parameter yang sering dipakai untuk menentukan kualitas dari limbah organik. Kandungan BOD pada limbah cair tempe disebabkan oleh banyaknya senyawa organik yang terkandung pada limbah yang berasal dari air perebusan dan perendaman kacang kedelai. BOD menjelaskan jumlah bahan organik yang dapat terurai di lingkungan perairan. Semakin banyak bahan organik di dalam air, semakin banyak pula mikroorganisme yang dapat ditampungnya, sehingga meningkatkan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik tersebut. Semakin tinggi nilai BOD, semakin tercemar perairan tersebut karena proses penguraian

bahan organik akan memerlukan lebih banyak oksigen terlarut. Menurut Amri (2020), elektrokoagulasi dapat menurunkan kandungan BOD pada limbah tahu. Sedangkan menurut Afrianisa (2021), biji asam jawa sebagai biokoagulan juga dapat menurunkan kandungan BOD pada limbah perikanan.

Penelitian ini mengkombinasikan proses elektrokoagulasi dengan biokoagulasi dengan biji asam jawa. Data hasil menunjukkan pada saat elektrokoagulasi tanpa penambahan biji asam jawa, kandungan BOD limbah berubah dari kondisi awal 1810 mg/l menjadi 1320 mg/l. Penurunan BOD ini terjadi karena adanya proses oksidasi plat alumunium sebagai elektroda yang menghasilkan ion Al^{3+} yang bertindak sebagai koagulan yang mengikat kontaminan. Limbah akan menjadi lebih jernih dari sebelumnya sehingga senyawa organik yang tersisa pada sampah akan lebih mudah terurai oleh mikroorganisme (Setianingrum et al, 2016).

Perlakuan penambahan biokoagulan asam jawa pada proses elektrokoagulasi berpengaruh terhadap kandungan BOD limbah cair tempe. Penurunan kandungan BOD terjadi seiring penambahan dosis serbuk asam jawa sebagai biokoagulan tambahan. Penurunan tertinggi didapat saat pemberian dosis serbuk asam jawa 1500 mg/l dengan efisiensi penurunan mencapai 35,75 %. Penurunan kadar BOD dengan kombinasi elektrokoagulasi-biokoagulasi dengan asam jawa bisa terjadi karena selain elektroda alumunium yang menghasilkan kinerja Al^{3+} sebagai koagulan namun juga didukung oleh kinerja serbuk biji asam jawa yang mengandung senyawa polielektrolit seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} . Maka gaya elektrostatik akan terjadi antara senyawa polielektrolit milik biji asam jawa dengan air limbah tempe yang yang bermuatan negatif (David, 1991). Selain itu

terdapat kandungan tanin pada biji asam jawa yang mampu mengendapkan protein dalam larutan limbah cair tempe. Tanin juga berguna untuk menghambat pertumbuhan mikroba yaitu dengan cara menghambat kerja enzim seperti selulosa, pektinase, peroksida oksidatif dan lain-lain (Utami, 2005). Dengan begitu senyawa organik yang terlarut berkurang dan mengendap bersama dengan flok sehingga kadar BOD berkurang dan pencemaran air dapat teratasi.

4.4.7 Pengaruh Penambahan Biji Asam Jawa Saat Elektrokoagulasi terhadap *Chemical Oxygen Demand* Limbah Cair Industri Tempe

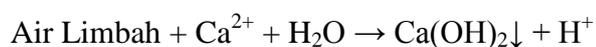
Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan parameter yang sering dipakai untuk menentukan kualitas limbah. Seperti halnya BOD, COD mengindikasikan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk proses oksidasi secara kimiawi bahan organik didalam air. Kandungan COD pada limbah cair tempe dapat disebabkan kandungan organik seperti protein, karbohidrat dan lemak. Dalam banyak hal, munculnya polutan organik menyebabkan penurunan konsentrasi oksigen terlarut. Menurut Purnama(2016), pada air yang tercemar bahan organik dalam jumlah besar, kebutuhan oksigen untuk proses dekomposisi lebih besar dibandingkan dengan jumlah oksigen yang dimasukkan ke dalam air, sehingga kandungan oksigen terlarut sangat rendah. Hal ini mengganggu keseimbangan ekologi secara keseluruhan dan dapat menyebabkan kematian ikan dan organisme air lainnya.

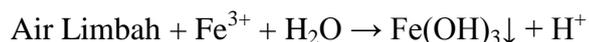
Kombinasi perlakuan penambahan biokoagulan saat elektrokoagulasi memberikan pengaruh terhadap kadar COD limbah cair tempe. Hal ini dapat dibuktikan dari data yang telah dipaparkan. Pada saat perlakuan elektrokoagulasi tanpa penambahan serbuk biji asam jawa, kadar COD mengalami perubahan dari

kondisi awal yakni 4388,6 mg/l menjadi 3573,3 mg/l. Perubahan kandungan COD saat elektrokoagulasi dapat terjadi karena proses oksidasi dan reduksi pada elektroda yang dipakai dalam proses elektrokoagulasi. Anoda aluminium akan menghasilkan ion Al^{3+} yang bertindak sebagai koagulan yang mengikat polutan-polutan menjadi flok-flok yang mengendap. Koagulan memiliki ion positif akan menarik ion negatif pada limbah seperti senyawa-senyawa organik dan membentuk flok yang membantu proses penurunan COD (Amri, 2020).

Konsentrasi COD mengalami penurunan seiring pemberian serbuk asam jawa dengan dosis yang divariasikan saat proses elektrokoagulasi. Perlakuan terbaik dihasilkan oleh dosis serbuk asam jawa 1500 mg/l dengan efisiensi mencapai 26,76%. Penambahan dosis koagulan biji asam jawa pada proses elektrokoagulasi memiliki pengaruh terhadap kandungan COD limbah cair tempe. Menurut Agustini (2021), menurunnya kadar COD pada limbah industri tempe disebabkan oleh adanya beberapa senyawa yang terdapat pada biji asam jawa seperti mucilage dan albuminoid. Getah merupakan senyawa polimer karbon hidroksi yang dihasilkan dari koloid. Albuminoid adalah nama umum untuk sekelompok protein berbentuk larutan koloid yang berperan sebagai pengikat pada keracunan garam merkuri (Rosyidah, 2008).

Selain senyawa tersebut, biji asam jawa juga mengandung ion-ion logam yang bersifat polielektrolit seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} dan Fe^{3+} . Sedangkan limbah cair industry tempe mengandung senyawa-senyawa NH_3 , NO, C, H, O, S, dan P (David, 1991). Sehingga dari kandungan keduanya memungkinkan reaksi kimia sebagai berikut :





Reaksi diatas menjelaskan bahwa senyawa-senyawa organik pada air limbah bermuatan negative akan berikatan dengan polielektrolit yang ada dalam biji asam jawa. Flok-flok akan terbentuk seiring waktu dan saling bertubrukan karena gaya tarik-menarik muatan dalam senyawa. (Vanysek, 2009).

Proses penyisihan COD juga dibantu oleh proses flotasi (pengapungan) oleh elektrokoagulasi. Proses flotasi disebabkan buih-buih dan gas yang terbentuk akibat reaksi redoks pada elektrokoagulasi. Salah satu gas yang dihasilkan adalah gas oksigen yang dibentuk dari oksidasi limbah cair yang asam. Sedangkan faktor yang sangat berperan dalam penurunan konsentrasi COD adalah suplai oksigen (Alaerts dan Santika, 1987).

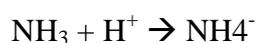
4.4.8 Pengaruh Penambahan Biji Asam Jawa Saat Elektrokoagulasi terhadap Kadar Amonia Limbah Cair Industri Tempe

Limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan tempe termasuk ke dalam biodegradable waste, yaitu limbah atau sampah yang dapat dimusnahkan oleh mikroorganisme. Senyawa organik yang terkandung di dalamnya akan didekomposisi oleh bakteri, meskipun prosesnya lambat dan seringkali disertai dengan keluarnya bau yang tidak sedap. Amonia merupakan produk senyawa yang dihasilkan dari penguraian zat organik. Amonia yang terukur dalam perairan berupa amonia bebas (NH_3N). Amonia bebas bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Toksisitas amonia akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut (Harahap, 2013) , Menurut Tyas (2021), terdapat pengaruh dari proses elektrokoagulasi terhadap limbah cair pembekuan udang yang menyebabkan kadar amonia menurun.

Penambahan serbuk biji asam jawa pada proses elektrokoagulasi memiliki pengaruh terhadap kadar amonia pada limbah cair tempe. Kondisi awal limbah mempunyai kadar amonia sejumlah 0,1466 mg/l. Konsentrasi amoniak sebesar 0,037 mg / l sudah mampu memunculkan bau amoniak yang menyengat. Pada sebagian besar nitrogen organik dalam limbah domestic akan diubah menjadi amoniak pada pembusukan anaerobik dan menjadi nitrat atau nitrit pada pembusukan aerob (Mahida, 1986). Pada saat perlakuan elektrokoagulasi tanpa penambahan biji serbuk asam jawa, kadar amonia mengalami penurunan dari kondisi semula. Hal ini dapat disebabkan karena pengaruh reaksi redoks pada elektroda elektrokoagulasi. Elektroda alumunium yang bertindak sebagai anoda teroksidasi sehingga menimbulkan reaksi :



Kemudian terjadi proses protonasi, dimana ion hidrogen yang bermuatan positif berikatan dengan atom nitrogen yang negative pada molekul amonia. Ikatan ini juga dapat disebut ikatan hidrogen karena atom N memiliki nilai keelektronegatifan yang tinggi (Chang, 2003). Lalu menimbulkan reaksi sebagai berikut :



Dari reaksi tersebut amonia yang bersifat toksik tereduksi menjadi ion amonium yang sudah terionisasi sehingga tidak bersifat beracun. Amonium yang sudah terbentuk akan mengalami nitrifikasi sehingga lebih mudah diurai oleh mikroorganisme.

Grafik penambahan serbuk asam jawa terhadap kadar amonia menunjukkan tren penurunan seiring meningkatnya dosis yang dipakai. Dosis optimum yang berpengaruh pada kadar amonia dalam limbah cair tempe adalah 1500 mg/l yang

mampu menurunkan kadar amonia hingga 0,0358 mg/l dengan efisiensi mencapai 64,46 %. Penurunan kadar amonia terjadi karena tanin dalam biji asam jawa dapat mengikat protein dalam limbah cair tempe sehingga protein dalam limbah cair tempe tidak seluruhnya terdegradasi oleh mikroba yang pada akhirnya menurunkan konsentrasi amonia (Sadan, 2021). Tanin juga bersifat antimikroba dengan cara menghambat kerja enzim seperti selulosa, pektinase, peroksida oksidatif dan lain-lain (Utami, 2005). Sehingga aktivitas mikroba yang terganggu akan mengurangi produksi amonia oleh biji asam jawa yang ditambahkan pada proses elektrokoagulasi. Dapat disimpulkan bahwa kinerja elektrokoagulasi terhadap penurunan amonia dalam limbah cair tempe dapat ditingkatkan dengan penambahan serbuk asam jawa.

4.5 Perbandingan dengan Standar Baku Mutu Limbah Usaha Tempe

Hasil penelitian yang telah dilakukan kemudian dibandingkan dengan standar baku mutu limbah usaha tempe untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari penelitian dengan tabel sebagai berikut :

Tabel 4.20 Perbandingan Baku Mutu Limbah dengan Hasil Penelitian

No	Parameter	Sebelum perlakuan (Hanya Elektrokoagulasi)	Hasil Penelitian (Setelah Penambahan Biji Asam Jawa)	Dosis Biji Asam jawa	Efisiensi
1	BOD	1320 mg/l	847,8 mg/l	1500 mg/l	35,75%
2	COD	3510 mg/l	2616,6 mg/l	1500 mg/l	26,76%
3	TSS	2181,28 mg/l	1783,3 mg/l	600 mg/l	17,39%
4	pH	5	5,2	1500 mg/l	3,35%
5	Amonia	0,1009 mg/l	0,0358 mg/l	1500 mg/l	64,46%
6	TDS	713,66 mg/l	715,3 mg/l	0 mg/l	0%

Berdasarkan tabel 4.20 dapat dipahami bahwa terdapat perbedaan dalam implikasi penambahan serbuk asam jawa terhadap karakteristik limbah cair tempe menggunakan metode elektrokoagulasi. Untuk parameter BOD, perlakuan terbaik terjadi pada dosis maksimum asam jawa yakni 1500 mg/l dengan efisiensi sebesar 35,75 % namun kadar BOD masih diatas ambang batas baku mutu limbah. Untuk parameter COD, perlakuan terbaik terjadi pada dosis maksimum asam jawa yakni 1500 mg/l dengan efisiensi sebesar 26,76% namun kadar COD masih diatas standar baku mutu limbah yang ditetapkan. Untuk kadar TSS, perlakuan terbaik terjadi pada dosis asam jawa 600 mg/l dengan efisiensi sebesar 17,39%, tetapi kadar TSS masih diatas standar baku mutu limbah. Untuk nilai pH, perlakuan terbaik terjadi pada dosis maksimum asam jawa yakni 1500 mg/l dengan efisiensi sebesar 3,35%, tetapi pH tersebut masih belum sesuai dengan standar baku mutu limbah yang ditetapkan. Untuk kadar amonia, perlakuan terbaik terjadi kepada pada dosis maksimum asam jawa yakni 1500 mg/l dengan efisiensi sebesar 64,46%. Kadar amonia limbah cair tempe sebelum diberi perlakuan sudah memenuhi standar baku mutu dan setelah diberi perlakuan nilainya semakin rendah dan ini menunjukkan bahwa limbah cair tempe semakin baik. Terakhir untuk nilai TDS, perlakuan terbaik terjadi pada dosis asam jawa 0 mg/l dengan efisiensi sebesar 0 % dan nilai tersebut sudah sesuai dengan standar baku mutu limbah usaha tempe sehingga aman di lingkungan. Nilai TDS sebelum perlakuan juga masih sesuai dengan standar baku sehingga masih bisa ditolerir oleh lingkungan.

Dari keenam parameter tersebut, pengaruh signifikan terjadi pada parameter COD, TDS, BOD, TSS dan amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$). Sedangkan untuk

parameter pH, penambahan serbuk asam jawa pada elektrokoagulasi memberikan pengaruh yang tidak signifikan. Penelitian kemudian dibandingkan dengan penelitian Cundari (2022) melakukan penelitian tentang pengolahan limbah cair tempe membuktikan bahwa menggabungkan metode elektrokoagulasi-koagulasi PAC dapat menurunkan turbiditas limbah hingga 93%.

4.6 Hasil Analisis Penelitian yang Terintegrasi dengan Al-Qur'an

Penelitian analisis pengaruh kadar asam jawa (*Tamarindus indica*) terhadap karakteristik limbah cair industri tempe menggunakan elektrokoagulasi mempunyai kesesuaian dengan al-Qur'an sebagai sumber ilmu pengetahuan. Asam jawa (*Tamarindus indica*) sebagai objek penelitian adalah tumbuhan khas daerah tropis yang banyak dimanfaatkan manusia. Selain digunakan sebagai bumbu masakan, asam jawa juga dapat digunakan sebagai koagulan alami dalam pengolahan limbah, khususnya biji-bijian. Biji asam jawa mengandung tanin dan polimer alami seperti albumin, pati, dan getah yang dapat menggumpalkan molekul organik (Agustini, 2019). Kehadiran koagulan ini dapat meningkatkan kualitas air limbah menjadi lebih baik. Terkait dengan hal tersebut, biji asam jawa merupakan salah satu dari sekian banyak tanaman ciptaan Allah sebagaimana firman Allah dalam Asy-Syu'ara : 7

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ (الشعراء : ٧)

Artinya: *Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?* (Asy-Syu'ara : 7)

Dalam Tafsir al-Mishbah, Quraish Shihab menjelaskan bahwa makna keseluruhan dari ayat tersebut merupakan penegasan tentang keesaan Allah swt. Aneka tumbuhan yang terhampar di permukaan bumi sedemikian banyak dan

bermanfaat dan berbeda-beda jenis rasa warna, itu semua tidak mungkin tercipta dengan sendirinya, pasti ada Penciptanya Yang Maha Esa lagi Maha Kuasa (Shihab, 2002). Biji asam jawa yang digunakan sebagai biokoagulan juga merupakan bukti kekuasaan Allah swt yang diperuntukkan untuk kemaslahatan manusia di bumi.

Biji asam jawa yang dianggap tidak memiliki nilai ekonomis untuk dijual ternyata dapat dimanfaatkan sebagai koagulan tambahan dalam pengolahan limbah. Menurut penelitian Silfia (2023), biji asam jawa lebih unggul dalam efisiensi waktu dalam proses koagulasi limbah cair domestik daripada 3 jenis biji lainnya yakni biji kelor, biji kacang babi, dan biji kacang merah. Sehingga diasumsikan penambahan serbuk biji asam jawa pada proses elektrokoagulasi dapat memberi pengaruh terhadap karakteristik limbah yang diolah. Listrik sebagai energi utama yang dipakai dalam proses elektrokoagulasi merupakan fenomena alam yang memberikan dampak positif dalam kehidupan manusia modern. Biji asam jawa sebagai komponen biotik dan listrik sebagai komponen abiotik yang mengisi alam dunia ini merupakan ciptaan Allah swt. Semua ciptaan-Nya tidak akan sia-sia apabila direnungkan dan diperhatikan secara baik secara baik baik sebagaimana firman Allah swt dalam surah Yunus ayat 101 :

قُلْ انظُرُوا مَاذَا فِي السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَمَا تُغْنِي الْآيَاتُ وَالنُّذُرُ عَنْ قَوْمٍ لَا يُؤْمِنُونَ (يونس : ١٠١)

Artinya :*Katakanlah: "Perhatikanlah apa yaag ada di langit dan di bumi. Tidaklah bermanfaat tanda kekuasaan Allah dan rasul-rasul yang memberi peringatan bagi orang-orang yang tidak beriman"(Q.S. Yunus :101)*

Dalam tafsir al-Mishbah dijelaskan bahwa Allah telah menciptakan ciptaannya dengan bentuk dan rupa yang sangat indah, tentulah tidak akan membiarkan ciptaan-ciptaannya itu sebagai barang yang tidak dipedulikan dan

akhirnya menjadi barang yang percuma. Semua itu akan mendorong atau memberi motivasi kepadamu untuk membenarkan Rasul, beriman kepada al-Qur'an dan wahyu. Allah menciptakan ciptaannya dalam bentuk dan wujud yang sangat indah, dan tentunya Dia tidak akan membiarkan makhluk-Nya menjadi sesuatu yang tidak terurus dan akhirnya menjadi barang yang tidak berguna. Semua ini akan mendorong atau memotivasi hambanya untuk membenarkan Rasul dan beriman kepada Al-Qur'an. Kalimat “ tanda-tanda kebesaran Allah dan peringatan (yang diberikan) tidak memberi faedah kepada yang tidak mau beriman” mensyaratkan bagi muslim untuk menyingkapkan ayat-ayat kebesaran Allah (dalam hal ini adalah fenomena alam) untuk menjadi menguatkan iman kepada Allah swt. Karena itu, yang dimaksud dengan ungkapan “*orang tidak berakal*” atau “*orang yang tidak memahami*” dalam ayat sebelumnya yakni surah Yunus ayat 100 yang berbunyi “*dan tidak ada seorangpun akan beriman kecuali dengan izin Allah, dan Allah menimpakan kemurkaan kepada orang-orang yang tidak berakal*” adalah orang yang tidak mau menggunakan akalinya untuk merenungi hikmah Allah dalam menjadikan alam ini. (Shihab, 2002)

Kombinasi perlakuan elektrokoagulasi dan biokoagulasi diaplikasikan dalam pengolahan limbah cair industri tempe. Pengolahan limbah cair bertujuan untuk mereduksi atau mengurangi dampak buruk pencemaran yang dihasilkan dari industri tempe. Limbah cair tempe jika tidak diolah dapat mencemari saluran pembuangan dan perairan disekitarnya sehingga merusak ekosistem perairan. Jika hal tersebut terjadi maka ikan-ikan akan mati dan perairan akan mengeluarkan bau busuk yang tak sedap dihirup. Hal ini senada dengan firman Allah swt dalam Al-

Qur'an yang telah memperingati akan pentingnya menjaga alam dan tidak berbuat merusak di bumi dalam surah al-Baqarah ayat 60 :

وَإِذْ أَسْتَسْقَىٰ مُوسَىٰ لِقَوْمِهِ فَقُلْنَا اضْرِبْ بِعَصَاكَ الْحَجَرَ فَانْفَجَرَتْ مِنْهُ اثْنَتَا عَشْرَةَ عَيْنًا قَدْ عَلِمَ كُلُّ
 أُنَامٍ مَّشْرَبَهُمْ كُلُوا وَاشْرَبُوا مِن رِّزْقِ اللَّهِ وَلَا تَعْتُوا فِي الْأَرْضِ مُفْسِدِينَ (البقرة: ٦٠)

Artinya: *Dan (ingatlah) ketika Musa memohon air untuk kaumnya, lalu Kami berfirman: "Pukullah batu itu dengan tongkatmu". Lalu memancarlah daripadanya dua belas mata air. Sungguh tiap-tiap suku telah mengetahui tempat minumnya (masing-masing). Makan dan minumlah rezeki (yang diberikan) Allah, dan janganlah kamu berkeliaran di muka bumi dengan berbuat kerusakan (Q.S. Al-Baqarah : 60)*

Bani Israil merupakan kaum yang diberi kelebihan dibandingkan umat lainnya. Berdasarkan ayat diatas Allah swt memberikan nikmat yang luar biasa kepada Bani Israil dengan mata air yang dapat diminum untuk melepas dahaga dan memberi peringatan agar hendaknya mereka tidak berbuat kerusakan di bumi. Peringatan untuk tidak berbuat kerusakan atau dengan kata lain menjaga lingkungan atau alam ditegaskan dalam tafsir ibnu katsir pada kalimat “أَوْ لَا تَعْتُوا فِي” . Kalimat tersebut diartikan “janganlah kalian balas berbagai nikmat itu dengan kemaksiatan (perbuatan merusak). Sebab jika kalian melakukannya, nikmat tersebut akan dicabut dari kalian” (Abdullah, 2008). Perbuatan merusak memungkinkan putusnya nikmat Allah dan salah satu cara untuk menghindarinya adalah dengan menjaga lingkungan dan pelestarian alam. Pelestarian yang harus dilakukan oleh tiap individu adalah menjaga kebersihan dan keseimbangan perairan dengan cara tidak membuang sampah/limbah langsung ke sungai yang mengakibatkan tercemarnya air(Keraf, 2010). Wujud yang sangat nyata untuk menanggulangi hal tersebut tidak lain adalah dengan mengolahnya terlebih dahulu sebelum dialirkan ke badan perairan. Dengan begitu efek negatif yang dihasilkan limbah bisa dikurangi seoptimal mungkin.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian tentang pengaruh kadar asam jawa (*Tamarindus indica*) terhadap karakteristik limbah cair industri tempe menggunakan metode elektrokoagulasi, dapat disimpulkan bahwa variasi serbuk biji asam jawa (*Tamarindus indica*) memiliki pengaruh terhadap karakteristik limbah cair industri tempe saat proses elektrokoagulasi. Persentase efisiensi optimal terjadi pada BOD 35,75%, COD 26,76% dan amonia 64,46% dengan dosis serbuk biji asam jawa terbaik yaitu 1500 mg/l. Namun serbuk biji asam jawa menaikkan kadar TDS dan tidak berpengaruh pada nilai pH limbah cair industri tempe.

B. Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa saran yang dapat digunakan penelitian selanjutnya :

1. Disarankan pada penelitian selanjutnya untuk memvariasikan dosis serbuk biji asam jawa melebihi dosis 1500 mg/l untuk mengetahui penurunan optimum dari parameter COD dan BOD.
2. Disarankan pada penelitian selanjutnya untuk membersihkan plat elektroda secara berkala untuk hasil uji karakteristik yang lebih optimal
3. Disarankan pada penelitian selanjutnya untuk memvariasikan ukuran mesh biokoagulan yang digunakan dan mencoba biokoagulan jenis lain untuk mendapatkan hasil yang lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, Dwi dan Leny fitriah 2021. *Serbuk Biji Asam Jawa Untuk Pengelolaan Limbah Industry Cair Tempe (Studi Kasus Mataram). Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan UNRAM*. Vol. 7 No.2 pp: 272-279
- Al-Qurthubi, S. I. 2009. *Tafsir Al Qurthubi*. Jakarta: Pustaka Azzam
- Aryati dkk. 2020. *Penerapan Ipteks Unit Terintegrasi Elektrokoagulasi Dan Ultrafiltrasi Untuk Pengolahan Limbah Cair Tempe Di Kelurahan Cimahi Kecamatan Cimahi Tengah*. Jurnal Widya Laksana Vol 9 No.2 Agustus 2020.
- Aulia, A.G. 2021. *Kebersihan dan Kesehatan Lingkungan Menurut Hadis*. Fakultas Ushuluddin UIN Sunan Gunung Djati : Jurnal Riset Agama, 1(1), 187-196
- Azizah, Mia dan Mira Humairoh. 2015. *Analisis Kadar Amonia (NH₃) Dalam Air Sungai Cileungsi*. Jurnal Nusa Sylva. Vol.15.1 Juni 2015 : 47-54
- Cahyadi, W., 2007. *Teknologi dan Khasiat Kedelai*, Bumi Aksara, Jakarta.
- Chang, Raymond. 2003. *General Chemistry : The Essential Concept*. Penerjemah : Departemen Kimia ITB. Jakarta : Penerbit Erlangga
- Coronel, R.E. 1997. *Tamarindus indica* L. dalam E.W.M. Verheij dan R.E. Coronel. *Buah-buahan Yang Dapat Dimakan*. Sumberdaya Nabati Asia Tenggara (PROSEA) 2: 385-388. Gramedia, Jakarta
- Davis, M.L. and D.A. Cornwell. 1991. *Introduction to Environmental Engineering*. 2nd ed. Mc Graw-Hill. Inc. New York.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan*. Kanisius. Yogyakarta. 98
- Fendriani, Y. dkk. 2020. *Pengaruh Variasi Jarak Elektroda Dan Waktu Terhadap Ph Dan Tds Limbah Cair Batik Menggunakan Metode Elektrokoagulasi : Pengaruh Variasi Jarak Elektroda Dan Waktu Terhadap Ph Dan Tds Limbah Cair Batik Menggunakan Metode Elektrokoagulasi* . Journal Online Of Physics, 5(2), 59-64.
- Fitria, Naelatul. 2021. *Elektrolisis Senyawa Organik Dalam Limbah Cair Industri Tempe Menggunakan Elektroda PbO₂/Pb dengan Rangkaian Paralel*. Universitas Jenderal Soedirman : Teknik Lingkungan.
- Harahap, Sampe. *Pencemaran perairan akibat kadar amonia yag tinggi dari limbah cair industry tempe*. Jurnal Akuatika Vol. IV NO.2 September 2013 (183-194)

- Harbone, J. B., 1973, *Phytochemical Methods* Terbitan ke-2 diterjemahkan oleh osasih Padmawinata dan Iwang Sudiro, Bandung : ITB.
- Kamilul. 2008. Kelebihan dan Kekurangan Metode Elektrokoagulasi. Skripsi Program Studi Kimia Jurusan Pendidikan Kimia FPMIPA UPI. Bandung.
- Kristanto. 2022. *Ekologi Industri*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Lestari, A. D. (2018). *Penurunan Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (Cod) Pada Limbah Industri Tempe Menggunakan Metode Elektrokoagulasi*. Skripsi. Universitas Islam Indonesia : Program Studi Kimia
- Lienetic Jaya. PT. Lienetic Jaya, 2019, <https://lieneticjaya.com/bod-do-dan-cod-pada-air/>. Diakses pada 14 Januari 2023
- Mahida , U N. 1986. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Jakarta : CV Rajawali.
- Mallesh, B, Krishna., B. M., dan Manoj, K.M. 2018. *A Review of Electrocoagulation Process for Wastewater Treatment*, International Journal of ChemTech Research , 11(3), hal. 289-302
- Monoarfa, Winarni. 2008. *Dampak Pembangunan Bagi Kualitas Air di Kawasan Pantai Losari Makassar*. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan : Universitas Hasanuddin
- Muliyana, Ria. 2019. *Upaya Penurunan Kadar Logam Berat Air Menggunakan Metode Elektrokoagulasi Untuk Menghasilkan Air Bersih [Skripsi]*. Medan: UIN SU.
- Nuryadin, Muhammad Fais Luthfi (2021) *Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Luas Permukaan Elektroda Pada Penyisihan Remazol Red RB Dengan Metode Elektrokoagulasi*. Sarjana thesis, Universitas Brawijaya.
- O. Larue. "Electrocoagulation and Coagulation by Iron of Latex Particles in Aqueous Suspensions". *Journal of Separation and Purification Technology*, Vol. 31 No. 2, hlm. 177-192, 2003.
- Pranoto dan Heraldly, Eddy. 2022. *Kimia Air*. Surakarta : Bumi Aksara
- Prayitno, Vemi Rindatami, dan Imam Prayogo. 2016. *Reduksi Aktivitas Uranium Dalam Limbah Radioaktif Cair Menggunakan Proses Elektrokoagulasi*. Jurnal Sains Teknologi Akselerator. Vol 22. No 3: Hal 192.
- Putri, Adlina Rizky Amalia Edisyam. 2022. *Pengaruh Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (Elf) Terhadap Pertumbuhan Dan Produktivitas Tanaman Selada Merah (Lactuca Sativa Var.Acephala)*. UIN Malang : Fisika

- Putri, R.A. and Purnama, H. 2022. *Pengaruh Tegangan Dan Waktu Pada Pengolahan Lindi Metode Elektrokoagulasi-Adsorpsi Zeolit*. 10(2), hal. 135–144.
- Rahmawati, N. 2005. *Pemanfaatan Biofertilizer pada Pertanian Organik*. Fakultas. Pertanian. Universitas Sumatera Utara : Medan.
- Raju, G.B., Khangaonkar, P.R. 1982. Electro-flotation of Chalcopyrite Fines. *International Journal of Mineral Process* 9. 133-143.
- Rukaesih, Ahmad. 2004. *Kimia Lingkungan*. Jakarta : PT Andi Yogyakarta.
- Said, Nusa Idaman. 2017. *Teknologi Pengolahan Air Limbah : Teori dan Aplikasi*. Jakarta : Penerbit Erlangga
- Sastrosupadi, Adji. 2007. *Rancangan Percobaan Praktis Bidang Pertanian*. Malang : Kanisus
- Sekar Wangi Retno Pembayun1 , Maya Rahmayanti .2020. *Efektivitas Biji Asam Jawa Sebagai Koagulan Alami Dalam Menurunkan Konsentrasi Zat Warna Remazol Red Dan Nilai Cod*. *Journal undiksha* 2 Vol. 9 No 2
- Setianingrum, N. P., Prasetyo, A., Sarto. 2016. *Pengaruh Tegangan dan Jarak Antar Elektroda Terhadap Pewarna Remazol Red Rb dengan Metode Elektrokoagulasi*. *Inovasi Teknik Kimia*.1 (2): 93-97
- Shihab, M. Quraish. 2002. *Tafsir al-Mishbah : Pesan, Kesan dan Keserasian al-Qur'an Vol.II*. Jakarta : Lentera Hati.
- Sugiaharto.2005. *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Suhaidi, Ismet. 2003. *Pengaruh Lama Perendaman Kedelai Dan Jenis Zat Penggumpal Terhadap Mutu Tahu*. Fakultas Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Sumatera Utara
- Suharto. 2011. *Limbah Kimia dalam Pencemaran Udara dan Air*. Yogyakarta : Andi.
- Tim Tafsir Depag RI. 2011. *Tafsir al-Qur'an Tematik*. Jakarta : Lajnah Pentashihan Mushaf al-Qur'an
- Tyas, Yolanda Ayu Ning . 2021. *Efektivitas Elektrokoagulasi Dalam Menurunkan Kadar BOD, COD, Dan Amonia Pada Limbah Cair Industri Pembekuan Udang (Cold Storage)*. Skripsi thesis, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya.
- Vaujiah, Hary. 2018. *Perbandingan Efisiensi Penurunan Kesadahan Air Menggunakan Elektroda Aluminium (Al) dengan Konfigurasi Monopolar dan Bipolar pada Proses Elektrokoagulasi* [Skripsi]. Medan: USU.

Wayne, Boyles. 1997. *The Science of Chemical Oxygen Demand*. USA: Hach Company.

Wijaya, A dkk. 2021. *Wastewater Treatment For Tofu Home Industries In Semanan, West Jakarta Using Electrocoagulation Method With Electrode Al-Stainless Steel*. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 894 (2021) 012016

Yulianto,A dan dkk. 2009. *Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Pada Skala Laboratorium Dengan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi*. *Jurnal Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti*, pp. 6-11

LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar penelitian
A. Alat dan Bahan

	
Magnetic Stirre	Oven
	
Chopper	TDS Meter
	
pH meter	Reaktor Elektrokoagulasi
	
Biji Asam Jawa	Limbah cair tempe

B. Dokumentasi Kegiatan

	
<p>Survey tempat dan pengambilan sampel</p>	<p>Pengayakan biji asam jawa setelah penggilingan</p>
	
<p>Serbuk biji asam hasil pengayakan</p>	<p>Penimbangan serbuk asam jawa</p>
	
<p>Proses elektrokoagulasi</p>	<p>Homogenisasi asam jawa pada sampel</p>
	
<p>Flokuasi sampel setelah elektrokoagulasi</p>	<p>Uji TSS air limbah</p>

Lampiran 2. Tabel Efisiensi Hasil Penelitian

Tabel 1. Pengaruh penambahan serbuk asam jawa saat elektrokoagulasi pada nilai pH limbah cair tempe

Uji pH					
No	Dosis Koagulan (mg/l)	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Nilai Rata-Rata
1	0 mg/l	0%	0%	0%	
2	600 mg/l	2,04%	1,92%	2%	1,99%
3	900 mg/l	2,04%	-7,80%	-7,80%	-4,52%
4	1200 mg/l	4,08%	0	0	1,36%
5	1500 mg/l	6,12%	1,92%	2%	3,35%

Tabel 2. Pengaruh penambahan serbuk asam jawa saat elektrokoagulasi pada nilai TSS limbah cair tempe

Uji TSS (mg/l)					
No	Dosis Koagulan (mg/l)	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Nilai Rata-Rata
1	0 mg/l	0.00%	0.00%	0%	0%
2	600 mg/l	5.45%	31.21%	15.50%	17.39%
3	900 mg/l	-24.79%	-4.44%	-20.64%	-16.62%
4	1200 mg/l	10.13%	25.12%	10.38%	15.21%
5	1500 mg/l	-6.54%	4.99%	-4.89%	-2.15%

Tabel 3. Pengaruh penambahan serbuk asam jawa saat elektrokoagulasi pada nilai BOD limbah cair tempe

Uji BOD (mg/l)					
No	Dosis Koagulan (mg/l)	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Nilai Rata-Rata
1	0 mg/l	0.00%	0.00%	0%	0%
2	600 mg/l	18.51%	17.42%	18.60%	18.18%
3	900 mg/l	29.20%	28.10%	27.10%	28.13%
4	1200 mg/l	33.39%	32.39%	31.29%	32.36%
5	1500 mg/l	36.80%	35.62%	34.83%	35.75%

Tabel 4. Pengaruh penambahan serbuk asam jawa saat elektrokoagulasi pada nilai COD limbah cair tempe

Uji COD (mg/l)					
No	Dosis Koagulan (mg/l)	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Nilai Rata-Rata
1	0 mg/l	0%	0%	0%	0%
2	600 mg/l	8.26%	8%	7.60%	7.99%
3	900 mg/l	14.32%	14.24%	13.96%	14.17%
4	1200 mg/l	22.31%	22.06%	21.65%	22.01%
5	1500 mg/l	26.99%	26.81%	26.49%	26.76%

Tabel 5. Pengaruh penambahan serbuk asam jawa saat elektrokoagulasi pada nilai amonia limbah cair tempe

Uji Amonia (mg/l)					
No	Dosis Koagulan (mg/l)	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Nilai Rata-Rata
1	0 mg/l	0%	0%	0%	0%
2	600 mg/l	32.61%	23.08%	22.75%	26.15%
3	900 mg/l	40.07%	38.99%	41.23%	40.10%
4	1200 mg/l	57.12%	58.25%	56.94%	57.44%
5	1500 mg/l	65.33%	65.12%	62.92%	64.46%

Tabel 6. Pengaruh penambahan serbuk asam jawa saat elektrokoagulasi pada nilai TDS limbah cair tempe

Uji TDS (mg/l)					
No	Dosis Koagulan (mg/l)	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Nilai Rata-Rata
1	0 mg/l	0%	0%	0%	0%
2	600 mg/l	-3.01%	-3.75%	-4.53%	-3.76%
3	900 mg/l	-5.80%	-1.17%	-0.14%	-2.37%
4	1200 mg/l	-11.23%	13.95%	-12.98%	-3.42%
5	1500 mg/l	-21.95%	-14.93%	-24.94%	-20.61%

Lampiran 3. Contoh Perhitungan Efisiensi

Pengaruh penambahan serbuk asam jawa saat elektrokoagulasi pada nilai amonia limbah cair tempe

Uji Amonia (mg/l)					
No	Dosis Koagulan (mg/l)	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Nilai Rata-Rata
1	0 mg/l	0%	0%	0%	0%
2	600 mg/l	32.61%	23.08%	22.75%	26.15%
3	900 mg/l	40.07%	38.99%	41.23%	40.10%
4	1200 mg/l	57.12%	58.25%	56.94%	57.44%
5	1500 mg/l	65.33%	65.12%	62.92%	64.46%

Cara mencari efisiensi rata-rata dari dosis serbuk asam jawa 1500 mg/l

Diket : $N_0 = 0,1009 \text{ mg/l}$ → Hanya Elektrokoagulasi
 $N_1 = 0,0358 \text{ mg/l}$ → Penambahan dosis serbuk biji asam jawa 1500 mg/l

Ditanya : Efisiensi % :?

Jawab : $\frac{N_0 - N_1}{N_0} \times 100\%$
 $:\frac{0,1009 \text{ mg/l} - 0,0358 \text{ mg/l}}{0,1009 \text{ mg/l}} \times 100\%$
 $:\ 0,6446 \times 100\%$
 $:\ 64,46\%$

Lampiran 4. Sertifikat Pengujian Parameter di Laboratorium Jasatirta 1



JASA TIRTA I

LABORATORIUM LINGKUNGAN
 Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp.(0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar - Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860
 E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

**SERTIFIKAT
CERTIFICATE**

Nomor : 19803 S/LL MLG/VII/2023

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama : **Ahmad Jaelani Yusri**

Name : **Ahmad Jaelani Yusri**

Alamat : **Jl Gajayana - Malang**

Address : **Jl Gajayana - Malang**



IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji : **EXT 427-444/PC/VI/2023/428-445**

Sample Code : **EXT 427-444/PC/VI/2023/428-445**

Jenis Contoh Uji : **Air Limbah**

Type of Sample : **Air Limbah**

Lokasi Pengambilan Contoh Uji : **Terlampir**

Sampling Location : **Terlampir**

Petugas Pengambil Contoh Uji : **-**

Sampling Done By : **-**

Tgl/ Jam Pengambilan Contoh Uji : **16-06-2023 / 10:00 WIB**

Date/ Time of Sampling : **16-06-2023 / 10:00 WIB**

Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji : **16-06-2023 / 16:20 WIB**

Date/ Time of Sample Received : **16-06-2023 / 16:20 WIB**

Kondisi Contoh Uji : **Belum dilakukan pengawetan**

Sample of Condition(s) : **Belum dilakukan pengawetan**



ASLI

ORIGINAL

Malang, 03 Juli 2023

Laboratorium Lingkungan
Perum jasa Tirta I



JASA TIRTA I
Manajer Teknis Laboratorium
Lingkungan

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir : Diterbitkan Di/ Tanggal: **Malang, 03 Juli 2023**

Enclosed : *Place / Date and Issue*

Pengambilan contoh uji dilakukan oleh Ahmad Jaelani Yusri pada tanggal 16 Juni 2023

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisahkan dari lembar halaman yang lainnya

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

First page at this certificate or report is can't separately from all pages



LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp.(0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkon Kcc. Mojoanyar - Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860
E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

Nomor : 19803 S/LL MLG/VII/2023

Halaman 2 dari 2

Page 2 of 2

Uraian Contoh Uji : Terlampir
Description of Sample :
Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sample Method :
Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
Place of Analysis :
Tanggal Analisa : 16 Juni 03- Juli 2023
Testing Date(s) :



HASIL ANALISA Result of Analysis

C0 1

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	1850	-	APHA. 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	4450	-	SNI 6989.2.2019	
3	Ammonia (NH3-N bebas)	mg/L	0.1468	-	APHA. 4500-NH3 F-2017 (phenat)	

C0 2

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	1810	-	APHA. 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	4390	-	SNI 6989.2.2019	
3	Ammonia (NH3-N bebas)	mg/L	0.1466	-	APHA. 4500-NH3 F-2017 (phenat)	

C0 3

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	1770	-	APHA. 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	4320	-	SNI 6989.2.2019	
3	Ammonia (NH3-N bebas)	mg/L	0.1465	-	APHA. 4500-NH3 F-2017 (phenat)	

*) Standard Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from

: -



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1
Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1
Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisahkan dari lembar halaman yang lainnya
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation
This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation
First page at this certificate or report is can't separately from all pages



LABORATORIUM LINGKUNGAN
 Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp.(0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkok Kec. Mojoanyar - Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860
 E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

Nomor : 19803 S/LL MLG/VII/2023

Halaman 3 dari 3

Page 3 of 3

Uraian Contoh Uji : Terlampir
 Description of Sample
 Metode Pengambilan Contoh Uji :-
 Sample Method
 Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
 Place of Analysis
 Tanggal Analisa : 16 Juni 03- Juli 2023
 Testing Date(s)



HASIL ANALISA
 Result of Analysis

PI 1

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	1350	-	APHA. 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	3630	-	SNI 6989.2.2019	
3	Ammonia (NH3-N bebas)	mg/L	0.1073	-	APHA. 4500-NH3 F-2017 (phenat)	

PI 2

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	1320	-	APHA. 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	3580	-	SNI 6989.2.2019	
3	Ammonia (NH3-N bebas)	mg/L	0.1018	-	APHA. 4500-NH3 F-2017 (phenat)	

PI 3

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	1290	-	APHA. 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	3510	-	SNI 6989.2.2019	
3	Ammonia (NH3-N bebas)	mg/L	0.0936	-	APHA. 4500-NH3 F-2017 (phenat)	



*) Standard Baku Mutu sesuai dengan
 Threshold Value fully adopted from

:-

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisah dari lembar halaman yang lainnya

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
 First page at this certificate or report is can't separately from all pages



LABORATORIUM LINGKUNGAN
 Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp.(0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar - Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860
 E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

Nomor : 19803 S/LL MLG/VII/2023

Halaman 4 dari 4
 Page 4 of 4

Uraian Contoh Uji : Terlampir
Description of Sample
 Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sample Method
 Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
Place of Analysis
 Tanggal Analisa : 16 Juni 03- Juli 2023
Testing Date(s)



HASIL ANALISA
Result of Analysis

P2 1

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	1100	-	APHA. 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	333.0	-	SNI 6989.2.2019	
3	Ammonia (NH ₃ -N bebas)	mg/L	0.0723	-	APHA. 4500-NH ₃ F-2017 (phenat)	

P2 2

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	1090	-	APHA. 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	3290	-	SNI 6989.2.2019	
3	Ammonia (NH ₃ -N bebas)	mg/L	0.0783	-	APHA. 4500-NH ₃ F-2017 (phenat)	

P2 3

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	1050	-	APHA. 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	3240	-	SNI 6989.2.2019	
3	Ammonia (NH ₃ -N bebas)	mg/L	0.0723	-	APHA. 4500-NH ₃ F-2017 (phenat)	

*) Standard Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
 Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
 Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisah dari lembar halaman yang lainnya
 This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
 This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
 First page at this certificate or report is can't separately from all pages



LABORATORIUM LINGKUNGAN
 Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp.(0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar - Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860
 E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

Nomor : 19803 S/LL MLG/VII/2023

Halaman 5 dari 5
 Page 5 of 5

Uraian Contoh Uji : Terlampir
 Description of Sample :
 Metode Pengambilan Contoh Uji : -
 Sample Method :
 Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
 Place of Analysis :
 Tanggal Analisa : 16 Juni 03- Juli 2023
 Testing Date(s) :



HASIL ANALISA
 Result of Analysis

P3 1

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	955.7	-	APHA. 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	3110	-	SNI 6989.2.2019	
3	Ammonia (NH3-N bebas)	mg/L	0.0643	-	APHA. 4500-NH3 F-2017 (phenat)	

P3 2

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	949.0	-	APHA. 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	3070	-	SNI 6989.2.2019	
3	Ammonia (NH3-N bebas)	mg/L	0.0621	-	APHA. 4500-NH3 F-2017 (phenat)	

P3 3

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	940.4	-	APHA. 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	3020	-	SNI 6989.2.2019	
3	Ammonia (NH3-N bebas)	mg/L	0.0550	-	APHA. 4500-NH3 F-2017 (phenat)	



*) Standard Baku Mutu sesuai dengan
 Threshold Value fully adopted from

: -

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1
 Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisahkan dari lembar halaman yang lainnya
 This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation
 This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation
 First page at this certificate or report is can't separately from all pages



LABORATORIUM LINGKUNGAN
 Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp.(0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar - Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860
 E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

Nomor : 19803 S/LL MLG/VII/2023

Halaman 6 dari 6
 Page 6 of 6

Uraian Contoh Uji : Terlampir
Description of Sample
 Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sample Method
 Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
Place of Analysis
 Tanggal Analisa : 16 Juni 03- Juli 2023
Testing Date(s)



HASIL ANALISA
Result of Analysis

P4 1

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	899.2	-	APHA. 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	2820	-	SNI 6989.2.2019	
3	Ammonia (NH3-N bebas)	mg/L	0.0460	-	APHA. 4500-NH3 F-2017 (phenat)	

P4 2

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	892.4	-	APHA. 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	2790	-	SNI 6989.2.2019	
3	Ammonia (NH3-N bebas)	mg/L	0.0425	-	APHA. 4500-NH3 F-2017 (phenat)	

P4 3

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	886.3	-	APHA. 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	2750	-	SNI 6989.2.2019	
3	Ammonia (NH3-N bebas)	mg/L	0.0403	-	APHA. 4500-NH3 F-2017 (phenat)	

*) Standard Baku Mutu sesuai dengan
 Threshold Value fully adopted from

: -



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
 Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
 Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisah dari lembar halaman yang lainnya
 This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
 This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
 First page at this certificate or report is can't separately from all pages



LABORATORIUM LINGKUNGAN

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp.(0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkok Kec. Mojoanyar - Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860
E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id

Nomor : 19803 S/LL MLG/VII/2023

Halaman 7 dari 7

Page 7 of 7

Uraian Contoh Uji : Terlampir
Description of Sample
Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sample Method
Tempat Analisa : Laboratorium Lingkungan PJT I Malang
Place of Analysis
Tanggal Analisa : 16 Juni 03- Juli 2023
Testing Date(s)



HASIL ANALISA

Result of Analysis

P5 1

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	853.1	-	APHA. 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	2650	-	SNI 6989.2.2019	
3	Ammonia (NH3-N bebas)	mg/L	0.0372	-	APHA. 4500-NH3 F-2017 (phenat)	

P5 2

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	849.7	-	APHA. 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	2620	-	SNI 6989.2.2019	
3	Ammonia (NH3-N bebas)	mg/L	0.0355	-	APHA. 4500-NH3 F-2017 (phenat)	

P5 3

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Standard Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
1	BOD	mg/L	840.6	-	APHA. 5210 B-2017	
2	COD (Spektro)	mg/L	2580	-	SNI 6989.2.2019	
3	Ammonia (NH3-N bebas)	mg/L	0.0347	-	APHA. 4500-NH3 F-2017 (phenat)	

*) Standard Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from

:-



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I
Halaman pertama pada sertifikat atau laporan ini merupakan bagian yang tak terpisah dari lembar halaman yang lainnya
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation
First page at this certificate or report is can't separately from all pages

Lampiran 5. Permen LH No.5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Limbah Cair

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

BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN PENGOLAHAN KEDELAI

Parameter	Pengolahan Kedelai					
	Kecap		Tahu		Tempe	
	Kadar *) (mg/L)	Beban (kg/ton)	Kadar *) (mg/L)	Beban (kg/ton)	Kadar *) (mg/L)	Beban (kg/ton)
BOD	150	1,5	150	3	150	1,5
COD	300	3	300	6	300	3
TSS	100	1	200	4	100	1
pH	6 - 9					
Kuantitas air limbah Paling tinggi (m ³ /ton)	10		20		10	

Keterangan :

- 1) *)kecuali untuk pH
- 2) Satuan kuantitas air limbah adalah m³ per ton bahan baku
- 3) Satuan beban adalah kg per ton bahan baku

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP
REPUBLIK INDONESIA,

BALTHASAR KAMBUAYA

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

BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN
 YANG BELUM MEMILIKI BAKU MUTU AIR LIMBAH YANG DITETAPKAN

Parameter	Satuan	GOLONGAN	
		I	II
Temperatur	°C	38	40
Zat padat larut (TDS)	mg/L	2.000	4.000
Zat padat suspensi (TSS)	mg/L	200	400
pH	-	6,0-9,0	6,0-9,0
Besi terlarut (Fe)	mg/L	5	10
Mangan terlarut (Mn)	mg/L	2	5
Barium (Ba)	mg/L	2	3
Tembaga (Cu)	mg/L	2	3
Seng (Zn)	mg/L	5	10
Krom Heksavalen (Cr ⁶⁺)	mg/L	0,1	0,5
Krom Total (Cr)	mg/L	0,5	1
Cadmium (Cd)	mg/L	0,05	0,1
Air Raksa (Hg)	mg/L	0,002	0,005
Timbal (Pb)	mg/L	0,1	1
Stanum (Sn)	mg/L	2	3
Arsen (As)	mg/L	0,1	0,5
Selenium (Se)	mg/L	0,05	0,5
Nikel (Ni)	mg/L	0,2	0,5
Kobalt (Co)	mg/L	0,4	0,6
Sianida (CN)	mg/L	0,05	0,5
Sulfida (H ₂ S)	mg/L	0,5	1
Fluorida (F)	mg/L	2	3
Klorin bebas (Cl ₂)	mg/L	1	2
Amonia-Nitrogen (NH ₃ -N)	mg/L	5	10
Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	20	30
Nitrit (NO ₂ -N)	mg/L	1	3
Total Nitrogen	mg/L	30	60
BOD ₅	mg/L	50	150
COD	mg/L	100	300
Senyawa aktif biru metilen	mg/L	5	10
Fenol	mg/L	0,5	1
Minyak & Lemak	mg/L	10	20
Total Bakteri Koliform	MPN/100 mL	10.000	

Lampiran 6. Hasil Analisis Uji DMRT

A) pH

NILAI PH

Duncan^a

PERLAKUAN	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
M1	3	4,3000			
M4	3		4,8000		
M2	3			5,0000	
M5	3			5,0667	5,0667
M3	3			5,1000	5,1000
M6	3				5,2000
Sig.		1,000	1,000	,279	,156

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

B) TDS

NILAI TDS

Duncan^a

PERLAKUAN	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
M2	3	715,2200			
M4	3	732,3267			
M3	3	747,7733			
M5	3		806,2200		
M6	3			862,7733	
M1	3				1013,6667
Sig.		,072	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

C) TSS

Nilai TSS

Duncan^a

PERLAKUAN	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
M3	3	1787,333			
M5	3	1840,333			
M2	3		2181,000		
M6	3		2221,333		
M4	3			2532,000	
M1	3				3117,667
Sig.		,621	,706	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

D) BOD

NILAI BOD

Duncan^a

PERLAKUAN	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
M6	3	847,8000				
M5	3		892,6333			
M4	3			948,3667		
M3	3				1080,0000	
M2	3					1320,0000
M1	3					
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

NILAI BOD

Duncan^a

PERLAKUAN	Subset for ...	
	6	
M6		
M5		
M4		
M3		
M2		
M1	1810,0000	
Sig.	1,000	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

E) COD

NILAI COD

Duncan^a

PERLAKUAN	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
M6	3	2616,6667				
M5	3		2786,6667			
M4	3			3066,6667		
M3	3				3286,6667	
M2	3					3573,3333
M1	3					
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

NILAI COD

Duncan^a

PERLAKUAN	Subset for ...
	6
M6	
M5	
M4	
M3	
M2	
M1	4386,6667
Sig.	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

F) Amonia

KADAR AMONIA

Duncan^a

PERLAKUAN	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
M6	3	,035800					
M5	3		,042933				
M4	3			,060467			
M3	3				,074300		
M2	3					,100900	
M1	3						,146633
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.



JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 19640052
Nama : AHMAD JAELANI YUSRI
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Jurusan : FISIKA
Dosen Pembimbing 1 : Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes
Dosen Pembimbing 2 : MUBASYIROH, S.S., M.Pd.I
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : Analisis Pengaruh Kadar Biji Asam Jawa (Tamarindus indica) Terhadap Karakteristik Limbah Cair Industri Tempe Menggunakan Metode Elektrokoagulasi

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	18 November 2022	Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes	Konsultasi BAB 1	Ganjil 2022/2023	Sudah Dikoreksi
2	20 Februari 2023	Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes	Konsultasi BAB II	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
3	03 Maret 2023	Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes	Konsultasi BAB III	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
4	24 Mei 2023	MUBASYIROH, S.S., M.Pd.I	Konsultasi Integrasi BAB I dan BAB II	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
5	03 Juli 2023	Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes	Konsultasi Pemaparan Data	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
6	17 Juli 2023	Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes	Konsultasi BAB IV dan BAB V	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
7	21 Juli 2023	MUBASYIROH, S.S., M.Pd.I	Konsultasi Integrasi BAB IV	Genap 2022/2023	Sudah Dikoreksi
8	15 September 2023	Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes	Revisi BAB IV dan BAB V	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
9	01 November 2023	Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes	Konsultasi Abstrak	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
10	01 November 2023	MUBASYIROH, S.S., M.Pd.I	Konsultasi Abstrak	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

MUBASYIROH, S.S., M.Pd.I

Malang, 1-12-2023

Dosen Pembimbing 1

Dr. H. AGUS Mulyono, S.Pd., M.Kes

