

PEMANFAATAN EKSTRAK BIJI ALPUKAT (*PERSEA AMERICANA MILL*)
SEBAGAI BIOKOAGULAN PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH
INDUSTRI TAHU



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Pendidikan diploma empat (D-4) Program Studi Teknologi Kimia Industri
Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Ujung Pandang

JUSRA RISNAWATI

432 20 030

PROGRAM STUDI D4-TEKNOLOGI KIMIA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **Pemanfaatan Ekstrak Biji Alpukat (*Persea Americana Mill*) Sebagai Biokoagulan pada Pengolahan Air Limbah Industri Tahu** oleh Jusra Risnawati NIM 432 20 030 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 3 September 2024

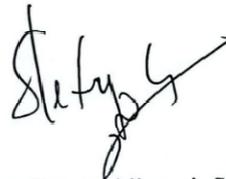
Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



M. Ilham Nurdin, S.T., M.T.
NIP. 19930311 201903 1 018



Setyo Erna Widiyanti, S. ST., M. Eng.
NIP. 19870823 201504 2 002

Mengetahui,
a.n Direktur,
Ketua Jurusan Teknik Kimia



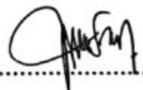
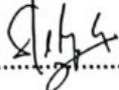
Wahyu Budi Utomo, I.N.D., M.Sc.
NIP. 19650320 199202 1 001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, hari Senin tanggal 12 Agustus 2024, Tim Penguji Seminar Skripsi telah menerima dengan baik skripsi oleh mahasiswa Jusra Risnawati NIM 432 20 030 dengan judul **Pemanfaatan Ekstrak Biji Alpukat (*Persea Americana Mill*) Sebagai Biokoagulan pada Pengolahan Air Limbah Industri Tahu.**

Makassar, 3 September 2024

Tim Penguji Ujian Sidang Skripsi:

- | | | |
|--|---------------|--|
| 1. Yuliani HR., S.T., M.Eng. | Ketua | (..... ) |
| 2. Arifah Sukasri, S.Pd., M.Sc. | Sekretaris | (..... ) |
| 3. Muallim Syahrir, S.T., M.T. | Anggota | (..... ) |
| 4. Ir.Hastami Murdiningsih, MT. | Anggota | (..... ) |
| 5. M.Ilham Nurdin, S.T., M.T. | Pembimbing I | (..... ) |
| 6. Setyo Erna Widiyanti, S.ST., M.Eng. | Pembimbing II | (..... ) |

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulisan skripsi ini yang berjudul “Pemanfaatan Biji Alpukat (*Persea Americana Mill*) Sebagai Biokoagulan pada Pengolahan Air Limbah Industri Tahu” dapat diselesaikan dengan baik.

Skripsi ini merupakan hasil penelitian yang dilaksanakan mulai tanggal 18 Maret sampai dengan tanggal 19 Juli 2024 bertempat di Laboratorium Kimia Organik dan Pengolahan Limbah Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
2. Bapak Wahyu Budi Utomo, HND., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Ibu Dr. Fajriyati Mas’ud, STP. M.Si selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Kimia Industri Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak M.Ilham Nurdin, S.T., M.T. sebagai pembimbing I dan Ibu Setyo Erna Widiyanti, S.ST., M.Eng. sebagai pembimbing II yang telah mencurahkan waktu dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak dan ibu dosen Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah membekali penulis dengan ilmu pengetahuan selama proses perkuliahan.
6. Bapak dan Ibu analis, staff, dan teknisi Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang atas segala ilmu, pembelajaran, serta bantuan kepada penulis selama ini.

7. Seluruh keluarga tercinta, terutama untuk orang tua penulis yang telah memberikan perhatian, kasih sayang, motivasi, dukungan, dan doa yang tak terhingga kepada penulis.
8. Teman-teman Angkatan 2020 Teknik Kimia dan khususnya B-SQUAD yang telah menemani perjalanan penulis selama 4 tahun dengan berbagai suka dan duka.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih masih kurang sempurna, sehingga kami mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga tulisan ini bermanfaat.

Makassar, 12 Agustus 2024

Penulis



DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
SURAT PERNYATAAN	xii
RINGKASAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Ruang Lingkup	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Biji Alpukat	7
2.2 Biokoagulan Biji Alpukat	8
2.3 Koagulasi, Flokulasi dan Sedimentasi	9
2.3.1 Faktor-faktor yang mempengaruhi Proses Koagulasi-Flokulasi ...	11
2.4 Air Limbah Industri Tahu	14
2.4.1 Karakteristik Air Limbah Industri Tahu	16
2.4.2 Dampak Air Limbah Industri Tahu	17
2.4.3 Baku Mutu Air Limbah Pengolahan Kedelai	17

2.5	Kekeruhan	18
2.6	Total Suspended Solid (TSS)	19
2.7	<i>Total Dissolved Solid</i> (TDS)	20
2.8	Chemical Oxygen Demand (COD)	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.2	Alat dan Bahan	23
3.3	Prosedur Penelitian	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		34
4.1	Pengujian Sampel Air Limbah Industri Tahu Sebelum Diolah	34
4.2	Ekstraksi Biji Alpukat	36
4.3	Penentuan Kecepatan Pengadukan Koagulasi	37
4.4	Penentuan Waktu Pengadukan Koagulan	41
4.5	Penentuan Rasio Biokoagulan terhadap air limbah industri tahu	45
BAB V PENUTUP		50
5.1	Kesimpulan	50
5.2	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA		52
LAMPIRAN		59

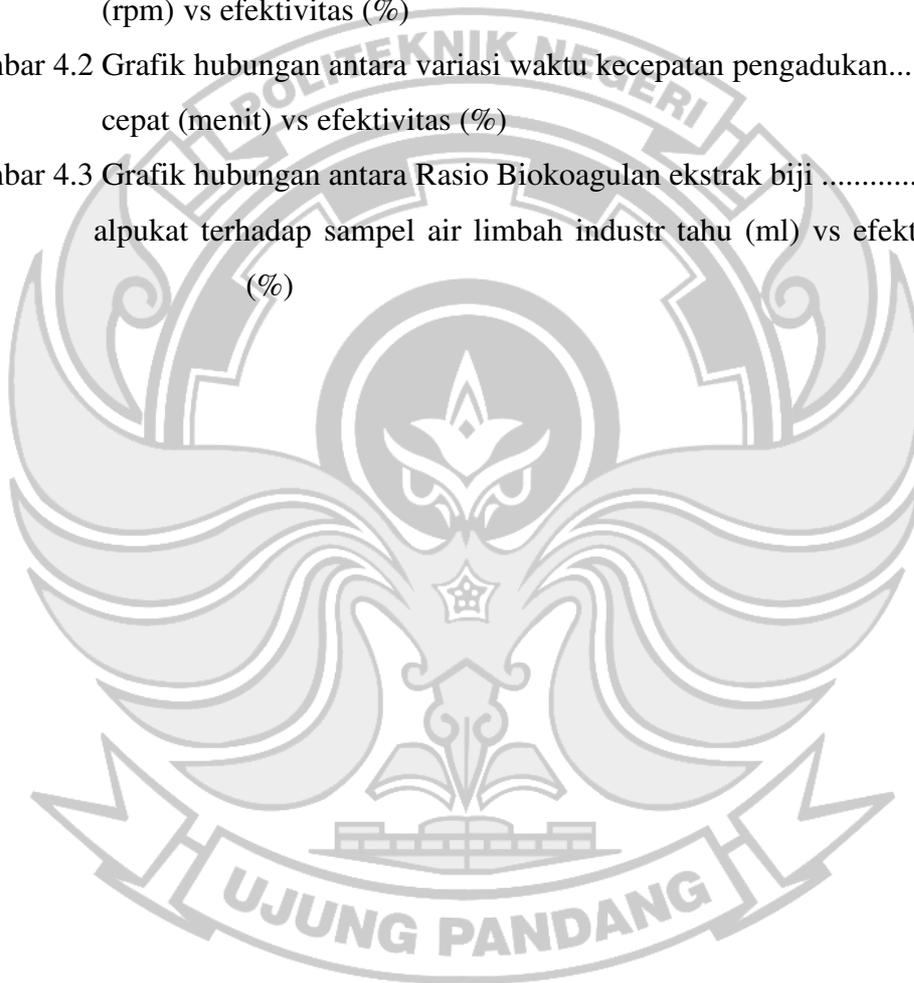
DAFTAR TABEL

	hal
Tabel 2. 1 Kandungan biji alpukat	8
Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Pengolahan Kedelai	18
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Karakteristik Awal Air Limbah Industri Tahu	34
Tabel 4.2 Hasil Pengujian dengan variasi kecepatan pengadukan koagulasi	37
Tabel 4.3 Hasil Pengujian dengan variasi waktu pengadukan koagulasi	41
Tabel 4.4 Hasil Pengujian dengan variasi rasio biokoagulan ekstrak biji alpukat terhadap air limbah industri tahu	45
Tabel 6.1 Data Pengamatan TSS Untuk Variasi Kecepatan Pengadukan Koagulasi	66
Tabel 6.2 Data Pengamatan TSS Untuk Variasi Waktu Pengadukan Koagulasi	67
Tabel 6.3 Data Pengamatan TSS untuk Variasi Rasio Biokoagulan Terhadap Air Limbah Industri Tahu	67
Tabel 6.4 Data pengamatan TDS untuk Variasi Kecepatan pengadukan koagulasi	67
Tabel 6.5 Data pengamatan TDS untuk Variasi Waktu pengadukan koagulasi	68
Tabel 6.6 Data pengamatan TDS untuk Variasi rasio ekstrak biokogulan terhadap sampel air limbah industri	68
Tabel 6. 7 Data pengamatan Kekeruhan Untuk Variasi Kecepatan Pengadukan Koagulasi	68
Tabel 6.8 Data pengamatan Kekeruhan Untuk Variasi Waktu Pengadukan Koagulasi	68
Tabel 6.9 Data pengamatan Kekeruhan untuk Variasi Rasio Biokoagulan Terhadap Air Limbah Industri Tahu	69
Tabel 6.10 Data pengamatan COD untuk Variasi Kecepatan Pengadukan Koagulasi	69
Tabel 6.11 Data pengamatan COD untuk Variasi Waktu Pengadukan Koagulasi	69

Tabel 6.12 Data pengamatan COD untuk variasi rasio biokoagulan terhadap sampel air limbah industri tahu	70
Tabel 7. 1 Perhitungan larutan standar asam galat	72
Tabel 7.2 Hasil pengujian Spektrofotometer Uv-Vis	72
Tabel 7.3 Data Hasil Perhitungan TSS untuk Variasi Kecepatan Pengadukan Koagulasi	74
Tabel 7.4 Data Hasil Perhitungan TSS untuk Variasi Waktu Pengadukan Koagulasi	75
Tabel 7. 5 Data Hasil Perhitungan TSS untuk Rasio Biokoagulan ekstrak biji alpukat terhadap air limbah industri tahu	76
Tabel 7.6 Data Hasil Perhitungan TDS untuk Variasi Kecepatan Pengadukan Koagulasi	77
Tabel 7.7 Data Hasil Perhitungan TDS untuk Variasi Waktu Pengadukan Koagulasi	78
Tabel 7.8 Data Hasil Perhitungan TDS untuk Variasi Rasio Biokoagulan ekstrak biji alpukat terhadap air limbah industri tahu	79
Tabel 7.9 Data Hasil Perhitungan Kekeruhan untuk Variasi Kecepatan Pengadukan Koagulasi	80
Tabel 7.10 Data Hasil Perhitungan Kekeruhan untuk Variasi Waktu Pengadukan Koagulasi	80
Tabel 7.11 Data Hasil Perhitungan Kekeruhan untuk Variasi Rasio Biokoagulan ekstrak biji alpukat terhadap air limbah industri tahu	81
Tabel 7. 12 Data Hasil Perhitungan COD untuk Variasi Kecepatan Pengadukan Koagulasi	83
Tabel 7.13 Data Hasil Perhitungan COD untuk Variasi Waktu Pengadukan Koagulasi	84
Tabel 7.14 Data Hasil Perhitungan COD untuk Rasio Biokoagulan ekstrak biji alpukat terhadap air limbah industri tahu	85

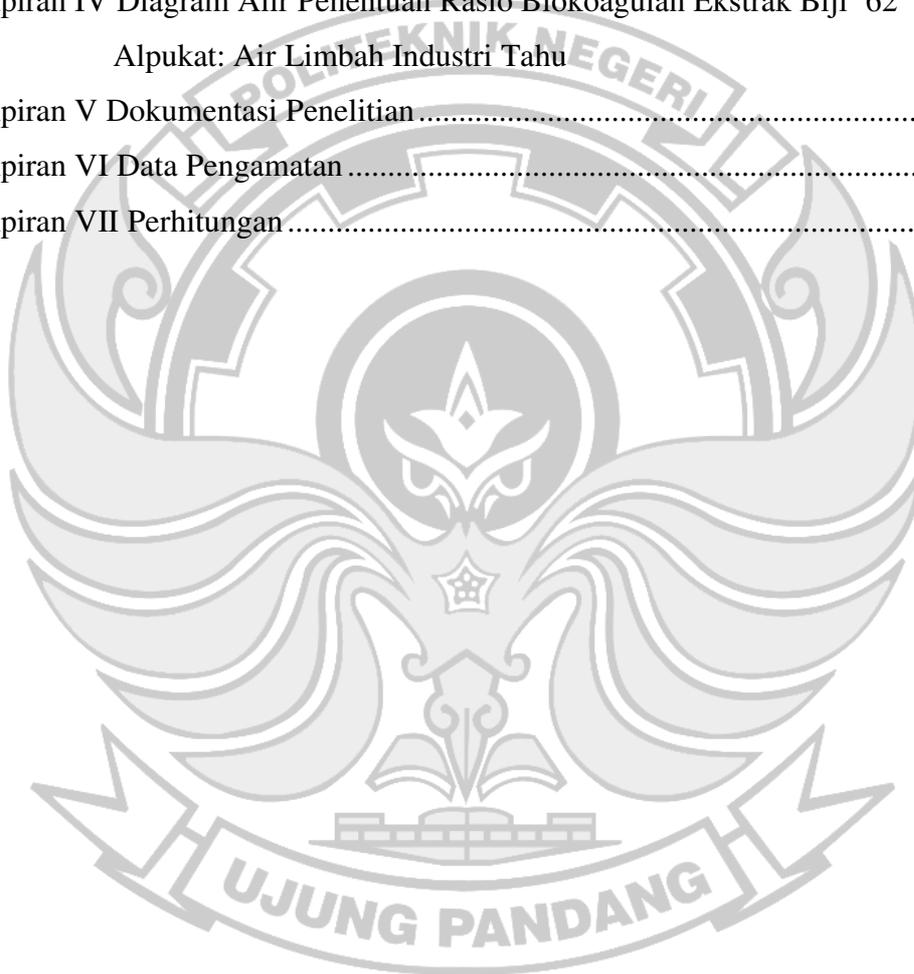
DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 2.1 Buah Alpukat.....	7
Gambar 2.2 Proses Koagulasi, Flokulasi dan Sedimentasi.....	11
Gambar 4.1 Grafik hubungan antara variasi kecepatan pengadukan cepat..... (rpm) vs efektivitas (%)	39
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara variasi waktu kecepatan pengadukan..... cepat (menit) vs efektivitas (%)	43
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara Rasio Biokoagulan ekstrak biji alpukat terhadap sampel air limbah industr tahu (ml) vs efektivitas (%)	47



DAFTAR LAMPIRAN

	Hal.
Lampiran I Diagram Alir Pembuatan Ekstrak Biji Alpukat	59
Lampiran II Diagram Alir Penentuan Kecepatan Pengadukan Koagulasi	60
Lampiran III Diagram Alir Penentuan Waktu Pengadukan Koagulasi	61
Lampiran IV Diagram Alir Penentuan Rasio Biokoagulan Ekstrak Biji Alpukat: Air Limbah Industri Tahu	62
Lampiran V Dokumentasi Penelitian	63
Lampiran VI Data Pengamatan	66
Lampiran VII Perhitungan	71



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Jusra Risnawati

NIM : 432 20 030

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dan skripsi ini yang berjudul “**Pemanfaatan Ekstrak Biji Alpukat (*Persea Americana Mill*) sebagai Biokoagulan pada Pengolahan Air Limbah Industri Tahu**” merupakan gagasan dan hasil karya saya dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah dicantumkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut tidak benar, saya siap menanggung resiko yang diterapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 3 September
2024



PEMANFAATAN EKSTRAK BIJI ALPUKAT (*PERSEA AMERICANA MILL*) SEBAGAI BIOKOAGULAN PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU

RINGKASAN

Aktivitas industri tahu menghasilkan limbah berupa air limbah padat, cair, dan gas. Limbah Industri tahu apabila tidak dilakukan pengolahan dan dibuang ke perairan, akan mempengaruhi sifat fisik, kimia air yang berpengaruh pada kelangsungan hidup organisme perairan. Koagulan berbahan dasar nabati merupakan alternatif pengganti koagulan berbahan dasar logam anorganik, karena memiliki karakteristik menguntungkan karena memungkinkan produksi lumpur yang dapat terbiodegradasi, konsumsi alkalinitasnya lebih rendah, dan dapat diperoleh dari sumber terbarukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kecepatan pengadukan koagulasi, waktu pengadukan koagulasi dan rasio biokoagulan terhadap air limbah industri tahu untuk menurunkan kadar *Total Suspended Solis* (TSS), *Total Dissolved Solid* (TDS), kekeruhan dan *Chemical Oxygen Demand* (COD).

Penelitian ini meliputi ekstraksi tanin dengan menggunakan pelarut air, proses jar test untuk pengolahan dengan biokoagulan ekstrak biji alpukat dengan pengadukan koagulasi 100, 130, 160, 190, dan 220 rpm. Waktu pengadukan koagulasi selama 1, 2, 3, 4, dan 5 menit serta rasio biokoagulan terhadap air limbah industri tahu 2:300, 3:300; 4:300; 5:300, 6:300. Sampel dianalisis TSS dan TDS dengan metode gravimetri dan dianalisis kekeruhan dengan metode turbidimeter, dan dianalisis COD dengan metode refluks terbuka.

Berdasarkan hasil penelitian, kadar tanin pada ekstrak biji alpukat yang dihasilkan adalah 0,28%. Kecepatan pengadukan koagulasi yang terbaik untuk penurunan TSS ialah 100 rpm. Kecepatan pengadukan koagulasi yang terbaik untuk penurunan kekeruhan dan TDS ialah 160 rpm, dan kecepatan pengadukan koagulasi yang terbaik dalam penurunan COD ialah 190 rpm. Waktu pengadukan koagulasi yang terbaik untuk menurunkan kadar TSS dan kekeruhan, dan COD ialah 3 menit. Waktu pengadukan koagulasi yang terbaik untuk menurunkan kadar TDS ialah 4 menit. Rasio Biokoagulan ekstrak biji alpukat pada koagulasi yang terbaik untuk menurunkan kadar TSS dan COD yaitu 4:300. Rasio biokoagulan pada koagulasi yang terbaik untuk menurunkan kekeruhan ialah 6:300. Rasio biokoagulan yang terbaik untuk menurunkan kadar TDS yaitu 3:300.

Kata kunci: biokoagulan, biji alpukat, air limbah industri tahu, tanin, TSS, TDS, kekeruhan, COD



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri tahu merupakan suatu usaha yang memiliki prospek bisnis yang sangat menjanjikan. Menurut data BPS (2021) konsumsi rata-rata tahu perkapitan sebesar 0,158 kg setiap minggunya yang mana memperlihatkan ada kenaikan jumlah sekitar 3,27% dibanding tahun 2020 sebesar 0,153 kg setiap minggu. Data konsumsi tahu memberikan gambaran bahwa minat masyarakat terhadap bahan pangan sumber protein nabati sangat diminati. Tahu merupakan bahan pangan berbahan kedelai dengan kategori makanan tradisional yang populer terutama di Asia yakni Asia Timur dan Asia Tenggara serta berkembang ke negara Eropa (Sjafruddin et al., 2024).

Perkembangan industri tahu memberikan dampak positif dengan adanya pertumbuhan ekonomi bagi masyarakat dan ketersediaan bahan pangan nabati kaya protein. Namun selain dampak positif, aktivitas industri tahu juga memberikan dampak negatif bagi lingkungan dan kehidupan jika tidak dikelola secara bertanggung jawab oleh pengusaha dan tenaga kerja Industri Tahu. Aktivitas Industri tahu menghasilkan limbah berupa air limbah padat, cair, dan gas. Industri tahu dalam mengolah kedelai akan menghasilkan air limbah yang berasal dari proses pencucian, perendaman dan penggumpalan (Sjafruddin et al., 2024). Menurut (Rajagukguk, 2020), dari produksi 100 kg kacang kedelai menghasilkan limbah cair sebanyak 800 liter per hari.

Limbah Industri tahu apabila tidak dilakukan pengolahan dan dibuang ke perairan, akan mempengaruhi sifat fisik, kimia air yang berpengaruh pada

kelangsungan hidup organisme perairan. Limbah industri tahu memiliki kandungan bahan C-Organik, yang mempengaruhi kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Limbah tahu yang mengandung BOD, COD dan bahan organik tinggi akan berpengaruh terhadap daya dukung lingkungan (Pagoray *et al.*, 2021). Menurut (Anggara *et al.*, 2023), kandungan tinggi bahan organik pada limbah tahu menyebabkan kondisi perairan menjadi anaerobik, yang dapat menghasilkan gas berbahaya seperti amonia, karbon dioksida, metana dan lain sebagainya. Selain itu kadar TSS tinggi juga bisa menyebabkan proses fotosintesis terhambat, yang mengakibatkan intensitas cahaya yang masuk keair turun.

Menurut (Setiawan *et al.*, 2021) limbah tahu juga mengandung TSS sekitar 1.301 mg/L dan memiliki PH berkisar antara 5,5 - 5,6. Limbah cair dari produksi tahu yang belum diolah memiliki kadar BOD berkisar antara 5.000 hingga 10.000 mg/L dan kadar COD sekitar 7.000 hingga 12.000 mg/L O₂ (Anggara *et al.*, 2023). Sedangkan menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Kedelai kadar TSS 200 mg/L dan COD 300 mg/L O₂ (Miller, 2000). Maka dari itu, perlu dilakukan pengolahan air limbah supaya parameter air limbah sesuai dengan standar Baku Mutu yang berlaku dan siap untuk di buang ke badan air (Chairunnisa & Fuadi, 2023).

Usaha untuk menghilangkan tingginya kandungan parameter TSS pada air limbah dapat dilakukan dengan metode koagulasi. Koagulasi adalah proses yang umum digunakan dalam pengolahan air limbah dimana senyawa seperti garam

aluminium sebagai koagulan ditambahkan ke dalam air untuk mendestabilisasi bahan koloid dan partikel kecil menjadi flok yang membesar dan dapat mengendap. Beberapa faktor yang mempengaruhi pembentukan flok yaitu Kecepatan pengadukan, Waktu pengadukan serta dosis koagulan (Asmiyarna *et al.*, 2021). Bahan kimia yang dapat dijadikan koagulan dalam proses pengolahan air limbah diantaranya yaitu *Polyaluminium Chloride* (PAC) dan Tawas (Radityaningrum & Caroline, 2017). Namun, Penggunaan koagulan sintetik atau kimia seperti tawas secara berlebihan akan menambah masalah untuk lingkungan karena akan merusak lingkungan. Untuk itu bisa menggunakan koagulan alami yang dapat diperoleh dari ekstrak hewan, mikroorganisme dan tumbuhan yang ramah lingkungan (Majid *et al.*, 2022).

Koagulan berbahan dasar nabati merupakan alternatif pengganti koagulan berbahan dasar logam anorganik, karena memiliki karakteristik menguntungkan karena memungkinkan produksi lumpur yang dapat terbiodegradasi, konsumsi alkalinitasnya lebih rendah, dan dapat diperoleh dari sumber terbarukan (Fraga-Corral *et al.*, 2020). Telah dilakukan beberapa penelitian terhadap tanaman yang memiliki potensi sebagai biokoagulan diantaranya biji kelor, biji asam jawa dan biji alpukat (Hendrawati *et al.*, 2013).

Biji Alpukat memiliki kandungan zat kimia yang bisa membantu proses pengolahan air dalam koagulasi dan flokulasi seperti senyawa tanin. Tanin yang merupakan polisakarida alami dengan berat molekul tinggi telah dilaporkan sebagai penjernih air alami yang efisien untuk semua jenis air limbah. Oleh karena itu, tanin diperkirakan merupakan koagulan alami yang paling awal

dikomersialkan dibandingkan sumber nabati lainnya (Ibrahim et al., 2021). Menurut (Rivai *et al.*, 2019) Kandungan tanin total pada biji alpukat ekstrak air sebesar 0,1804%. Kandungan tanin mampu menurunkan kadar kekeruhan dan padatan terlarut masing-masing sebesar 19,14% dan 69,33%.(A. Kristianto *et al.*, 2014).

Metode pengambilan tanin dari suatu senyawa dapat dilakukan dengan cara ekstraksi. Agar diperoleh ekstrak suatu zat yang optimal perlu diperhatikan beberapa faktor, diantaranya jenis pelarut. Tanin merupakan golongan senyawa polifenol yang sifatnya polar sehingga dapat larut dalam gliserol, alkohol dan hidroalkoholik, air dan aseton (Hamboroputro & Yuniwati, 2017). Air merupakan pelarut yang lebih disukai pada skala industri karena prosedur berbahan dasar air ini adalah yang paling sederhana untuk dilakukan, dan residu yang dihasilkan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan. Selain itu, perolehan tanin cukup tinggi, sehingga menunjukkan bahwa ekstraksi ini merupakan teknik yang efisien, baik dari segi ekonomi maupun lingkungan (Fraga-Corral *et al.*, 2020).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Berapa kecepatan pengadukan koagulasi yang optimum dalam menurunkan angka TSS, Kekeruhan, TDS, dan COD pada air limbah industri tahu?
2. Berapa waktu pengadukan koagulasi yang optimum dalam menurunkan angka TSS, Kekeruhan, TDS, dan COD pada air limbah industri tahu?

3. Berapa Rasio ekstrak biji alpukat (*Persea Americana Mill*) terhadap air limbah industri tahu yang optimum dalam menurunkan angka TSS, Kekeruhan, TDS, dan COD pada air limbah industri tahu?

1.3 Ruang Lingkup

1. Biji alpukat yang digunakan ialah biji alpukat matang, jenis alpukat yaitu alpukat mentega.
2. Air limbah industri tahu diambil dari buangan usaha pembuatan tahu berasal dari Moncongloe, Kec.Moncong Loe, kabupaten Maros, Sulawesi Selatan.
3. Analisis tanin dengan metode *Folin Cioacaltea*. Ekstraksi tanin biji alpukat dengan menggunakan pelarut air dengan pemanasan *water bath*.
4. Analisis TSS dan TDS menggunakan metode gravimetri.
5. Analisis COD menggunakan metode refluks terbuka.
6. Analisis kekeruhan menggunakan metode turbidimetri.
7. Kecepatan pengadukan flokulasi sebesar 50 rpm.
8. Waktu pengadukan flokulasi 30 menit.
9. Waktu sedimentasi selama 60 menit.

1.4 Tujuan Penelitian

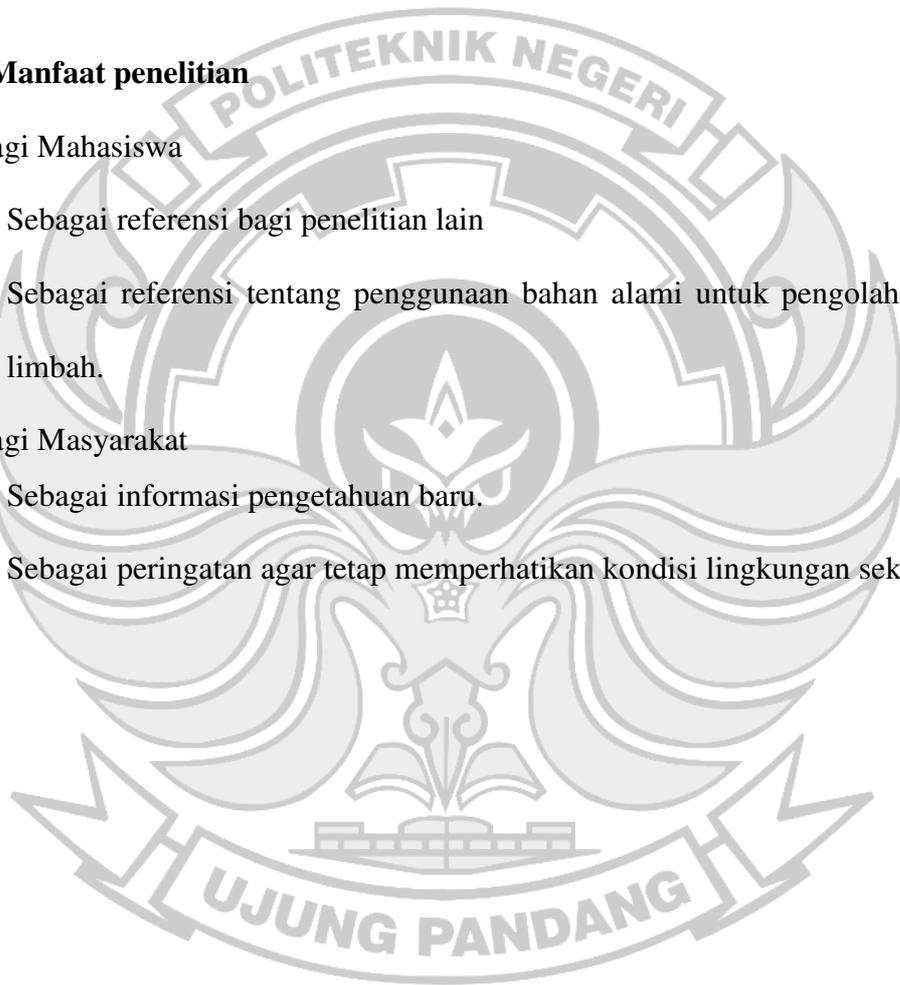
Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan kecepatan pengadukan koagulasi yang optimum dalam menurunkan angka TSS, Kekeruhan, TDS, dan COD pada air limbah industri tahu.

2. Menentukan waktu pengadukan koagulasi yang optimum dalam menurunkan angka TSS, Kekeruhan, TDS, COD pada air limbah industri tahu.
3. Menentukan Rasio ekstrak biji alpukat (*Persea Americana Mill*) terhadap air limbah industri tahu yang optimum dalam menurunkan angka TSS, Kekeruhan, TDS, dan COD pada air limbah industri tahu.

1.5 Manfaat penelitian

- a. Bagi Mahasiswa
 1. Sebagai referensi bagi penelitian lain
 2. Sebagai referensi tentang penggunaan bahan alami untuk pengolahan air limbah.
- b. Bagi Masyarakat
 1. Sebagai informasi pengetahuan baru.
 2. Sebagai peringatan agar tetap memperhatikan kondisi lingkungan sekitar.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biji Alpukat

Biji alpukat adalah limbah dari buah advokat. Berdasarkan hasil penelitian dari beberapa penelitian diantaranya Noorut *et al.* (2017), dalam analisis fitokimia dari ekstrak air, etanol, eter, dan kloroform biji alpukat menunjukkan bahwa dari ekstrak air biji alpukat mengandung senyawa-senyawa kompleks diantaranya adalah tanin, saponin, karbohidrat, dan terpenoid (Sigar *et al.*, 2020). Berikut ini gambar buah alpukat:



Gambar 2.1 Buah Alpukat
Sumber : (Rivai *et al.*, 2019)

Alpukat memiliki biji dengan bentuk bola berdiameter 2,5 sampai dengan 5 cm merupakan bagian yang berkembang dari ovule (bakal biji) dan mempunyai peran sebagai komponen regenerasi pada tanaman. Biji merupakan salah satu sumber pangan untuk manusia dan hewan. Manfaat lain adalah sebagai obat-obatan, fiber (kapas), minuman (kopi dan coklat), dan sumber minyak (Evert *et al.*, 2006). Kandungan pada biji alpukat dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Kandungan biji alpukat

Parameter (g/100g)	Biji alpukat
Protein	15,55 ± 0,36
Lipid	17,90 ± 0,4
Karbohidrat	49,03 ± 0,002
Abu	2,26 ± 0,23
Kelembaban	15,10 ± 0,14

Sumber : (Ejiofor *et al.*, 2018).

2.2 Biokoagulan Biji Alpukat

Biokoagulan merupakan penggunaan bahan natural untuk pengganti koagulan sintetik (tawas), yang berasal dari biji-bijian dari tumbuhan pangan maupun dari cangkang organisme (hewan) yang dapat mengurangi kekeruhan pada air. Koagulan alami bukan menjadi suatu hal yang baru dikarenakan sudah dari sejak puluhan tahun yang lalu telah dipergunakan oleh masyarakat dunia. (Monica Nandini & Chris Sheba, 2016)

Koagulan baru dapat diteliti untuk memfasilitasi kebutuhan pengolahan air dengan cara yang lebih ramah lingkungan dan cara penanganan yang lebih mudah. Menurunkan harga reagen juga merupakan hal yang sangat penting. Tanin kationik mungkin menjadi sumber zat koagulasi baru. Eksperimen skala laboratorium telah menunjukkan kemungkinan untuk mensintesis koagulan turunan tanin dan beberapa bahan baku tanin. Koagulan pengolahan air ini berhasil di uji pada penghilangan surfaktan, penghilangan pewarna, remediasi air limbah kota, atau klasifikasi air permukaan (Beltrán-Heredia *et al.*, 2010)

Karena terdapat beberapa jenis tanin dan fakta bahwa ekstrak tanin diperoleh dari sumber tumbuhan yang berbeda, struktur kimia tanin sangatlah kompleks dan beragam. Oleh karena itu, sulit untuk menyimpulkan struktur kimia

tanin yang tepat. Tanin umumnya diklasifikasikan dalam dua kelompok senyawa fenolik (polifenol) yaitu tanin terhidrolisis dan tanin terkondensasi. Tanin yang merupakan polisakarida alami dengan berat molekul tinggi telah dilaporkan sebagai penjernih air alami yang efisien untuk semua jenis air limbah. Oleh karena itu, tanin diperkirakan merupakan koagulan alami yang paling dikomersialkan dibandingkan dengan sumber nabati lainnya (Ibrahim *et al.*, 2021).

Koagulan alami memiliki keuntungan besar dalam pengolahan air. Masyarakat luar negeri sangat tertarik untuk pengolahan dengan biaya murah serta membantu menyediakan air murni bagi penduduk terutama bagi negara-negara berkembang yang sulit untuk mendapatkan air murni (Monica Nandini & Chris Sheba, 2016). Selain itu, tersedianya metode ekstraksi sederhana yang dapat digunakan untuk ekstraksi tanin menjadikannya lebih disukai dibandingkan ekstrak tumbuhan lainnya sehingga memiliki keunggulan dari aspek penelitian dan keunggulan, serta penggunaan tanin sebagai koagulan lebih menguntungkan karena tidak diperlukan proses pemurnian atau isolasi lebih lanjut sehingga dapat menghemat waktu dan biaya (Ibrahim *et al.*, 2021).

2.3 Koagulasi, Flokulasi dan Sedimentasi

Koagulasi-flokulasi merupakan suatu proses yang diperlukan untuk menghilangkan material limbah berbentuk suspensi atau koloid. Koloid merupakan suatu partikel-partikel yang tidak dapat mengendap dalam waktu tertentu dan tidak dapat dihilangkan dengan proses perlakuan fisika biasa. Koagulasi itu sendiri adalah proses destabilisasi partikel senyawa koloid dalam limbah cair. Dapat dikatakan pula suatu proses pengendapan dengan

menambahkan bahan koagulan ke dalam limbah cair sehingga terjadi endapan pada dasar tangka pengendapan (Setyawati *et al.*, 2019).

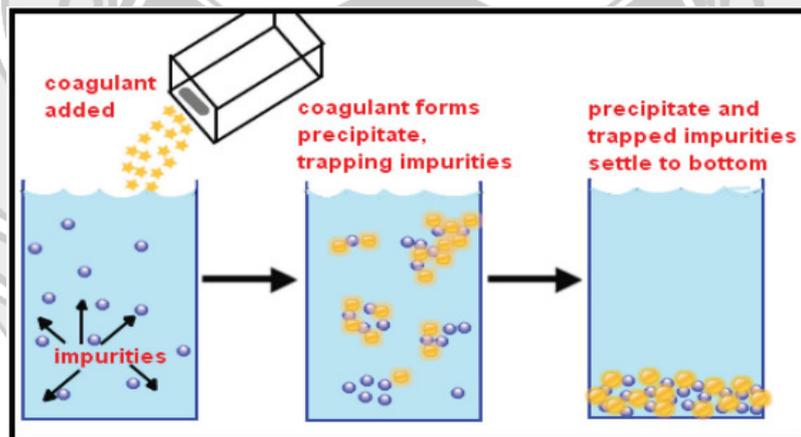
Koagulasi adalah proses pengolahan air atau limbah cair dengan cara menstabilisasi partikel-partikel koloid untuk memfasilitasi pertumbuhan partikel selama flokulasi, sedangkan flokulasi itu adalah proses pengolahan air dengan cara mengadakan kontak diantara partikel-partikel koloid yang mengalami destabilisasi sehingga ukuran partikel-partikel tersebut bertambah menjadi partikel-partikel yang lebih besar (Putra *et al.*, 2013).

Prinsip dasar proses koagulasi adalah terjadinya gaya tarik menarik antara ion-ion negatif disuatu pihak dengan ion-ion positif di pihak lain. Yang bertindak sebagai ion negatif adalah partikel-partikel yang terdiri dari zat-zat organik (partikel koloid), mikroorganisme, dan bakteri. Sedangkan flokulasi merupakan proses kelanjutan dari proses koagulasi, dimana mikroflok hasil koagulasi mulai menggumpalkan partikel-partikel koloid menjadi flok-flok yang lebih besar yang dapat diendapkan dan proses ini dibantu dengan pengadukan lambat (Setyawati *et al.*, 2019).

Sedimentasi adalah suatu proses pengendapan padatan dalam cairan karena adanya gaya gravitasi. Ketika suatu partikel padatan berada pada jarak yang cukup jauh dari dinding atau partikel padatan lainnya, kecepatan jatuhnya tidak dipengaruhi oleh gesekan dinding maupun dengan partikel lainnya. Ketika partikel padatan berada pada keadaan saling berdesakan maka partikel akan mengendap pada kecepatan rendah, peristiwa ini disebut *hindered settling* (Geankoplis, 2003). Akibat dari hal ini, pada proses sedimentasi kecepatan

endapan yang turun ke bawah semakin lama semakin lambat, sehingga untuk memperoleh hasil sedimentasi sampai proses pengendapan berhenti memerlukan waktu yang cukup lama. Guna menghasilkan proses sedimentasi yang optimum perlu menentukan waktu pengendapan yang efektif. Proses sedimentasi banyak terjadi pada proses penjernihan air, pengolahan limbah, maupun erosi. Pada umumnya proses sedimentasi dilakukan setelah proses koagulasi dan flokulasi, tujuannya adalah untuk memperbesar partikel padatan sehingga menjadi lebih berat dan dapat tenggelam dalam waktu lebih singkat (L *et al.*, 2014).

Proses koagulasi, Flokulasi, dan sedimentasi dapat di lihat pada gambar 2.2



Gambar 2. 2 Proses Koagulasi, Flokulasi, dan sedimentasi

2.3.1 Faktor-faktor yang mempengaruhi Proses Koagulasi-Flokulasi

Proses koagulasi dan flokulasi yang optimum banyak di pengaruhi variable-variabel yang kompleks, adapun variabel yang mempengaruhi adalah:

1. Tingkat kekeruhan

Pada tingkat kekeruhan yang rendah, proses destabilisasi akan sukar terjadi. Sebaliknya, pada tingkat kekeruhan air yang tinggi maka proses destabilisasi akan berlangsung cepat. Tetapi, apabila kondisi tersebut digunakan dosis

koagulan yang rendah maka pembentukan flok kurang efektif (Rahimah *et al.*, 2016). Kebutuhan koagulan tergantung pada kekeruhan. Kekeruhan yang tinggi dapat menyebabkan proses koagulasi menjadi lebih efektif, tetapi penambahan koagulan tidak selalu berkorelasi linear terhadap kekeruhan. Demikian juga dengan penurunan warna < 5 ptCo sangat sulit dengan proses koagulasi karena membutuhkan dosis yang tinggi, tetapi penurunan warna sampai ± 15 PtCo lebih mudah dilakukan (Firra Rosariawari, 2008).

2. Kuantitas dan Karakteristik Air

Ukuran partikel yang tidak seragam jauh lebih mudah untuk dikoagulasi. Hal ini karena pusat aktif lebih mudah terbentuk pada partikel yang besar mempercepat terjadinya pengendapan. Kombinasi dari kedua jenis partikel ini menyebabkan semakin mudahnya proses koagulasi (Firra Rosariawari, 2008).

3. Pengaruh pH

Proses koagulasi akan berjalan dengan baik bila berada pada pH yang optimum. Pada pH operasi optimum, partikel koloid akan bertindak sebagai inti dan memicu pembentukan agregasi (*sweep flocculation*) (Asmiyarna *et al.*, 2021). Pemilihan pH yang tepat akan mengakibatkan dosis koagulan yang digunakan untuk memperoleh effluent yang optimum adalah kecil. Hal ini disebabkan oleh sifat kimia koagulan yang sangat tergantung pada pH. Adanya Batasan nilai pH terjadi karena pengaruh jenis koagulan dalam air dalam menentukan konsentrasi koagulan yang digunakan (Firra Rosariawari, 2008).

4. Kecepatan pengadukan dan waktu pengadukan

Kecepatan pengadukan sangat berhubungan dengan proses pencampuran koagulan kedalam air, proses destabilisasi partikel dan perpindahan serta penggabungan presipitat yang terbentuk menjadi flok-flok (Firra Rosariawari, 2008). Tujuan pengadukan adalah untuk mencampurkan koagulan ke dalam air. Dalam pengadukan hal-hal yang perlu diperhatikan adalah harus benar-benar merata, sehingga semua koagulan yang dibubuhkan dapat bereaksi dengan partikel-partikel atau ion-ion yang berada dalam air (Rahimah *et al.*, 2016).

Kecepatan pengadukan sangat berpengaruh terhadap pembentukan flok apabila pengadukan terlalu lambat mengakibatkan lambatnya flok terbentuk dan sebaliknya apabila pengadukan terlalu cepat berakibatkan pecahnya flok yang terbentuk (Rahimah *et al.*, 2016). Waktu pengadukan juga sangat berpengaruh karena berhubungan dengan waktu bertumbukan satu sama lain sehingga cukup untuk membentuk flok dengan kualitas terbaik (Firra Rosariawari, 2008).

5. Temperatur

Temperatur yang rendah memberikan efek yang merugikan terhadap efisiensi semua proses pengolahan. Waktu kontak dalam fasilitas koagulasi-flokulasi sebaiknya diatur. Semakin rendah temperature membutuhkan waktu kontak semakin lama karena mempengaruhi pembentukan flok-flok supaya cepat mengendap di bak pengendap (Firra Rosariawari, 2008).

6. Jenis koagulan

Jenis koagulan akan mempengaruhi mekanisme destabilisasi partikel koloid. Hal ini disebabkan karena setiap koagulan memiliki karakteristik yang

berbeda-beda (Asmiyarna *et al.*, 2021). Pemilihan jenis koagulan didasarkan pada pertimbangan segi ekonomis dan daya efektivitas daripada koagulan dalam pembentukan flok. Koagulan dalam bentuk larutan lebih efektif dibanding koagulan dalam bentuk serbuk atau butiran (Rahimah *et al.*, 2018).

Ada beberapa jenis koagulan yang digunakan dalam pengolahan air limbah, seperti polimer anorganik dan organik. Namun, polimer umumnya lebih mahal dibandingkan koagulan anorganik. Hal ini tergantung pada jenis dan jumlah bahan kimia yang mungkin dikandung koagulan. Pemilihan koagulan yang cocok untuk pengolahan air limbah sangat penting, yang juga bergantung pada kandungan kimia air, hidrodinamika, dan kondisi pengoperasian sistem pengolahan (Buckner *et al.*, 2016).

7. Dosis koagulan

Dosis koagulan merupakan faktor energik dalam mengetahui bagaimana ion logam bereaksi dengan bahan norganik dalam air limbah untuk meningkatkan kejernihannya (Buckner *et al.*, 2016). Dosis koagulan ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu jenis koagulan dan pH air (Asmiyarna *et al.*, 2021). Untuk menghasilkan inti flok yang lain dari proses koagulasi dan flokulasi sangat tergantung dari dosis koagulasi yang dibutuhkan bisa pembubuhan koagulan sesuai dengan dosis yang dibutuhkan maka proses pembentukan inti flok akan berjalan dengan baik (Rahimah *et al.*, 2018).

2.4 Air Limbah Industri Tahu

Air Limbah tahu berasal dari buangan atau sisa pengolahan kedelai menjadi tahu yang terbuang karena tidak terbentuk dengan baik menjadi tahu sehingga

tidak dapat dikonsumsi. Limbah industri tahu umumnya dibagi menjadi dua limbah, yaitu limbah padat dan limbah cair. Air Limbah merupakan limbah yang berpotensi besar dalam mencemari lingkungan. Pada proses produksi tahu, air banyak digunakan sebagai bahan pencucian dan merebus kedelai untuk proses produksinya. Akibat dari banyaknya pemakaian air dalam proses pembuatan tahu maka limbah cair yang dihasilkan juga cukup besar (AMADEA, 2018)

Air Limbah tahu ini terjadi karena adanya sisa air tahu yang tidak menggumpal, potongan tahu yang hancur karena proses penggumpalan yang tidak sempurna serta cairan keruh kekuningan yang dapat menimbulkan bau yang tidak sedap jika dibiarkan. Sehingga, limbah industri tahu dapat menimbulkan masalah dalam penanganannya karena mengandung bahan organik yang tinggi dan dapat bertindak sebagai sumber makanan bagi pertumbuhan mikroba. Dengan pasokan makanan yang berlimpah, mikroorganisme akan berkembang biak dengan cepat dan mereduksi oksigen terlarut yang terdapat dalam air (AMADEA, 2018).

Limbah merupakan sisa dari suatu kegiatan atau usaha yang mengandung bahan berbahaya dan beracun. Limbah bahan berbahaya dan beracun adalah limbah yang bersifat baik konsentrasi maupun jumlahnya dapat mencemari lingkungan dan manusia (Masitho *et al.*, 2019). Limbah cair dari proses industri tahu merupakan limbah yang kaya akan kadar zat organik. Yang jika dilepaskan tanpa diolah terlebih dahulu akan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan disekitar pabrik tersebut. Dan limbah cair tersebut merupakan sumber nutrisi yang diperlukan mikroorganisme untuk tumbuh (Chairunnisa & Fuadi, 2023).

Pencemaran limbah cair pada industri tahu berasal dari proses perendaman, bekas pencucian kedelai, pencucian peralatan proses produksi tahu, penyaringan dan pengepresan atau pencetakan tahu. Air limbah tersebut mengandung bahan organik, dan apabila langsung di buang ke badan air penerima, tanpa adanya proses pengolahan maka akan menimbulkan pencemaran, seperti menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap dan berkurangnya oksigen yang terlarut dalam air sehingga mengakibatkan organisme yang hidup di dalam air terganggu karena kehidupannya tergantung pada lingkungan sekitarnya. Pencemaran yang dilakukan secara terus menerus akan mengakibatkan matinya organisme yang ada di dalam air, mengingat air berubah kondisinya menjadi anaerob (AMADEA, 2018).

Air Limbah tahu telah diatur dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 15 Tahun 2018 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pengolahan Kedelai. Baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan kedelai adalah untuk parameter pH, BOD, COD dan TSS (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 15 Tahun, 2008).

2.4.1 Karakteristik Air Limbah Industri Tahu

Secara umum sifat limbah tahu dapat diklasifikasikan menjadi sifat fisik, kimia, dan biologi. Namun, pada limbah cair tahu terdapat dua karakteristik sifat fisik dan kimia. Parameter yang digunakan untuk menemukan sifat limbah tahu adalah:

1. Parameter fisik yaitu parameter yang terwujud berupa suhu, zat padat, kekeruhan, bau dan lain-lain.

2. Parameter kimia berupa kandungan senyawa di dalam suatu zat dibedakan atas kimia organik dan kimia anorganik. Kandungan organik seperti nilai BOD, COD, Oksigen terlarut (DO), minyak atau lemak, nitrogen total, dan lain-lain. Sedangkan kimia anorganik meliputi pH, Pb, Ca, Fe, Cu, Na, sulfur dan lain-lain (Wicaksana & Rachman, 2018).

2.4.2 Dampak Air Limbah Industri Tahu

Air Limbah yang dihasilkan pada proses pembuatan tahu mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut, akan mengalami perubahan fisika, kimia, dan akan menimbulkan gangguan terhadap kesehatan karena menghasilkan zat beracun. Bila di biarkan begitu saja, air limbah akan berubah warna menjadi coklat kehitaman dan berbau busuk. Apabila air limbah ini merembes ke dalam tanah yang dekat dengan sumur maka air sumur itu tidak dapat dimanfaatkan lagi. Apabila limbah ini dialirkan ke sungai maka akan mencemari sungai dan apabila digunakan akan menimbulkan gangguan kesehatan. Selain itu pencemaran bahan organik limbah industri tahu adalah gangguan terhadap biotik. Turunnya kualitas air perairan akibat meningkatnya kandungan bahan organik (Setyawati *et al.*, 2019).

2.4.3 Baku Mutu Air Limbah Pengolahan Kedelai

Berikut ini adalah baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan kedelai sesuai dengan (*Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Nomor:15 Tahun 2018 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Kedelai*).

Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah 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			
Kualitas air limbah paling tinggi (m ³ /ton)	10		20		10	

Sumber: (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 15 Tahun, 2018).

Keterangan:

1. *) kecuali untuk PH
2. Satuan kuantitas air limbah adalah m per ton bahan baku.
3. Satuan beban adalah kg per ton bahan baku

2.5 Kekeruhan

Kekeruhan menunjukkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut. Semakin tinggi kandungan bahan tersuspensi tersebut, maka air semakin keruh (Sayow *et al.*, 2020).

Air dikatakan keruh, apabila air tersebut mengandung begitu banyak partikel bahan yang tersuspensi sehingga memberikan warna/rupa. Dari sifat pengendapannya, bahan-bahan yang mengakibatkan kekeruhan air dapat dibedakan dalam dua jenis yaitu bahan-bahan yang mudah diendapkan (*settleable*) dan bahan-bahan yang sukar mengendap. Tingginya nilai kekeruhan juga dapat

mempersulit usaha penyaringan dan mengurangi efektifitas desinfeksi pada proses penjernihan air. Semakin tinggi kekeruhan air menandakan semakin banyak partikel koloid dalam air yang dapat mengganggu pencahayaan dalam air (Ashari, 2020).

Kekeruhan membatasi pencahayaan ke dalam air karena gaya tarik menarik antara molekul yang terjadi antara benda-benda yang bersentuhan. Sekalipun ada pengaruh padatan terlarut atau partikel yang melayang dalam air namun penyerapan cahaya dipengaruhi bentuk dan ukurannya. Kekeruhan terjadi karena adanya bahan terapung dan terurainya zat tertentu seperti bahan organik, jasad renik, lumpur, tanah liat, dan benda lain yang melayang ataupun terapung dan sangat halus (Azhari, 2016).

2.6 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid atau total padatan tersuspensi dalam air merupakan partikel-partikel anorganik, organik, dan cairan yang tidak dapat bercampur dalam air. Senyawa padatan anorganik antara lain berupa tanah, tanah liat, dan lumpur, sedangkan senyawa padat organik yang sering dijumpai adalah serat tumbuhan, sel ganggang dan bakteri. Padatan-padatan ini merupakan pencemar alam yang berasal dari pengikisan air (erosi) saat mengalir (Nasution, 2021).

Total Suspended Solid atau residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Pembentukan lumpur dapat mengganggu aliran serta menyebabkan pendangkalan yang disebabkan oleh jumlah pengendapan material tersuspensi. Proses fotosintesis akan terganggu jika kadar TSS dalam air terlalu tinggi karena

menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam air. Selain itu, kadar TSS yang tinggi akan membuat kadar oksigen terlarut yang dilepas oleh tanaman ke dalam air turun (Jayaning Ratri & Argoto Mahayana, 2022).

Padatan tersuspensi total dapat mengancam kehidupan spesies ikan, yang menyebabkan infeksi yang menyusahkan dimana abrasi insang parah. Kemampuan mencari makanan ikan juga berkurang karena halangan yang disebabkan oleh padatan yang bergerak dalam suspensi yang selanjutnya membuat spesies ini tersedia bagi predator. Oksigen terlarut yang ada di dalam air sangat dipengaruhi oleh adanya partikel tersuspensi. Sinar matahari yang diserap oleh partikel tersuspensi, meningkatkan suhu air yang mengurangi kapasitas menahan oksigen dari air hangat dan mengganggu spesies air dingin, keberadaan TSS lebih lanjut mengurangi produksi oksigen karena mengganggu penetrasi cahaya yang diperlukan untuk fotosintesis oleh tanaman (Listyaningrum, 2010).

2.7 Total Dissolved Solid (TDS)

Total Dissolved Solid atau disingkat dengan TDS adalah benda padat yang terlarut yaitu semua mineral, garam, logam, serta kation-kation yang terlarut di air. Termasuk semua yang terlarut di luar molekul air murni (H_2O). Secara umum konsentrasi benda-benda padat terlarut merupakan jumlah antara kation dan anion di dalam air. TDS terukur dalam satuan parts per million (ppm) atau perbandingan rasio berat ion terhadap air (Nasution, 2021).

TDS adalah padatan-padatan yang mempunyai ukuran lebih kecil dari padatan tersuspensi. Bahan-bahan terlarut pada perairan alami tidak bersifat toksik, akan tetapi jika berlebihan dapat meningkatkan nilai kekeruhan yang selanjutnya

akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam air dan akhirnya berpengaruh terhadap proses fotosintesis diperairan. Tingginya kadar TDS apabila tidak dikelola dan diolah dapat mencemari badan air. Selain itu juga dapat mematikan kehidupan aquatik, dan memiliki efek samping yang kurang baik pada kesehatan manusia karena mengandung bahan kimia dengan konsentrasi yang tinggi antara lain fosfat, surfaktan, ammonia, dan nitrogen serta kadar padatan tersuspensi maupun terlarut, kekeruhan, BOD₅ dan COD yang tinggi (Kustiyaningsih & Irawanto, 2020).

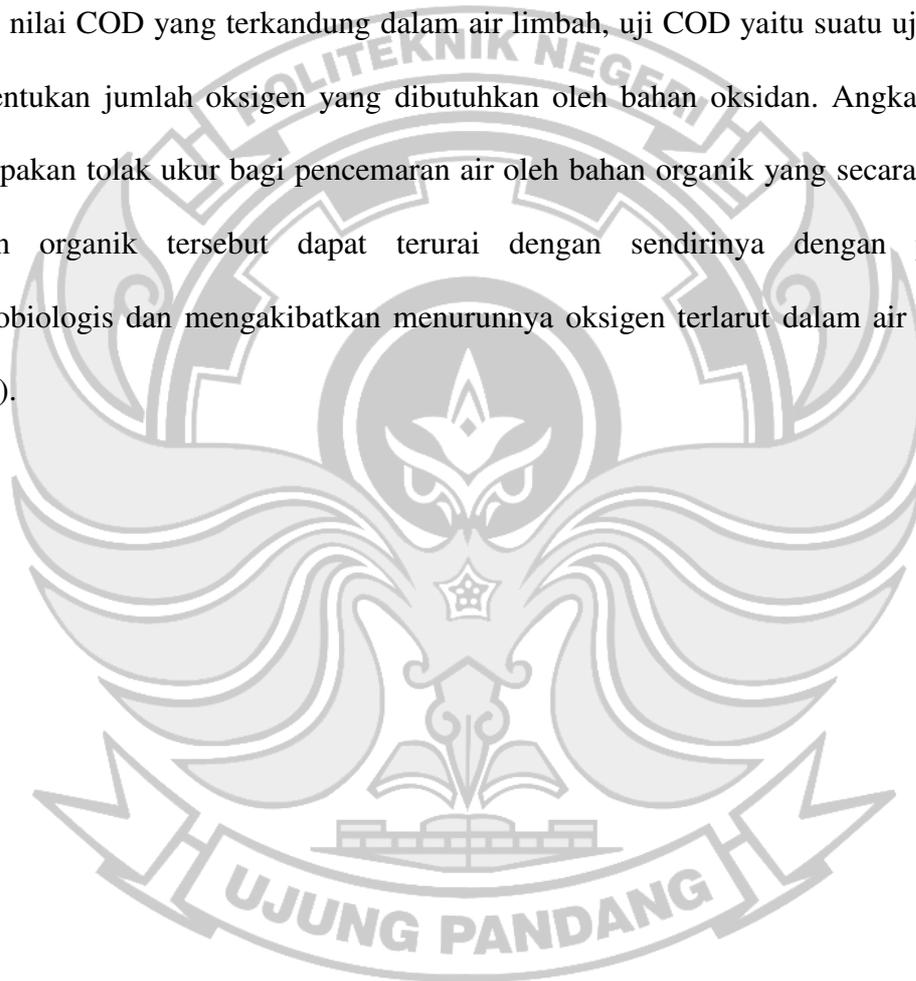
2.8 Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Uji COD biasanya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi daripada BOD karena banyak bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dapat teroksidasi.

Dalam hal ini bahan buangan organik akan dioksidasi oleh Kalium bikromat atau $K_2Cr_2O_7$ menjadi gas CO_2 dan H_2O serta jumlah ion chrom. $K_2Cr_2O_7$ digunakan sebagai sumber oksigen. Warna larutan air lingkungan yang mengandung bahan buangan organik sebelum reaksi oksidasi adalah kuning. Setelah reaksi oksidasi selesai maka akan berubah menjadi hijau. Jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk reaksi oksidasi terhadap barang buangan organik sama dengan jumlah kalium bikromat. Mungkin banyak kalium bikromat yang dipakai pada reaksi oksidasi berarti makin banyak oksigen yang diperlukan. Ini berarti air

lingkungan makin banyak tercemar oleh bahan buangan organik. Dengan demikian maka seberapa jauh tingkat pencemaran air lingkungan dapat ditentukan.

Nilai COD menunjukkan kebutuhan oksigen yang digunakan untuk menguraikan bahan organik dalam air dengan cara kimia, khususnya zat organik yang tidak dapat diuraikan pada proses biologis. Cara untuk mengetahui seberapa besar nilai COD yang terkandung dalam air limbah, uji COD yaitu suatu uji yang menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan. Angka COD merupakan tolak ukur bagi pencemaran air oleh bahan organik yang secara alami bahan organik tersebut dapat terurai dengan sendirinya dengan proses mikrobiologis dan mengakibatkan menurunnya oksigen terlarut dalam air (Rara, 2022).



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Organik dan Laboratorium Pengolahan Limbah Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia Kampus 1 dan Kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang selama 5 bulan yaitu mulai bulan Maret sampai bulan Juli 2024.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Jar test*, peralatan gelas blender, oven, kertas saring $1,5\ \mu\text{m}$, saringan/ayakan 250 mesh, pengangga gelas beaker, neraca analitik, penyaring vacuum, stopwatch, turbidimeter, cawan porselen, buret, *Water Bath*, Spektrofotometer Uv-Vis, Rotary Evaporator, Seperangkat alat refluks terbuka, alat tulis menulis.

3.2.2 Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

Air imbah industri tahu, HgSO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, Pereaksi ($\text{AgSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$), FAS 0,25 N, Indikator Feroin, Aquabides, Aluminium foil, biji alpukat, aquadest, Indikator metil merah, Na_2CO_3 , asam galat, larutan Folin.

3.3 Prosedur Penelitian

Langkah Kerja Pengambilan Sampel Air Limbah

1. Diambil sampel air limbah pada bak penampungan air limbah industri tahu.
2. Sampel air limbah dibawa ke Laboratorium.
3. Didiamkan sampel hingga suhu ruang.
4. Sampel dihomogenkan dan siap untuk dianalisis dan diolah.

3.3.1 Pembuatan Koagulan Ekstrak Biji Buah Alpukat dengan Metode Ekstraksi

Water Bath dengan Pelarut Air

1. Biji Alpukat dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 50°C selama 48 jam. Biji alpukat yang sudah kering diblender sampai halus dan diayak dengan ayakan 250 mesh.
2. Ditimbang biji alpukat sebanyak 200 gram, lalu dimasukkan kedalam gelas kimia 2000 ml.
3. Ditambahkan air sebanyak 2000 ml kedalam gelas kimia, kemudian dipanaskan dengan penangas air (*Water bath*) dengan suhu *water bath* 60-80°C selama 30 menit, kemudian disaring dengan menggunakan kain flannel kemudian dilanjutkan pemanasan sampai filtrat pada gelas kimia menjadi 3/4.

3.3.2 Langkah Kerja Analisis kandungan tanin dengan metode *Folin Ciocalteu* menggunakan spektrofotometer

- a. Pembuatan larutan standar Asam Galat dan Kurva standar
 1. Ditimbang asam tanat sebanyak 0,01gram kemudian dimasukkan kedalam labu takar 100 ml dan ditambahkan aquadest sampai tanda batas lalu dikocok hingga homogen. Larutan tersebut dijadikan sebagai larutan induk

2. Diambil masing-masing 0,2 ml, 0,4 ml, 0,6 ml, 0,8 ml, dan 1 ml kedalam labu takar 10 ml lalu ditambahkan aquadest sampai tanda batas kemudian dihomogenkan.
 3. Masing-masing konsentrasi larutan asam tanat ditambahkan reagen *Folin-Ciocalteu* sebanyak 0,5 ml dan dikocok hingga homogen lalu didiamkan ± 3 menit.
 4. Ditambahkan Na_2CO_3 sebanyak 1 ml lalu dihomogenkan.
 5. Ditambahkan aquadest sampai tanda batas 10 ml. Kemudian didiamkan pada suhu kamar sekitar ± 30 menit.
 6. Selanjutnya, serapannya diukur menggunakan alat Spektrofotometer UV-VIS pada Panjang gelombang maksimum 645 nm.
 7. Dibuatkan kurva kalibrasi dengan menggunakan persamaan regresi $y = bx+a$.
- b. Analisis Kadar Tanin dengan Spektrofotometer (UV-Vis)
1. Dipipet 0,2 ml ekstrak ke dalam labu takar 10 ml lalu ditambahkan reagen *Folin-Ciocalteu* 10% sebanyak 0,5 ml dan dikocok hingga homogen lalu didiamkan ± 3 menit.
 2. Ditambahkan Na_2CO_3 sebanyak 1 ml lalu dihomogenkan.
 3. Ditambahkan aquadest sampai tanda batas 10 ml. Kemudian didiamkan pada suhu kamar sekitar ± 30 menit.
 4. Selanjutnya, serapannya diukur menggunakan alat Spektrofotometer UV-VIS pada Panjang gelombang maksimum 645 nm.

3.3.3 Langkah Kerja Penentuan kecepatan pengadukan koagulasi

1. Disiapkan gelas kimia dengan ukuran 500ml.

2. Dimasukkan sampel air limbah industri ke dalam gelas kimia sebanyak 300 ml.
3. Ditambahkan biokoagulan ekstrak biji alpukat kedalam gelas kimia sebanyak 4 ml.
4. Dilakukan pengadukan dengan menggunakan *Jar test* dengan kecepatan pengadukan koagulasi sebesar 100 rpm selama 3 menit dan dilanjutkan dengan pengadukan lambat 50 rpm selama 30 menit.
5. Setelah itu dilakukan sedimentasi selama 1 jam.
6. Diambil sampelnya kemudia dianalisis TSS, Kekeruhan, TDS, dan COD.
7. Dilakukan langkah 1-6 dengan kecepatan pengadukan koagulasi sebesar 130 rpm, 160 rpm, 190 rpm, dan 220 rpm.

3.3.5 Langkah Kerja Penentuan Waktu Pengadukan Koagulasi

1. Disiapkan gelas kimia dengan ukuran 500 ml.
2. Dimasukkan sampel air limbah industri tahu ke dalam gelas kimia sebanyak 300 ml.
3. Ditambahkan biokoagulan ekstrak biji alpukat kedalam gelas kimia sebanyak 4 ml.
4. Dilakukan pengadukan dengan menggunakan *Jar test* dengan kecepatan pengadukan cepat 100 rpm, selama 1 menit dan dilanjutkan dengan pengadukan lambat 50 rpm selama 30 menit.
5. Dilakukan sedimentasi selama 1 jam.
6. Diambil sampelnya kemudian dianalisis TSS, Kekeruhan, TDS, dan COD.

7. Dilakukan langkah 1-6 dengan waktu pengadukan koagulasi selama 2, 3, 4, dan 5 menit.

3.3.6 Langkah kerja penentuan rasio biokoagulan terhadap air limbah industri tahu

1. Disiapkan gelas kimia dengan ukuran 500 ml.
2. Dimasukkan sampel air limbah cair industri tahu ke dalam gelas kimia masing-masing sebanyak 300 ml.
3. Ditambahkan ekstrak biokoagulan biji alpukat kedalam gelas kimia dengan jumlah biokoagulan ekstrak biji alpukat sebesar 4 ml
4. Dilakukan pengadukan dengan menggunakan *Jar test* dengan kecepatan pengadukan koagulasi 100 rpm, selama 3 menit dan dilanjutkan dengan pengadukan lambat 50 rpm selama 30 menit.
5. Dilakukan sedimentasi selama 1 jam.
6. Diambil sampelnya kemudian dilakukan analisis TSS, Kekeruhan, TDS, COD.
7. Dilakukan langkah 1-6 dengan jumlah biokoagulan ekstrak biji alpukat sebesar 2, 3, 5, dan 6 ml

3.3.7 Langkah Kerja Analisis Kekeruhan

Analisis kekeruhan merujuk pada Standardisasi Nasional Indonesia (06-6989.25-2005), dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Dibilas kuvet dengan air aquadest.
2. Dimasukkan sampel air limbah ke dalam kuvet sampai batas garis.

3. Dilap sisa-sisa air pada kuvet sampai dipastikan bagian luar kuvet kering dan meletakkan kuvet di alat turbidimeter.
4. Ditekan tombol “power” pada alat turbidimeter, setelah itu tekan tombol “zero” pada alat.
5. Selanjutnya ditekan tombol “test/call” pada alat, dicatat hasil angka pengukuran yang terbaca oleh alat.
6. Alat dimatikan, setelah itu dikeluarkan kuvet dan dibilas dengan aquadest.
7. Diulangi langkah 1-6 untuk semua sampel.
8. Dihitung dengan rumus

$$\% P = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Keterangan:

% P = efisiensi penurunan

3.3.8 Langkah Kerja Analisis *Total Suspended Solid* (TSS)

Analisis *Total Suspended Solid* (TSS) pada penelitian ini menggunakan metode gravimetri berdasarkan SNI 6989.3:2019.

A. Persiapan Media Penyaring

1. Kertas saring ukuran pori 1,5 μm diletakkan pada alat penyaring, kemudian di bilas dengan aquades sebanyak 20 ml dan dilanjutkan penghisapan hingga tiris.
2. Kertas saring dipindahkan dari peralatan penyaring ke dalam cawan petri menggunakan pinset dengan posisi kertas saring menyandar cawan.
3. Cawan petri yang berisi kertas saring dikeringkan ke dalam oven pada suhu 103°C - 105°C selama 1 jam.

4. Selanjutnya cawan petri didinginkan dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang menggunakan media penyangga gelas beker 50 ml pada neraca analitik dengan keterbacaan 0,1 mg.
5. Langkah tersebut diulangi beberapa kali hingga diperoleh berat tetap (dicatat sebagai W_0 mg).

B. Analisis *Total Suspended Solid* (TSS)

1. Penyaringan dilakukan dengan peralatan penyaring, media penyaring dibasahi dengan sedikit aquades.
2. Sampel diaduk hingga homogen dan ditakar dalam gelas ukur 50 ml, selanjutnya dimasukkan ke dalam media penyaring dan nyalakan sistem vacuum.
3. Media penyaring dibilas dengan aquades 10 ml sebanyak 3 kali, dilanjutkan penyaringan hingga tiris.
4. Media penyaring (kertas saring) dipindahkan secara hati-hati dari peralatan penyaring ke dalam cawan petri menggunakan pinset dengan posisi kertas saring menyandar cawan.
5. Cawan petri yang berisi kertas saring dikeringkan di dalam oven pada suhu 103°C - 105°C selama 1 jam.
6. Selanjutnya didinginkan dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang menggunakan media penyangga gelas beker 50 ml pada neraca analitik dengan keterbacaan 0,1 mg.
7. Langkah tersebut diulangi beberapa kali hingga diperoleh berat tetap (dicatat sebagai W_1 mg).

8. Diulangi langkah 1-7 untuk semua sampel.

9. Dihitung dengan rumus

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V}$$

Keterangan:

W_0 : Berat awal (mg)

W_1 : Berat akhir (mg)

V : Volume contoh uji (mL)

1000 : Konversi mililiter ke liter (mL/L)

3.3.9 Langkah Kerja Analisis *Total Dissolved Solid* (TDS)

Analisis *Total Dissolved Solid* (TDS) pada penelitian ini menggunakan metode gravimetri berdasarkan SNI 6989.27:2019.

a. Persiapan Media Penyaring

1. Kertas saring ukuran pori $1,5 \mu\text{m}$ diletakkan pada alat penyaring, kemudian di bilas dengan aquades sebanyak 20 ml dan dilanjutkan penghisapan hingga tiris.
2. Air tampungan hasil pembilasan dibuang lalu kertas saring siap untuk digunakan.

b. Persiapan cawan

1. Cawan porselen yang telah bersih dipanaskan pada suhu 180°C selama 1 jam di dalam oven.
2. Cawan porselen dipindahkan dari oven dengan penjepit dan didinginkan dalam desikator selama 30 menit.

3. Setelah dingin segera ditimbang menggunakan neraca analitik dengan tingkat ketelitian 0,1 mg.
 4. Langkah tersebut diulangi beberapa kali hingga memperoleh berat tetap (dicatat sebagai W_0 mg).
- c. Analisis Total Dissolved Solid (TDS)
1. Tahapan selanjutnya yaitu contoh uji diaduk agar homogen kemudian ditakar dalam gelas ukur 100 ml.
 2. Setelah itu, contoh uji dimasukkan ke dalam alat penyaring yang telah dilengkapi dengan alat pompa menghisap dan media saring.
 3. Alat penyaring dioperasikan dengan cara dinyalakan pompa penghisap dan media penyaring berupa kertas saring dibilas dengan 10 ml aquades sebanyak 3 kali.
 4. Penyaringan ditampung menggunakan gelas beker 50 ml, selanjutnya filtrat diambil sebanyak 25 ml ke dalam cawan porselen yang telah mempunyai berat tetap.
 5. Cawan porselen yang telah berisi filtrat diuapkan ke dalam *waterbath* hingga semua teruapkan.
 6. Setelah itu, cawan porselen dimasukkan ke dalam oven pada suhu 180°C selama 1 jam di dalam oven.
 7. Cawan porselen dipindahkan dan didinginkan dalam desikator selama 30 menit.

8. Cawan porselen ditimbang menggunakan neraca analitik dengan tingkat ketelitian 0,1 mg dan diulangi langkah tersebut hingga diperoleh berat tetap (dicatat sebagai W_1 mg).
9. Diulangi langkah 1-8 untuk semua sampel
10. Dihitung nilai TDS menggunakan rumus:

$$\text{TDS (mg/l)} = \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V}$$

Keterangan:

W_0 : Berat awal (mg)

W_1 : Berat akhir (mg)

V : Volume contoh uji (mL)

1000 : Konversi mililiter ke liter (mL/L)

3.3.10 Langkah Kerja Analisis Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Analisis *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada penelitian ini berdasarkan SNI 6989.15- 2019 sebagai berikut:

1. 10 ml sampel dipipet dan dimasukkan kedalam erlenmeyer asa 250 ml.
2. HgSO_4 sebanyak 0,2 gram ditambahkan ke dalam erlenmeyer yang berisi sampel serta beberapa batu didih.
3. Larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,25 N ditambahkan ke dalam erlenmeyer sebanyak 5 ml.
4. Campuran pereaksi $\text{AgSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ sebanyak 15 ml ditambahkan kedalam erlenyemer yang berisi sampel sambil didinginkan dengan air pendingin.
5. Erlenyemer yang berisi sampel dihubungkan dengan kondensor dan didihkan dengan hot plate dengan waktu pemanasan selama 2 jam dengan suhu 250°C . Kondensor telah dialiri dengan air pendingin menggunakan pompa.

6. Setelah waktu tercapai, kondensor dibilas dengan aquabides hingga volume sampel mencapai 70 ml.
7. Sampel didinginkan sampai suhu kamar, lalu ditambahkan indicator feroin 2-3 tetes, lalu dititrasi dengan FAS 0,25 N sampai terjadi perubahan warna ke merah kecoklatan. Jumlah FAS yang digunakan dicatat.
8. Perlakuan 1-7 dilakukan hal yang sama untuk blanko, tapi sampel pada point 1 diganti dengan aquadest. Analisis blanko ini sekaligus pembakuan larutas FAS dan dilakukan setiap penentuan COD.
9. Dihitung dengan umus menghitung:

$$\text{Normalitas FAS} = \frac{(V1) \times (N1)}{V2}$$

Keterangan:

V1 = Volume larutan $K_2Cr_2O_7$ yang digunakan (ml)

V2 = Volume larutan FAS yang dibutuhkan (ml)

N1 = Normalitas larutan $K_2Cr_2O_7$

$$\text{Nilai COD (mg/L O}_2) = \frac{(A-B)(N)(8000)}{\text{ml uji contoh}} \times \text{FP}$$

Keterangan:

A = Volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk blanko, (ml)

B = Volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk contoh/sampel, (ml)

N = Normalitas larutan FAS (N)

Fp = Faktor Pengali

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Sampel Air Limbah Industri Tahu Sebelum Diolah

Air limbah industri tahu diambil pada bak penampungan air limbah pabrik tahu yang beralamat di Moncongloe, Kec.Moncong Loe, kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Air limbah kemudian disatukan dan dihomogenkan lalu dilakukan analisis karakteristik dengan parameter TSS, Kekeruhan, TDS, dan COD sebelum diolah. Hasil pengujian karakteristik awal air limbah industri tahu dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Karakteristik Awal Air Limbah Industri Tahu

Parameter	Satuan	Kadar	Baku mutu
TSS	mg/l	755	<200
Kekeruhan	NTU	1378	<25
TDS	mg/l	7900	<4000
COD	mg/l O ₂	19968	<300

Berdasarkan Tabel 4.1, hasil pengujian air limbah industri tahu sebelum dilakukan pengolahan memiliki kadar TSS dan COD yang tinggi dan melebihi baku mutu dalam Keputusan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Nomor:15 Tahun 2018 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Kedelai, Nilai kekeruhan air limbah industri tahu sebelum dilakukan

pengolahan tidak memenuhi baku mutu dalam Permenkes No.416 tahun 1990 tentang baku mutu air bersih. Sedangkan nilai TDS Nilai kekeruhan air limbah industri tahu sebelum dilakukan pengolahan tidak memenuhi baku mutu dalam Peraturan Menteri lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

Tingginya nilai TSS disebabkan karena air buangan industri tahu mengandung partikel padat yang tersuspensi dalam air dan dapat mencakup lumpur, pasir, bahan organik, dan partikel lainnya. Partikel TSS biasanya bermuatan negatif dan cenderung saling tolak menolak, sehingga tetap tersuspensi dalam air. TSS yang tinggi akan menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam air, sehingga akan mengganggu proses fotosintesis (Afridon & Irfan, 2023). Tingginya nilai kekeruhan disebabkan oleh zat padat yang tersuspensi yang bersifat organik maupun anorganik. Air yang keruh sulit didisinfeksi, karena mikroba pada air terlindungi oleh zat tersuspensi tersebut, sehingga berdampak pada kesehatan apabila mikroba menjadi pathogen (Star et al., 2013).

Tingginya nilai TDS disebabkan oleh kandungan potassium, klorida, dan sodium yang terlarut dalam air (Isnaeni, 2022). Tingginya nilai TDS menyebabkan meningkatnya kesadahan dalam air (Star et al., 2013). Tingginya nilai COD disebabkan oleh adanya kandungan senyawa organik yang terdapat pada air limbah. Air limbah tahu mengandung bahan mineral dan zat-zat organik yang sebagian besar terdiri dari bahan-bahan nitrogen, ammonia, nitrat, dan nitrit. Tingginya nilai COD pada air limbah industri tahu dapat menyebabkan semakin banyak oksigen yang digunakan untuk mengurai senyawa-senyawa organik dalam

cairan, sehingga oksigen yang digunakan sebagai sumber kehidupan biota air menjadi semakin sedikit (Ristyana, 2022).

4.2 Ekstraksi Biji Alpukat

Ekstraksi biji alpukat dilakukan menggunakan pelarut air. Ekstrak biji alpukat dianalisis kandungan taninnya dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dan diperoleh kadar tanin sebesar 0,28%. Metode Spektrofotometer UV-Vis digunakan karena metode tersebut dapat dilakukan dengan mudah, cepat, serta mempunyai ketelitian yang tinggi (Safitri *et al.*, 2024). (Rais & Wahyuningtyas, 2021) mengungkapkan kadar tanin pada ekstrak biji alpukat menggunakan pelarut metanol 96% sebesar 2,07%. Perbedaan hasil ini dapat disebabkan karena perbedaan pelarut yang digunakan dalam memperoleh kadar tanin pada biji alpukat.

Pemilihan air sebagai pelarut dikarenakan tanin merupakan golongan senyawa polifenol yang sifatnya polar sehingga dapat larut dalam gliserol, alkohol, hidroalkoholik, air dan aseton (Hamboroputro & Yuniwati, 2017). Air merupakan pelarut yang lebih disukai pada skala industri karena prosedur berbahan dasar air ini adalah yang paling sederhana untuk dilakukan, dan residu yang dihasilkan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan. Selain itu, perolehan tanin cukup tinggi, sehingga menunjukkan bahwa ekstraksi ini merupakan teknik yang efisien, baik dari segi ekonomi maupun lingkungan (Fraga-Corral *et al.*, 2020)

Ekstrak biji alpukat dapat digunakan sebagai koagulan alami. Tanin dapat digunakan sebagai koagulan alami dikarenakan sifatnya yang larut dalam air. Kehadiran gugus fenolik dalam tanin menunjukkan sifat anioniknya karena

merupakan hidrogen yang baik. Semakin banyak gugus fenolik yang tersedia dalam struktur tanin, semakin efektif kemampuan koagulasinya (Yin, 2010). Penggunaan tanin yang tidak di modifikasi lebih cocok sebagai bahan pembantu koagulan, yaitu digunakan untuk menurunkan dosis alum yang digunakan dalam proses koagulasi (H. Kristianto et al., 2019). Lama waktu ekstrak sangat berpengaruh terhadap %tanin yang dihasilkan, dimana hal ini disebabkan semakin bertambahnya waktu, maka kemampuan untuk menyerap tanin dari biji alpukat akan semakin optimal (Hamboroputro & Yuniwati, 2017).

4.3 Penentuan Kecepatan Pengadukan Koagulasi

Penentuan kecepatan pengadukan koagulasi dilakukan dengan metode jar test dengan menggunakan biokoagulan ekstrak biji alpukat. Hasil pengujian dengan variasi kecepatan pengadukan koagulasi dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian dengan variasi kecepatan pengadukan koagulasi

Parameter	Pengadukan koagulasi (rpm)					
	100	130	160	190	220	
TSS	Nilai (mg/L)	50	352	698	372	354
	%Efektivitas	94,06	58,19	17,1	55,82	57,96
Kekeruhan	Nilai (NTU)	562	1282	468	1318	1278
	%Efektivitas	59,22	6,97	66,04	4,35	7,26
TDS	Nilai (mg/L)	6452	6988	1772	6252	6116
	%Efektivitas	37,36	32,16	82,8	39,3	40,62
COD	Nilai (mg/L)	6114	13824	7680	3072	9216
	%Efektivitas	71,43	35,71	64,29	85,71	57,14

Berdasarkan Tabel 4.2, nilai TSS terbaik sebesar 50 mg/L dengan kecepatan pengadukan koagulasi 100 rpm telah memenuhi standar baku mutu maksimal 200 mg/L (berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Nomor:15 Tahun 2018 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Kedelai). Hal tersebut terjadi karena pada pengadukan 100 rpm mampu

menggabungkan flok satu sama lainnya sehingga membentuk flok yang berukuran lebih besar dan lebih kuat sehingga mengendap (M. Sari, 2018). Kecepatan pengadukan yang melebihi pengadukan maksimum tidak lagi memperbesar ukuran flok, karena flok sudah berada pada kondisi jenuh (Angraini *et al.*, 2016).

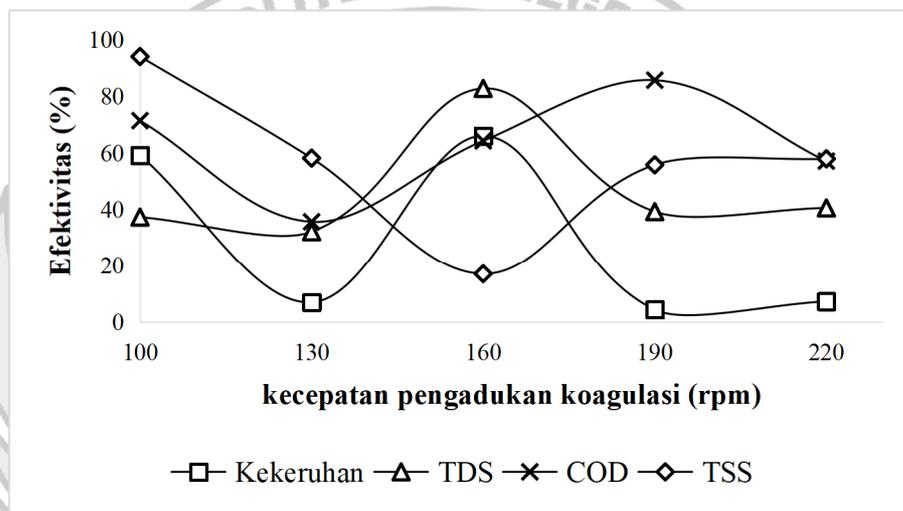
Berdasarkan Tabel 4.2, nilai TDS terbaik sebesar 1772 mg/L dengan kecepatan pengadukan koagulasi 160 rpm telah memenuhi standar baku mutu maksimal 4000 mg/L (berdasarkan Peraturan Menteri lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah). Hal tersebut terjadi karena adanya proses pencampuran dengan pengadukan koagulasi ke dalam air sehingga menyebabkan partikel padatan yang mempunyai padatan ringan dan ukurannya kecil menjadi lebih berat dan ukurannya besar (flok) dan mudah mengendap (Azizah *et al.*, 2021).

Berdasarkan Tabel 4.2, nilai kekeruhan terbaik pada air limbah tahu sebesar 468 NTU dengan kecepatan pengadukan koagulasi 160 rpm. Hasil ini belum memenuhi standar baku mutu maksimal untuk air bersih yaitu sebesar 25 NTU. Hal tersebut terjadi karena semakin cepat pengadukan koagulasi yang dilakukan, nilai kekeruhannya semakin tinggi (Aras & Asriani, 2021).

Berdasarkan Tabel 4.2, nilai COD terbaik sebesar 3072 mg/L dengan kecepatan pengadukan koagulasi 190 rpm belum memenuhi standar baku mutu maksimal 300 mg/L (berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Nomor:15 Tahun 2018 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Kedelai). Hal tersebut terjadi karena pengadukan koagulasi dapat menurunkan kadar COD yang menyebabkan bertambahnya jumlah oksigen

di dalam air limbah sehingga COD nya berkurang (Aras & Asriani, 2021). Apabila beban pencemaran semakin besar, hal ini dapat menyebabkan COD tinggi yang akan berdampak pada defisit oksigen dalam air, sehingga dapat mengakibatkan kematian pada ikan dan tumbuhan air (Ristyana, 2022).

Hubungan antara variasi kecepatan pengadukan koagulasi dengan efektivitas adsorpsi dapat dilihat melalui grafik pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Grafik Hubungan antara variasi kecepatan pengadukan koagulasi (rpm) Vs Efektivitas (%)

Berdasarkan Gambar 4.1, nilai %Efektivitas TSS terbaik sebesar 94,06% dengan kecepatan pengadukan cepat 100 rpm. Dapat dilihat bahwa pada parameter TSS menunjukkan grafik yang fluktuatif. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Hidayah, 2019) yang menyatakan bahwa semakin tinggi kecepatan pengadukan dapat menyebabkan terpecahnya flok-flok yang telah terbentuk. Proses pengadukan koagulasi menunjukkan bahwa semakin cepat pengadukan, tingkat TSS pada air limbah semakin bertambah (Rahmayanti, 2020). Kecepatan pengadukan yang melebihi kecepatan pengadukan maksimum tidak lagi memperbesar ukuran flok, karena flok sudah berada pada kondisi jenuh.

Penambahan kecepatan pengadukan akan menurunkan persentasi efektivitas koagulasi karena flok-flok akan terurai kembali menjadi partikel-partikel kecil yang sulit mengendap (Angraini *et al.*, 2016).

Berdasarkan gambar 4.1, nilai %efektivitas kekeruhan terbaik sebesar 66,04% dengan kecepatan pengadukan koagulasi 160 rpm. Dapat dilihat bahwa pada parameter kekeruhan menunjukkan grafik yang fluktuatif. Hal tersebut terjadi karena salah satu faktor keberhasilan dari proses koagulasi adalah pengaruh kecepatan pengadukan, jika pengadukan koagulasi terlalu lama mengakibatkan lamanya flok yang akan terbentuk (Nur *et al.*, 2024). Hal ini mengakibatkan semakin cepat pengadukan koagulasi yang dilakukan, nilai kekeruhannya semakin tinggi. %Efektivitas kekeruhan setelah penambahan biokoagulan ekstrak biji alpukat memberikan dampak secara signifikan karena hasil akhir didapatkan > 50%. Dimana penurunan yang menghasilkan perubahan > 50% dikatakan efektif sebagai koagulan alami (Aras & Asriani, 2021).

Berdasarkan gambar 4.1, nilai %efektivitas TDS terbaik sebesar 82,8% dengan kecepatan pengadukan cepat 160 rpm. Dapat dilihat bahwa pada parameter TDS menunjukkan grafik yang fluktuatif. Hal tersebut terjadi karena kecepatan pengadukan berpengaruh terhadap persentase penurunan kadar TDS. Pada Pengadukan cepat 100 rpm dan 130 rpm penurunan kadar TDS masih rendah. Hal ini disebabkan kurangnya kecepatan pengadukan dapat mengakibatkan pembentukan flok yang kurang sempurna dalam proses koagulasi, sehingga dalam proses pengendapan juga kurang sempurna. Sebaliknya, pada pengadukan cepat

190 rpm dan 220 rpm juga mengalami penurunan yang masih rendah, hal ini dikarenakan pengadukan terlalu besar atau terlalu cepat dapat mengakibatkan terpecahnya kembali flok-flok yang sudah terbentuk (Hak *et al.*, 2019)

Berdasarkan gambar 4.1, nilai %efektivitas COD terbaik sebesar 85,71% dengan kecepatan pengadukan koagulasi 190 rpm. Dapat dilihat bahwa pada parameter COD menunjukkan grafik yang fluktuatif. Hal tersebut terjadi karena kecepatan pengadukan juga memengaruhi penurunan nilai dari COD. Pengadukan yang terlalu lambat tidak akan membentuk flok secara cepat dan pengadukan yang cepat akan membuat flok-flok yang terbentuk terurai kembali (Suntoro & Junianti, 2022). Dengan terendapkannya zat tersuspensi melalui proses koagulasi menghasilkan efluen yang mengandung COD dengan konsentrasi rendah (Widiyawati *et al.*, 2022). Penurunan kadar COD juga dikarenakan terjadinya pengadukan yang menyebabkan bertambahnya jumlah oksigen di dalam air limbah sehingga COD nya berkurang (Aras & Asriani, 2021).

4.4 Penentuan Waktu Pengadukan Koagulan

Penentuan waktu pengadukan koagulasi dilakukan dengan metode jar test dengan menggunakan biokoagulan ekstrak biji alpukat. Hasil uji dengan variasi waktu pengadukan koagulasi dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil Pengujian dengan variasi waktu pengadukan koagulasi

Parameter		Waktu pengadukan koagulasi (menit)				
		1	2	3	4	5
TSS	Nilai (mg/L)	528	342	50	136	498
	%Efektivitas	37,29	59,38	94,06	83,85	40,86
Kekeruhan	Nilai (NTU)	1031	804	562	677	967
	%Efektivitas	25,18	41,65	59,22	50,87	29,83
TDS	Nilai (mg/L)	7476	6172	6452	6060	6264

	%Efektivitas	27,42	40,08	37,36	41,17	39,18
COD	Nilai (mg/L O ₂)	19968	12288	6144	16896	6144
	%Efektivitas	7,14	42,86	71,43	21,43	71,43

Berdasarkan Tabel 4.3, nilai TSS terbaik sebesar 50 mg/L dengan waktu pengadukan koagulasi selama 3 menit telah memenuhi standar baku mutu maksimal 200 mg/L (berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Nomor:15 Tahun 2018 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Kedelai). Hal tersebut terjadi karena pada waktu pengadukan koagulasi selama 3 menit mampu menggabungkan flok satu sama lainnya sehingga membentuk flok yang berukuran lebih besar dan lebih kuat sehingga mengendap (M. Sari, 2018)

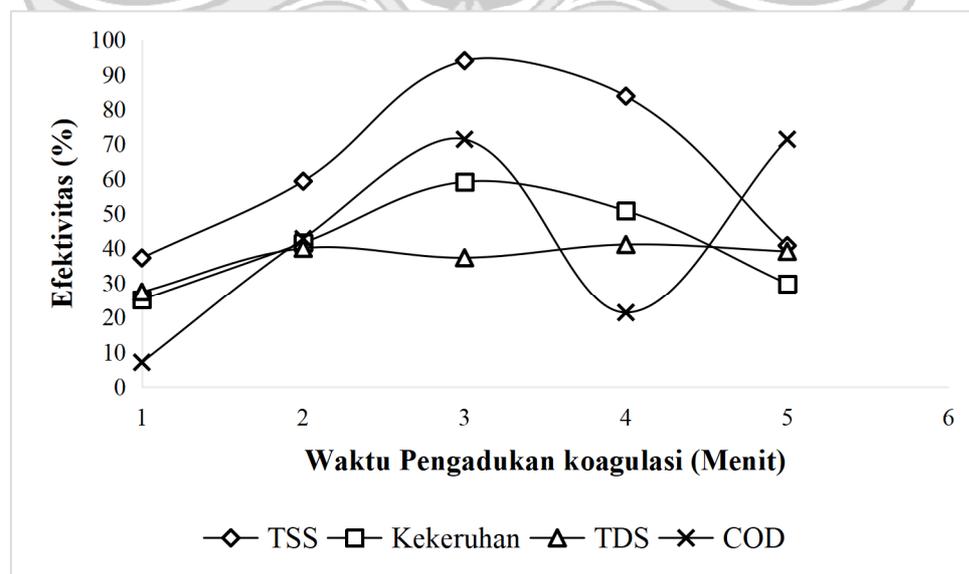
Berdasarkan Tabel 4.3, nilai kekeruhan terbaik sebesar 562 mg/L dengan waktu pengadukan koagulasi selama 3 menit belum memenuhi standar baku mutu untuk air bersih yaitu sebesar 25 NTU. Hal tersebut terjadi karena jika pengadukan semakin lama maka flok-flok yang terbentuk akan mudah pecah. Namun, jika pengadukan terlalu cepat akan menyebabkan flok yang terbentuk tidak maksimum seperti ukuran yang kecil dan jumlah yang sedikit (Nilasari & Wulandari, 2020).

Berdasarkan Tabel 4.3, nilai TDS terbaik sebesar 6060 mg/L TDS dengan waktu pengadukan koagulasi selama 4 menit belum memenuhi standar baku mutu maksimal 4000 mg/L (berdasarkan Peraturan Menteri lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah). Hal tersebut terjadi karena adanya bahan-bahan anorganik berupa ion. TDS yang tinggi dapat mengurangi kejernihan

air, memberikan penurunan secara signifikan pada proses fotosintesis, dan menyebabkan peningkatan suhu (Widyastuti, 2021).

Berdasarkan Tabel 4.3, nilai COD terbaik 6144 mg/L dengan waktu pengadukan koagulasi selama 3 menit belum memenuhi baku mutu maksimal 300 mg/L (berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Nomor:15 Tahun 2018 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Kedelai). Hal tersebut terjadi karena adanya penggabungan flok-flok yang kurang sempurna. Semakin lama waktu kontak maka semakin banyak partikel yang diikat, sehingga dapat mengakibatkan terjadinya peningkatan penurunan COD (Wicheisa *et al.*, 2018).

Hubungan antara variasi waktu pengadukan koagulan dengan efektivitas adsorpsi dapat dilihat melalui grafik pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Grafik Hubungan antara variasi waktu pengadukan koagulasi (menit) Vs efektivitas (%)

Berdasarkan gambar 4.2, nilai %efektivitas TSS terbaik sebesar 94,06% dengan waktu pengadukan koagulasi selama 3 menit. Dapat dilihat bahwa pada

parameter TSS menunjukkan grafik yang fluktuatif. Hal tersebut terjadi karena waktu pengadukan cepat bertujuan untuk memberikan kontribusi tumbukan antara koloid yang mengandung ion logam dan koagulan sehingga terjadi destabilisasi koloid yang bermuatan positif oleh koagulan yang bermuatan negatif. Penurunan hasil TSS yang terendapkan disebabkan oleh terpecahnya kembali flok-flok yang terbentuk akibat terlalu lama proses pengadukan koagulasi (M. Sari, 2018) .

Berdasarkan gambar 4.2, nilai %efektivitas kekeruhan terbaik sebesar 59,22% dengan waktu pengadukan koagulasi selama 3 menit. Dapat dilihat bahwa pada parameter kekeruhan menunjukkan grafik yang fluktuatif. Hal ini disebabkan karena waktu pengadukan koagulasi yang terlalu cepat, maka waktu tidak cukup untuk membentuk flok-flok dan sebaliknya apabila pengadukan terlalu lama dapat mengakibatkan terpisahnya kembali flok yang telah terbentuk (Sjafruddin *et al.*, 2024). Akibatnya, menurunnya oksigen terlarut dan sinar matahari tidak dapat mencapai dasar sehingga dapat menaikkan tingkat kekeruhan pada air (Suhendar *et al.*, 2020).

Berdasarkan gambar 4.2, nilai %efektivitas TDS terbaik sebesar 41,17% dengan waktu pengadukan koagulasi selama 4 menit. Dapat dilihat bahwa pada parameter TDS menunjukkan grafik yang fluktuatif. Hal tersebut terjadi karena pada kondisi ini dapat menurunkan kadar TDS, hal ini disebabkan karena adanya proses pencampuran koagulan ke dalam air limbah tahu sehingga menyebabkan partikel padatan yang mempunyai padatan ringan dan ukurannya kecil menjadi lebih berat dan ukurannya besar (flok) yang mudah mengendap (Azizah *et al.*, 2021).

Berdasarkan gambar 4.2, nilai %efektivitas COD terbaik sebesar 71,43% dengan waktu pengadukan koagulasi selama 3 menit dan 5 menit. Dapat dilihat bahwa pada parameter COD menunjukkan grafik yang fluktuatif. Hal tersebut terjadi karena pada proses pengadukan dengan waktu kecepatan koagulasi dapat meningkatkan supply oksigen sehingga menyebabkan kandungan oksigen meningkat. Maka dari itu, seiring dengan bertambahnya waktu pengadukan akan meningkatkan efisiensi penurunan kadar COD (Islamawati *et al.*, 2018). Menurut (Wicheisa *et al.*, 2018), semakin lama waktu kontak maka akan semakin banyak partikel yang diikat, sehingga dapat mengakibatkan terjadinya penurunan kadar COD.

4.5 Penentuan Rasio Biokoagulan terhadap air limbah industri tahu

Penentuan rasio biokoagulan ekstrak biji alpukat dilakukan dengan metode jar test menggunakan biokoagulan ekstrak biji alpukat. Hasil pengujian dengan variasi Rasio Biokoagulan terhadap air limbah industri tahu dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian dengan variasi rasio biokoagulan ekstrak biji alpukat terhadap air limbah industri tahu.

Parameter		Rasio Biokoagulan				
		2:300	3:300	4:300	5:300	6:300
TSS	Nilai (mg/L)	648	376	50	392	670
	%Efektivitas	23,04	55,34	94,06	53,44	20,43
Kekeruhan	Nilai (NTU)	924	917	562	617	420
	%Efektivitas	32,95	33,45	59,22	55,22	69,52
TDS	Nilai (mg/L)	6608	5848	6452	7024	6404
	%Efektivitas	35,84	43,22	37,36	31,81	37,83
COD	Nilai (mg/L O ₂)	18432	16896	6144	12288	6144
	%Efektivitas	14,29	21,43	71,43	42,86	71,43

Berdasarkan Tabel 4.4, nilai TSS terbaik sebesar 50 mg/L dengan rasio biokoagulan 4:300 telah memenuhi standar baku mutu maksimal 200 mg/L (berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Nomor:15 Tahun 2018 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Kedelai). Hal tersebut terjadi karena pada penambahan biokoagulan dengan rasio 4:300 mampu mengikat koloid/padatan tersuspensi dalam air limbah. Padatan tersuspensi itu kemudian membentuk flok terhadap padatan tersuspensi, sehingga dapat mengakibatkan perubahan berat jenis padatan tersuspensi yang berat jenis air lebih kecil daripada berat jenis padatan tersuspensi, dengan demikian mampu mengendap secara gravitasi (Ningsih, 2011).

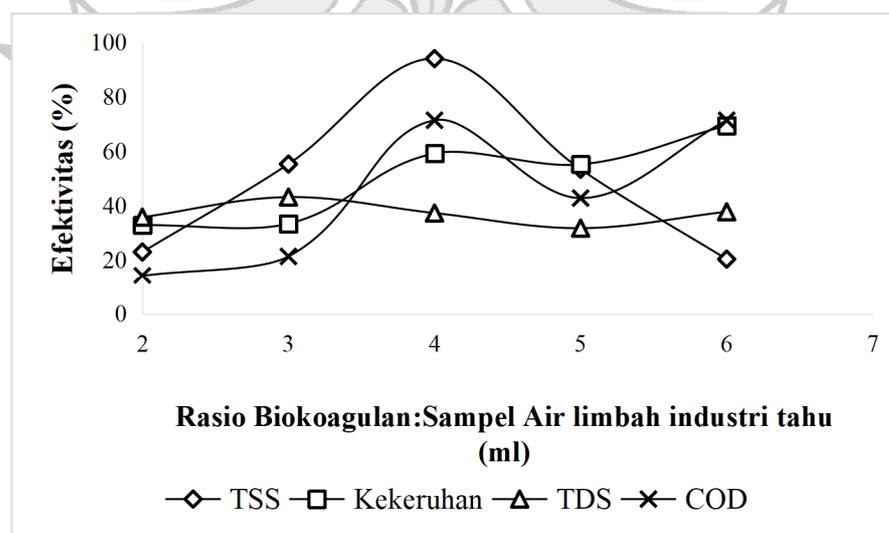
Berdasarkan Tabel 4.4, nilai kekeruhan terbaik sebesar 420 NTU dengan rasio biokoagulan 6:300 belum memenuhi standar baku mutu untuk air bersih yaitu sebesar 25 NTU. Hal tersebut terjadi karena semakin besar dosis koagulan yang ditambahkan dibawah dosis optimum, turbiditas larutan menjadi semakin rendah. Hal ini disebabkan karena banyak partikel koloid dalam air yang dinetralkan dengan muatan positif koagulan dan membentuk flok yang dapat mengendap, sehingga filtrat air menjadi lebih jernih (Zakaria *et al.*, 2021).

Berdasarkan Tabel 4.4, nilai TDS terbaik sebesar 5848 mg/L dengan rasio biokoagulan sebesar 3:300 belum memenuhi standar baku mutu maksimal 4000 mg/L (berdasarkan Peraturan Menteri lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah). Hal tersebut terjadi karena dengan bertambahnya dosis koagulan, nilai TDS akan semakin kecil sampai pada batas kadar koagulan yang diizinkan, karena semakin banyak pengotor dalam air yang

dinetralkan oleh koagulan tersebut. Tetapi ketika dosis koagulan yang ditambahkan berlebih terjadi deflokulasi, sehingga akan terbentuk kembali koloid dalam air. Hal ini memungkinkan TDS menjadi semakin besar (Fachrul *et al.*, 2020 C.E.).

Berdasarkan Tabel 4.4, nilai COD terbaik sebesar 6144 mg/L dengan rasio biokoagulan 4:300 belum memenuhi baku mutu maksimal 300 mg/L (berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Nomor:15 Tahun 2018 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Kedelai). Hal tersebut terjadi karena polimer yang ditambahkan melebihi jumlah padatan tersuspensi dalam limbah. Sehingga, tidak semua rantai polimer melakukan pengikatan partikel, namun semakin menambah kandungan bahan organik. Hal ini menyebabkan peningkatan kadar COD pada air limbah (Adi Saputroh *et al.*, 2020).

Hubungan antara variasi rasio biokoagulan ekstrak biji alpukat terhadap air limbah industri tahu dengan efektivitas dapat dilihat melalui grafik pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Grafik Hubungan antara Variasi Rasio Biokoagulan Ekstrak biji alpukat terhadap Air Limbah Industri Tahu (ml) Vs Efektivitas (%)

Berdasarkan gambar 4.3, nilai %efektivitas TSS terbaik sebesar 94,06% dengan rasio biokoagulan 4:300. Dapat dilihat bahwa pada parameter TSS menunjukkan grafik yang fluktuatif. Hal tersebut terjadi karena apabila rasio biokoagulan terlalu rendah, proses koagulasi tidak cukup efektif untuk mengumpulkan dan mengendapkan partikel-partikel kecil dari limbah. Ini dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi padatan tersuspensi dan bahan pencemar dalam air. Sebaliknya apabila rasio biokoagulan terlalu banyak atau tinggi dapat menyebabkan pembentukan flok yang terlalu besar, yang mungkin sulit untuk dipisahkan dari air. Selain itu, pada saat proses koagulasi dikhawatirkan proses koagulasi sampel belum mencapai keadaan setimbang sehingga ketika koagulasi telah mencapai dosis optimum, konsentrasi TSS mengalami penurunan kembali (Poerwanto *et al.*, 2015).

Berdasarkan gambar 4.3, nilai %efektivitas kekeruhan terbaik sebesar 69,52% dengan rasio biokoagulan 6:300. Dapat dilihat bahwa pada parameter kekeruhan menunjukkan grafik yang fluktuatif. Hal tersebut terjadi karena dosis koagulan yang kurang menyebabkan terjadinya gaya tolak menolak diantara partikel yang bermuatan positif sehingga terjadi proses deflokulasi flok yang mengakibatkan larutan menjadi semakin keruh (Nisa & Aminudin, 2019). Nilai kekeruhan semakin rendah seiring dengan bertambahnya rasio penambahan koagulan.

Berdasarkan gambar 4.3, nilai %efektivitas TDS terbaik sebesar 43,22% dengan rasio biokoagulan 3:300. Dapat dilihat bahwa pada parameter TDS

menunjukkan grafik yang fluktuatif. Hal tersebut terjadi karena jika dosis koagulan kurang, proses koagulasi tidak akan optimal, sehingga semua partikel akan terangkat dari air. Akibatnya, TDS mungkin tidak mengalami penurunan yang signifikan, dan air tetap mengandung banyak zat terlarut. Hasil penelitian ini sejalan dengan yang telah dilakukan oleh (Nisa & Aminudin, 2019) yang menyatakan bahwa pengaruh penambahan dosis koagulan terhadap parameter kualitas air dengan metode jar test menunjukkan bahwa semakin banyak dosis koagulan yang ditambahkan pada air sampel menyebabkan nilai TDS semakin menurun.

Berdasarkan gambar 4.3, nilai %efektivitas COD terbaik sebesar 71,43% dengan rasio biokoagulan 4:300. Dapat dilihat bahwa pada parameter COD menunjukkan grafik yang fluktuatif. Hal tersebut terjadi karena pengaruh penambahan dosis pada COD mempengaruhi proses pembentukan flok-flok lebih cepat menjadi gumpalan. Gumpalan ini akan mengendap dengan cepat dan stabil, sehingga kandungan zat tersuspensi juga dapat menurun. Nilai COD yang ada dalam limbah juga akan turun jika nilai zat tersuspensinya turun (P. S. Sari & Sa'diyah, 2024). Hal ini disebabkan karena semakin banyak partikel koloid dalam limbah yang dinetralkan dengan muatan positif koagulan, sehingga filtrat air menjadi lebih jernih dan konsentrasi COD akan semakin turun (Hidayah, 2019).



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kecepatan pengadukan koagulasi yang terbaik untuk penurunan TSS ialah 100 rpm. Kecepatan pengadukan koagulasi yang terbaik untuk penurunan kekeruhan dan TDS ialah 160 rpm, dan kecepatan pengadukan koagulasi yang terbaik dalam penurunan COD ialah 190 rpm.
2. Waktu pengadukan koagulasi yang terbaik untuk menurunkan kadar TSS, kekeruhan, dan COD ialah 3 menit. Waktu pengadukan koagulasi yang terbaik untuk menurunkan kadar TDS ialah 4 menit.

3. Rasio Biokoagulan ekstrak biji alpukat : air limbah pada koagulasi yang terbaik untuk menurunkan kadar TSS dan COD ialah 4:300. Rasio biokoagulan pada koagulasi yang terbaik untuk menurunkan kekeruhan ialah 6:300. Rasio biokoagulan yang terbaik untuk menurunkan kadar TDS yaitu 3:300.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan masih terdapat beberapa saran yang diajukan untuk pengembang penelitian selanjutnya, yaitu:

- 1 Pelaku usaha dapat menjadikan penelitian ini sebagai referensi dalam pengolahan air limbah insdustri tahu yang dihasilkan.
- 2 Pemerintah dan Masyarakat dapat menjadikan penelitian ini sebagai referensi dalam pengolahan air yang tercemar air limbah limbah indutri tahu.
- 3 Peneliti selanjutnya dapat mengembangkan penelitian ini untuk pengolahan jenis air imbah yang lain.
- 4 Peneliti selanjutnya dapat mengembangkan metode pemisahan yang lain untuk mengambil zat yang bersifat adsorben lebih maksimal.
- 5 Peneliti selanjutnya dapat mengembangkan metode ekstraksi tanin dengan pelarut lain.



DAFTAR PUSTAKA

- 6989.15:2019, S. (2019). *Standar Nasional Indonesia SNI 6989.15:2019 Air dan air limbah – Bagian 15: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (chemical oxygen demand /COD) dengan refluks terbuka secara titrimetri.*
- Adi Saputroh, A. S., Priscilla, M. V., & Susilowati, T. (2020). Kajian Efektifitas Bioflokulan dari Pati Biji Asam Jawa terhadap Terhadap Penurunan Kadar COD pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *ChemPro*, 1(01), 22–28. <https://doi.org/10.33005/chempro.v1i01.29>
- Afridon, & Irfan, A. (2023). Gambaran Kualitas Air Limbah Industri Tahu Di Koto Lalang Kota Padang. *Jurnal Media Ilmu*, 2(2), 236–266.
- AMADEA, D. (2018). *EFISIENSI REMOVAL KADAR TSS DAN COD PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU DENGAN TEKNOLOGI PLASMA.*
- Anggara, O. C., Asyrofi, A. A. A., Roni, D. R. S., & Putro, A. B. P. (2023). Pengujian Kualitas Air Limbah Industri Tahu di Desa Kuncen Kecamatan Padangan. *Aptekmas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(3), 150–

156. <http://dx.doi.org/10.36257/aps.7412pp150-156>

- Angraini, S., Pinem, J. A., & Saputra, E. (2016). Pengaruh Kecepatan Pengadukan Dan Tekanan Pemompaan Pada Kombinasi Proses Koagulasi Dan Membran Ultrafiltrasi Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Karet. *Jom FTEKNIK*, 3(1), 1–9.
- Aras, N. R., & Asriani, A. (2021). Efektifitas Biji Kelor (*Moringa oleifera* L.) sebagai Biokoagulan dalam Menurunkan Cemaran Limbah Cair Industri Minuman Ringan. *Sainsmat : Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Alam*, 10(1), 42. <https://doi.org/10.35580/sainsmat101261692021>
- Ashari, T. M. (2020). *846-Article Text-1889-1-10-20210504*. 1(1), 7–18.
- Asmiyarna, L., Daud, S., & Darmayanti, L. (2021). Pengaruh Dosis Koagulan Belimbing Wuluh serta Pengaruh pH dalam Menyisihkan Warna dan Zat Organik Pada Air Gambut. *Jom FTEKNIK*, 8, 1–5.
- Azhari, M. (2016). Pengolahan Limbah Tahu dan Tempe dengan Metode Teknologi Tepat Guna Saringan Pasir sebagai Kajian Mata Kuliah Pengetahuan Lingkungan. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 1(2), 1–8. <https://doi.org/10.33084/mitl.v1i2.140>
- Azizah, N., Masrulita, M., Suryati, S., Suryati, S., & Bahri, S. (2021). Pengaruh Kecepatan Pengadukan Dan Dosis Penambahan Koagulan Alami Dari Selulosa Kulit Biji Bunga Matahari (*Helianthus Annus* L) Terhadap Penurunan Kadar Tss Dan Tds. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 1(2), 11. <https://doi.org/10.29103/cejs.v1i2.5036>
- Badan Standardisasi Nasional. (2005). *SNI 06-6989.25-2005 Air dan air limbah – Bagian 25 : Cara uji kekeruhan dengan nefelometer*. 9.
- Beltrán-Heredia, J., Sánchez-Martín, J., & Gómez-Muñoz, M. C. (2010). New coagulant agents from tannin extracts: Preliminary optimisation studies. *Chemical Engineering Journal*, 162(3), 1019–1025. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2010.07.011>
- Buckner, C. A., Lafrenie, R. M., Dénonnée, J. A., Caswell, J. M., Want, D. A., Gan, G. G., Leong, Y. C., Bee, P. C., Chin, E., Teh, A. K. H., Picco, S., Villegas, L., Tonelli, F., Merlo, M., Rigau, J., Diaz, D., Masuelli, M., Korrapati, S., Kurra, P., ... Mathijssen, R. H. J. (2016). We are IntechOpen , the world ' s leading publisher of Open Access books Built by scientists , for scientists TOP 1 %. *Intech*, 11(tourism), 13. <https://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-detection-in-biometrics>
- Chairunnisa, Z. N., & Fuadi, A. M. (2023). Efektivitas Adsorben Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Untuk Pengolahan Limbah Cair Pabrik Tahu. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 8(1), 17. <https://doi.org/10.31942/inteka.v18i1.8091>
- Ejiofor, N. C., Ezeagu, I. E., Ayoola, M. B., & Umera, E. A. (2018).

- Determination of the Chemical Composition of Avocado (*Persea Americana*) Seed. *Advances in Food Technology and Nutritional Sciences - Open Journal*, SE(2), S51–S55. <https://doi.org/10.17140/aftnsoj-se-2-107>
- Evert, R. F., Eichhorn, S. E., & Edition, T. (2006). Esau ' s Plant Anatomy. In *Development*. <http://doi.wiley.com/10.1002/0470047380>
- Fachrul, M., Putra, N., & Ningsih, E. (202 C.E.). Kombinasi Koagulan dan Flokulan dalam Pengolaha Air Limbah Industri Farmasi. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan VIII 2020 Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya*, 339–344.
- Firra Rosariawari. (2008). *Effektifitas Pac Dan Tawas*.
- Fraga-Corral, M., García-Oliveira, P., Pereira, A. G., Lourenço-Lopes, C., Jimenez-Lopez, C., Prieto, M. A., & Simal-Gandara, J. (2020). Technological application of tannin-based extracts. *Molecules*, 25(3), 1–27. <https://doi.org/10.3390/molecules25030614>
- Hak, A., Kurniasih, Y., & Hatimah, H. (2019). Efektivitas Penggunaan Biji Kelor (*Moringa Oleífera*, Lam) Sebagai Koagulan Untuk Menurunkan Kadar TDS dan TSS Dalam Limbah Laundry. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 6(2), 100. <https://doi.org/10.33394/hjkk.v6i2.1604>
- Hamboroputro, L. P., & Yuniwati, M. (2017). *Pengambilan Zat Tanin dari Daun Alpukat (Persea americana Mill.) melalui Proses Ekstraksi dengan Pelarut Etanol (Variabel Suhu Ekstraksi)*. 2(1), 2–4.
- Hendrawati, H., Syamsumarsih, D., & Nurhasni, N. (2013). Penggunaan Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica* L.) dan Biji Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) Sebagai Koagulan Alami Dalam Perbaikan Kualitas Air Tanah. *Jurnal Kimia VALENSI*, 3(1), 22–33. <https://doi.org/10.15408/jkv.v3i1.326>
- Hidayah, H. N. Al. (2019). Pengolahan Limbah Cair Industri Tempe Untuk Menurunkan Kadar Chemical Oxygen Demand (Cod) Dengan Metode Koagulasi Menggunakan Koagulan Poly Aluminium Chloride (Pac) Dan Aluminium Sulfat. *Skripsi*.
- Ibrahim, A., Yaser, A. Z., & Lamaming, J. (2021). *Sintesis koagulan berbasis tanin untuk aplikasi air dan air limbah*. 9.
- Islamawati, D., Hanani Darundiati, Y., & Astorina Dewanti, N. (2018). Studi Penurunan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) Menggunakan Ferri Klorida (FeCl₃) pada Limbah Cair Tapioka di Desa Ngemplak Margoyoso Pati. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(6)(2356–3346), 69–79. <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm>
- Isnaeni, D. A. (2022). Observasi Lapangan, Karakteristik Fisik Limbah Cair, Analisis COD, Analisis (TS, TSS, dan TDS), dan Analisis (BOD dan DO) Pada Limbah Tahu Industri XYZ di Yogyakarta. *Teknologi Pangan*,

December, 1–14. <https://www.researchgate.net/publication/366713499>

- Jayaning Ratri, S., & Argoto Mahayana. (2022). Analisis Kadar Total Suspended Solid (TSS) dan Amonia (NH₃-N) Pada Limbah Cair Tekstil. *Jurnal Kimia Dan Rekayasa*, 3(1), 1–10. <http://kireka.setiabudi.ac.id>
- Kristianto, A., Winata, I. N. A., Haryati, T., Kimia, J., Matematika, F., Alam, P., Jember, U., & Kalimantan, J. (2014). Pengaruh Ekstrak Kasar Tanin Dari Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi L .*) Pada Pengolahan Air (the Effect of Crude Extract Tannins From Star Fruit ' S Leaves (*Averrhoa Bilimbi L .*) on Water Treatment. *Jurnal BERKALA SAINTEK*, 2(1), 54–58.
- Kristianto, H., Prasetyo, S., & Sugih, A. K. (2019). Pemanfaatan Ekstrak Protein dari Kacang-kacangan sebagai Koagulan Alami: Review. *Jurnal Rekayasa Proses*, 13(2), 65. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.46292>
- Kustiyaningsih, E., & Irawanto, R. (2020). Pengukuran Total Dissolved Solid (Tds) Dalam Fitoremediasi Deterjen Dengan Tumbuhan *Sagittaria lancifolia*. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 7(1), 143–148. <https://doi.org/10.21776/ub.jtstl.2020.007.1.18>
- L, R. D., Setiyadi, S., & BH, S. (2014). Model Persamaan Faktor Koreksi pada Proses Sedimentasi dalam Keadaan Free Settling. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 6(2), 98–106. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol6.iss2.art3>
- Listyaningrum, R. (2010). *Analisis Kandungan DO, BOD, COD, TS, TDS, TSS, dan Analisis Karakteristik Fisikokimia Limbah Cair Industri Tahu di UMKM Daerah Imogiri Barat Yogyakarta . June.*
- Majid, D., Mega, L., & Ratnawati, R. (2022). Uji Efektivitas Koagulan Alami Dalam Menurunkan Kadar COD dan TSS Limbah Industri. *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 7(2), 301. <https://doi.org/10.31544/jtera.v7.i2.2022.301-306>
- Masitho, D., R, M., Brata, B., & Suherman, D. (2019). Analisa Kualitas Limbah Cair Industri Tahu dan Strategi Pengelolaan Penanganan Limbah Cair Industri Tahu Wilayah Kabupaten Rejang Lebong. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 10(2), 410–415.
- Miller, R. (2000). Review Essay: The Third Way. *Political Science*, 52(2), 174–180. <https://doi.org/10.1177/003231870005200207>
- Monica Nandini, G., & Chris Sheba, M. (2016). Emanating Trends in the Usage of Bio-coagulants in Potable Water Treatment: a Review. *International Research Journal of Engineering and Technology*. www.irjet.net
- Nasution, E. T. (2021). Analisis Kadar Total Suspended Solid (Tss) Dan Total Dissolved Solid (Tds) Pada Air Limbah Di Tpa Laempa Kecamatan Lalabata. *Politeknik Ati Makassar*. [https://sisformik.atim.ac.id/media/filejudul/158Tugas Akhir Elsa.pdf](https://sisformik.atim.ac.id/media/filejudul/158Tugas%20Akhir%20Elsa.pdf)

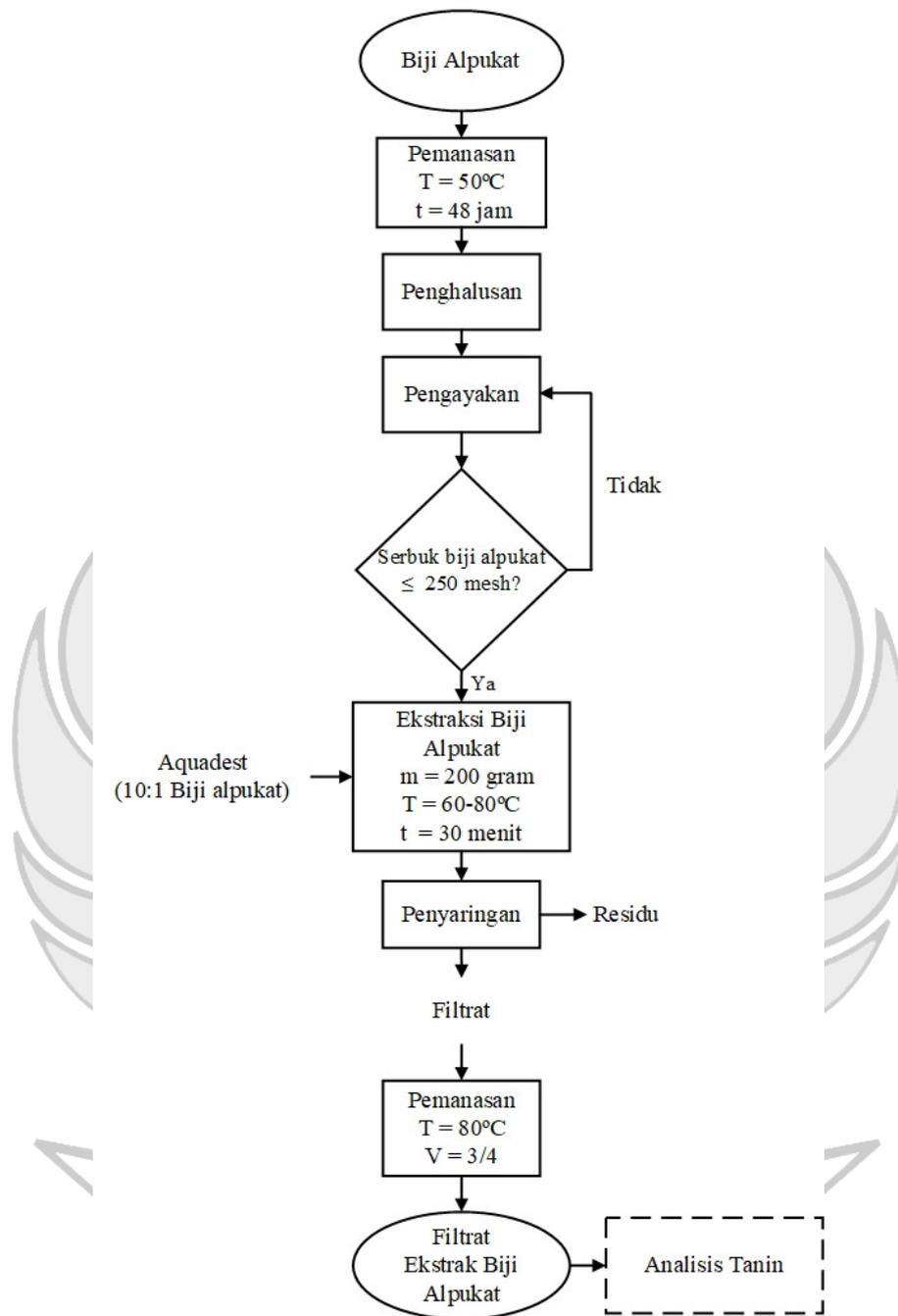
- Nilasari, N. I., & Wulandari, S. N. (2020). Reduction of Cod , Tds , Tss , Colors in Batik Waste With a. *Seminar Nasional Teknik Kimia Soeardjo Brotohardjono XVI, September*, 1–8.
- Ningsih, R. (2011). Pengaruh Pembubuhan Tawas Dalam Menurunkan Tss Pada Air Limbah Rumah Sakit. *KESMAS - Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(2), 79–86. <https://doi.org/10.15294/kemas.v6i2.1756>
- Nisa, N. I. F., & Aminudin, A. (2019). Pengaruh Penambahan Dosis Koagulan Terhadap Parameter Kualitas Air dengan Metode Jarrest. *JRST (Jurnal Riset Sains Dan Teknologi)*, 3(2), 61. <https://doi.org/10.30595/jrst.v3i2.4500>
- Nur, R., Kaimudin, H., & Majid, D. (2024). *Penggunaan Limbah Cangkang Keong Sawah (Pila Ampullacea) Sebagai Koagulan Dalam Menurunkan Kekeruhan Pada Limbah Cair Domestik.*
- Pagoray, H., Sulistyawati, S., & Fitriyani, F. (2021). Limbah Cair Industri Tahu dan Dampaknya Terhadap Kualitas Air dan Biota Perairan. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 9(1), 53–65. <https://doi.org/10.36084/jpt.v9i1.312>
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 15 Tahun. (2008). *Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup: Baku Mutu Air Limbah Cair Usaha atau Kegiatan Pengolahan Kedelai.*
- Poerwanto, D. D., Hadisantoso, E. P., & Isnaini, S. (2015). Pemanfaatan Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica*) sebagai Koagulan Alami dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Farmasi. *Al-Kimiya*, 2(1), 24–29. <https://doi.org/10.15575/ak.v2i1.349>
- Putra, R., Lebu, B., Munthe, M. H. D. D., & Rambe, A. M. (2013). Pemanfaatan Biji Kelor sebagai Koagulan pada Proses Koagulasi Limbah Cair Industri Tahu dengan Menggunakan Jar Test. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(2), 28–31.
- Radityaningrum, A. D., & Caroline, J. (2017). Penurunan Bod5, Cod Dan Tss Pada Limbah Cair Industri Batik Dengan Koagulan Pac Pada Proses Koagulasi Flokulasi. *Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya*, 5(1), 1–6.
- Rahimah, Z., Heldawati, H., & Syauqiah, I. (2018). Pengolahan Limbah Deterjen Dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur Dan Pac. *Konversi*, 5(2), 13. <https://doi.org/10.20527/k.v5i2.4767>
- Rahimah, Z., Heldawati, H., & Syauqiyah, I. (2016). Rohimah 107892-ID-pengolahan-limbah-deterjen-dengan-metode. *Konversi*, 5(2), 13–19.
- Rahmayanti, S. (2020). *Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Jarak Elektroda Elektrokoagulasi Terhadap Penurunan Kadar TSS dan COD pada Limbah Cair Laundry. June.*
- Rais, F., & Wahyuningtyas, D. (2021). *Pengendalian Laju Korosi Baja Dengan Penambahan Ekstrak Biji Alpukat Sebagai Green Inhibitor.* 6(2), 59–63.
- Rajagukguk, K. (2020). Pengolahan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas

- Menggunakan Reaktor Biogas PorTabel. *Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan*, 1(2), 63–71. <https://doi.org/10.18196/jqt.010210>
- Rara, A. (2022). *Efektivitas Karbon Aktif dari Batu Bara Muda (Lignite) dalam Menurunkan Chemical Oxygen Demand (COD) pada Air Limbah Industri Tahu*. <https://repository.unja.ac.id/43249/>
- Ristyana, L. (2022). Analisis Kandungan DO, BOD, COD, TS, TDS, TSS dan Analisis Karakteristik Fisikokimia Limbah Cair Industri Tahu di UMKM Daerah Imogiri Barat Yogyakarta Ristyana Listyaningrum. *Universitas Ahmad Dahlan, June*.
- Rivai, H., Putri, Y. T., & Rusdi, R. (2019). Qualitative and Quantitative Analysis of the Chemical Content of Hexane, Acetone, Ethanol and Water Extract from Avocado Seeds (*Persea americana* Mill.). *Scholars International Journal of Traditional and Complementary Medicine* Abbreviated Key Title: *Sch Int J Tradit Complement Med*, 24–31. <https://doi.org/10.21276/sijtc.2019.2.3.1>
- Safitri, S., Jubaidah, S., & Nurhasnawati, H. (2024). Penetapan Kadar Proantosianidin Ekstrak Etanol Biji Alpukat (*Persea americana* Mill.) dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Acta Holistica Pharmacia*, 6(1), 24–38. <https://doi.org/10.62857/ahp.v6i1.159>
- Sari, M. (2018). Optimalisasi Daya Koagulasi Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Pada Limbah Cair Industri Tahu. *AGRITEPA: Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pertanian*, 4(2), 25–37. <https://doi.org/10.37676/agritepa.v4i2.674>
- Sari, P. S., & Sa'diyah, K. (2024). Pengaruh Rasio Penambahan Koagulan Pac Pada Pengolahan Limbah Cair Pusat Perbelanjaan Secara Koagulasi-Flokulasi. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 10(1), 205–218. <https://doi.org/10.33795/distilat.v10i1.4212>
- Sayow, F., Polii, B. V. J., Tilaar, W., & Augustine, K. D. (2020). Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu Dan Tempe Rahayu Di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Agri-Sosioekonomi*, 16(2), 245. <https://doi.org/10.35791/agrsosek.16.2.2020.28758>
- Setiawan, A., Jati, D. ., & Saziati, O. (2021). Penerapan Produksi Bersih Industri Kecil Tahu Di Jalan Parit Pangeran. *Jurnal Rekayasa Lingkungan Tropis Teknik Lingkungan Universitas Tanjung Pura*, 1–10. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jurlis/article/view/44564>
- Setyawati, H., LA, S. S., & Andjar Sari, S. (2019). Penerapan Penggunaan Serbuk Biji Kelor Sebagai Koagulan Pada Proses Koagulasi Flokulasi Limbah Cair Pabrik Tahu Di Sentra Industri Tahu Kota Malang. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 8(1), 21–31. <https://doi.org/10.36040/industri.v8i1.669>
- Sigar, A. C., Sondakh, E. H. B., Ratulangi, F. S., & Palar, C. K. M. (2020). Pengaruh Perendaman Dalam Larutan Ekstrak Tanin Biji Alpukat Terhadap

- Kualitas Internal Telur Ayam Ras. *Zootec*, 40(2), 794. <https://doi.org/10.35792/zot.40.2.2020.30833>
- Sjafruddin, R., Ardi, M., & Arsyad, M. (2024). Potensi Pengolahan Air Limbah Industri Tahu sebagai Langkah Mendukung Industri Berkelanjutan. *Sainsmat: Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Alam*, 13(1), 35. <https://doi.org/10.35580/sainsmat131589762024>
- Star, B., Nurmaini, & Marsaulina, I. (2013). *Analisa Kualitas Air Sungai Silahi Salbe Dan Keluhan Kesehatan Kulit Masyarakat Desa Togu Domu Nauli Kecamatan Dolok Pardamean Kabupaten Simalungun Tahun 2013*. 20(3), 36–44.
- Suhendar, D. T., Sachoemar, I. S., & Zaidy, A. B. (2020). Hubungan Kekeruhan Terhadap Materi Partikulat Tersuspensi (MPT) Dan Kekeruhan Terhadap Klorofil Dalam Tambak Udang. *Fisheries and Marine Research*, 4(3), 332–338. <http://jfmr.ub.ac.id>
- Suntoro, & Junianti, F. (2022). Pengaruh Penambahan Kapur (CaO) dan Waktu Pengadukan Terhadap Penurunan Nilai COD Raw Water Pada Water Treatment Plant Di PPSDM Migas Cepu. *Majalah Teknik Industri*, 30, 2022.
- Wicaksana, A., & Rachman, T. (2018). 118170020_4_150428. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 3(1), 10–27. <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- Wicheisa, F. V., Hanani, Y., & Astorina, N. (2018). Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) Pada Limbah Laundry Orens Tembalang Dengan Berbagai Variasi Dosis Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(6), 2356–3346. <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm>
- Widiyawati, C., Hanifah, R. N., & P, D. Y. (2022). Kemampuan Koagulan Kitosan dalam Penurunan Konsentrasi TSS dan COD Pengolahan Limbah Cair (Review Jurnal) pertanian , aktivitas mineral , industri pengolahan , dan sistem pembuangan. *Tecnoscienza*, 6(2).
- Widyastuti, M. E. (2021). Penurunan Total Zat Padat Terlarut (TDS) Air Sungai dengan Menggunakan Arang Tongkol Jagung. *Journal of Chemical Engineering*, 2(1), 1–6.
- Yin, C. Y. (2010). Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. *Process Biochemistry*, 45(9), 1437–1444. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.05.030>
- Zakaria, A., Sauri, S., Fadela, D. M., & Wardhani, P. S. A. (2021). Efisiensi Penurunan Kadar COD, TSS, dan TDS pada Air Limbah Industri Pangan menggunakan Koagulan Poly Aluminium Chloride dengan metode Jar Test. *Warta Akab*, 45(2), 98–104. <https://doi.org/10.55075/wa.v45i2.60>

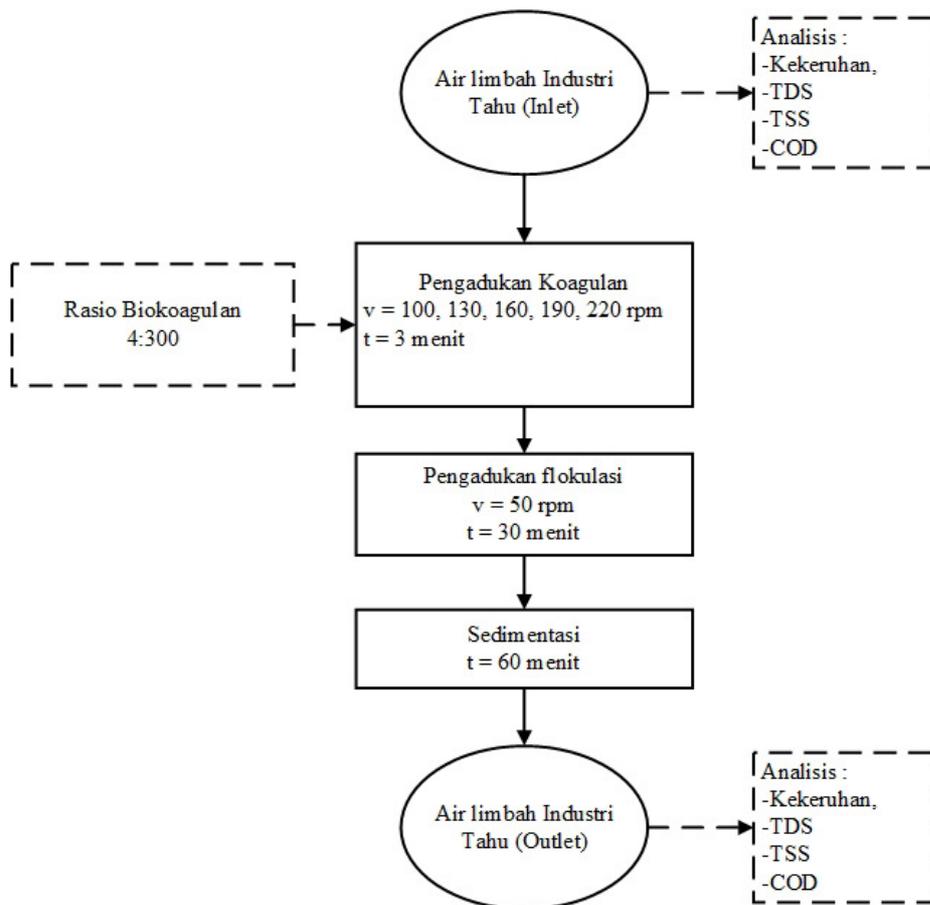


LAMPIRAN
LAMPIRAN I DIAGRAM ALIR PEMBUATAN EKSTRAK BIJI
ALPUKAT



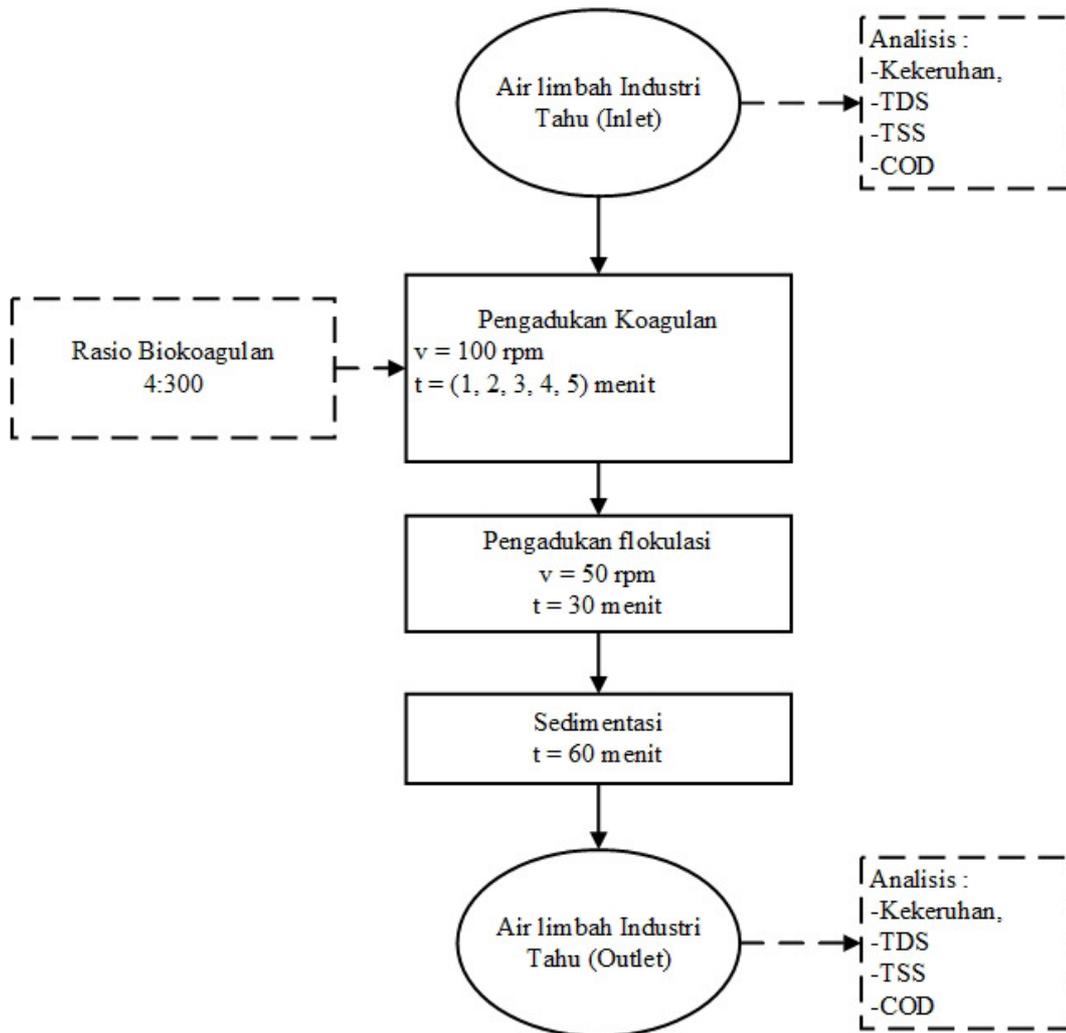
Gambar 1. Diagram Alir Pembuatan Ekstrak Biji Alpukat

LAMPIRAN II DIAGRAM ALIR PENENTUAN KECEPATAN PENGADUKAN KOAGULASI



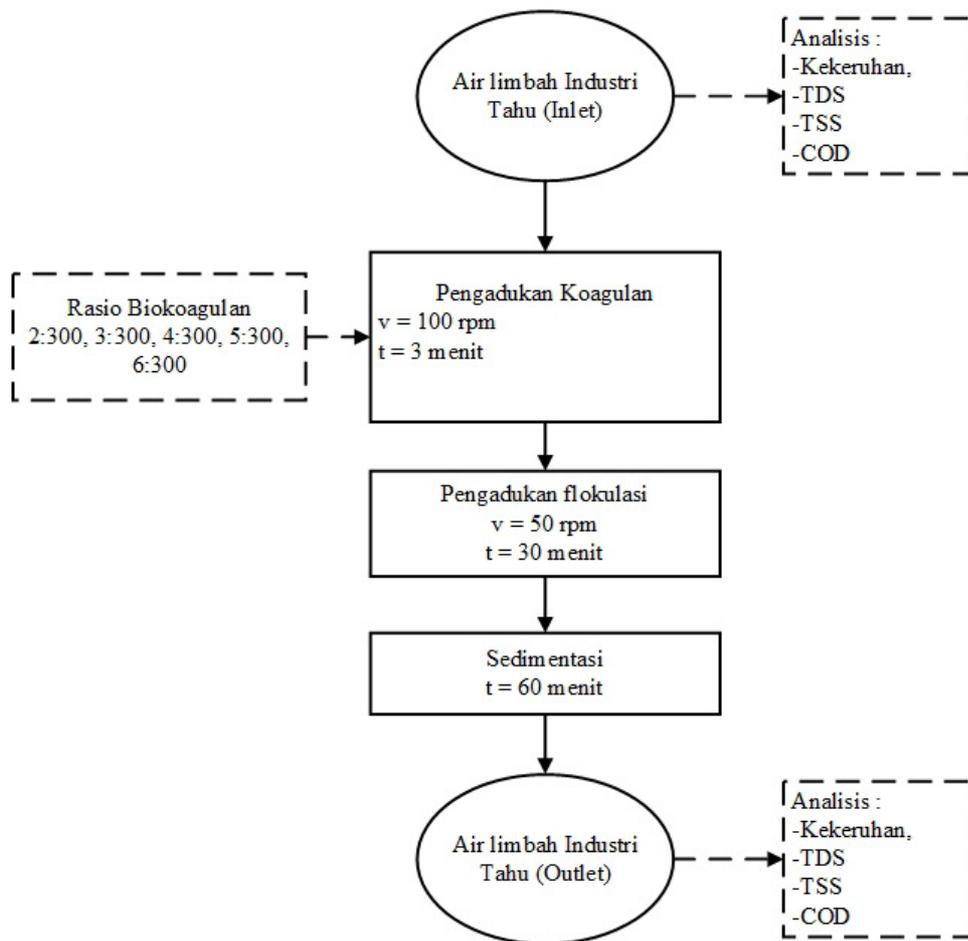
Gambar 2. Diagram Alir Penentuan Kecepatan Pengadukan Koagulasi

LAMPIRAN III DIAGRAM ALIR PENENTUAN WAKTU PENGADUKAN KOAGULASI



Gambar 3. Diagram Alir Penentuan Waktu Pengadukan Koagulasi

**LAMPIRAN IV DIAGRAM ALIR PENENTUAN RASIO BIOKOAGULAN
EKSTRAK BIJI ALPUKAT: AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU**



Gambar 4. Diagram Alir Penentuan Rasio Biokoagulan Ekstrak Biji Alpukat Terhadap Air Limbah Industri Tahu



Proses pengeringan biji alpukat dengan bantuan sinar matahari



Proses pengeringan biji alpukat dengan oven pada suhu 50°C selama 48 jam



Proses penggilingan



Proses pengayakan dengan sieving



Proses pembuatan ekstrak Biji alpukat



Hasil Ekstraksi Biji Alpukat



Pembuatan larutan standar asam galat



Hasil Spektrofotometer Uv-Vis



Proses jar test dengan variasi pengadukan cepat, waktu pengadukan cepat dan rasio biokoagulan:sampel air limbah



Sedimentasi 60 menit



Analisis TSS



Analisis TDS



Analisa Kekeruhan



Analisa COD



LAMPIRAN VI DATA PENGAMATAN

6.1 DATA PENGAMATAN ANALISIS TANIN

Absorbansi serbuk biji alpukat = 0,569 Abs

Absorbansi filtrat ekstrak biji alpukat = 0,323 Abs

Berat serbuk biji alpukat = 5 gram

Berat serbuk biji alpukat untuk ekstraksi = 200 gram

6.2 DATA PENGAMATAN TSS

Tabel 6.1 Data Pengamatan TSS Untuk Variasi Kecepatan Pengadukan Koagulasi

Pengadukan koagulasi (rpm)	W ₀ (mg)	W ₁ (mg)	Volume sampel (ml)
100	967,9	970,4	50
130	960,7	978,3	50
160	983,8	1018,7	50
190	963,9	982,5	50
220	970,4	988,1	50

Tabel 6.2 Data Pengamatan TSS Untuk Variasi Waktu Pengadukan Koagulasi

Waktu Pengadukan koagulasi (Menit)	W ₀ (mg)	W ₁ (mg)	Volume sampel (ml)
1	967,3	993,7	50
2	966,4	983,5	50
3	967,9	970,4	50
4	980,4	987,2	50
5	963,7	988,6	50

Tabel 6.3 Data Pengamatan TSS untuk Variasi Rasio Biokoagulan Terhadap Air Limbah Industri Tahu

Rasio Biokoagulan terhadap air limbah industri tahu	W ₀ (mg)	W ₁ (mg)	Volume sampel (ml)
2:300	972,6	1005	50
3:300	982,2	1001	50
4:300	967,9	970,4	50
5:300	951,5	971,1	50
6:300	999,3	1032,8	50

6.3 DATA PENGAMATAN TDS

Tabel 6.4 Data pengamatan TDS untuk Variasi Kecepatan pengadukan koagulasi

Pengadukan koagulasi (rpm)	W ₀ (mg)	W ₁ (mg)	Volume sampel (ml)
100	32940	33101,3	25
130	24595,8	24770,5	25
160	24930,9	24975,2	25
190	31376,4	31532,7	25
220	32118	32270,9	25

Tabel 6.5 Data pengamatan TDS untuk Variasi Waktu pengadukan koagulasi

Waktu pengadukan koagulasi (Menit)	W ₀ (mg)	W ₁ (mg)	Volume sampel (ml)
1	31088,1	31275	25
2	31751,3	31905,6	25
3	32940	33101,3	25
4	24595,8	24747,3	25
5	31088,1	31244,7	25

Tabel 6.6 Data pengamatan TDS untuk Variasi rasio ekstrak biokogulan terhadap sampel air limbah industri

Rasio Biokoagulan terhadap air limbah industri tahu	W ₀ (mg)	W ₁ (mg)	Volume sampel (ml)
2:300	24595,8	24761	25
3:300	24930,9	25077,1	25
4:300	32940	33101,3	25
5:300	31751,3	31926,9	25
6:300	24547,9	24708	25

6.4 DATA PENGAMATAN KEKERUHAN

Tabel 6. 7 Data pengamatan Kekeruhan Untuk Variasi Kecepatan Pengadukan Koagulasi

Sampel Awal Air Limbah tahu (NTU)	Kecepatan Pengadukan koagulasi (rpm)	Kekeruhan Air Limbah Tahu (NTU)
1378	100	562
	130	1282
	160	468
	190	1318
	220	1278

Tabel 6.8 Data pengamatan Kekeruhan Untuk Variasi Waktu Pengadukan Koagulasi

Sampel Awal Air Limbah tahu (NTU)	Waktu Pengadukan koagulasi (menit)	Kekeruhan Air Limbah Tahu (NTU)
1378	1	1031
	2	804
	3	562
	4	677
	5	967

Tabel 6.9 Data pengamatan Kekeruhan untuk Variasi Rasio Biokoagulan Terhadap Air Limbah Industri Tahu

Sampel Awal Air	Rasio Biokoagulan terhadap	Kekeruhan Air Limbah
-----------------	----------------------------	----------------------

Limbah tahu (NTU)	air limbah industri tahu	Tahu (NTU)
1378	2:300	924
	3:300	917
	4:300	562
	5:300	617
	6:300	420

6.5 DATA PENGAMATAN COD

Tabel 6.10 Data pengamatan COD untuk Variasi Kecepatan Pengadukan Koagulasi

Pengadukan koagulasi (rpm)	Titration FAS	V sampel (ml)	N FAS	FP
100	3,9	10	0,192	100
130	3,4			
160	3,8			
190	4,1			
220	3,7			

Tabel 6.11 Data pengamatan COD untuk Variasi Waktu Pengadukan Koagulasi

Waktu Pengadukan koagulasi (menit)	Titration FAS	V sampel (ml)	N FAS	FP
1	3	10	0,192	100
2	3,5			
3	3,9			
4	3,2			
5	3,9			

Tabel 6.12 Data pengamatan COD untuk variasi rasio biokoagulan terhadap sampel air limbah industri tahu

Rasio Biokoagulan terhadap	Titration FAS	Volume sampel	N	FP
----------------------------	---------------	---------------	---	----

air limbah industri tahu		FAS		
2:300	3,1			
3:300	3,1			
4:300	3,9	10	0,192	100
5:300	3,5			
6:300	3,9			



LAMPIRAN VII PERHITUNGAN

7.1 PERHITUNGAN ANALISIS TANIN

- 1) Pembuatan larutan Induk asam galat 100 ppm

$$100 \text{ ppm} = 100 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{Mg} &= \frac{\text{ppm} \times \text{mL}}{1000} \\ &= \frac{100 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}}{1000} \\ &= \frac{10.000}{1000} \\ &= 10 \text{ mg} \rightarrow 0,1 \text{ gram} \end{aligned}$$

- 2) Perhitungan larutan standar asam galat

Untuk 2 ppm

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$100 \text{ mg/L} \times V1 = 2 \text{ mg/L} \times 10 \text{ ml}$$

$$V2 = 0,2 \text{ ml}$$

Dengan cara yang sama, maka dihasilkan nilai pada Tabel 7.1 berikut:

Tabel 7. 1 Perhitungan larutan standar asam galat

Konsentrasi (ppm)	Volume yang dipipet (mL)
2	0,2
4	0,4
6	0,6
8	0,8
10	1

- 3) Perhitungan pembuatan larutan Na_2CO_3 10%

$$10\% = 10 \text{ gram } \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ dalam } 100 \text{ ml aquadest}$$

- 4) Perhitungan pembuatan *Folin* 10%

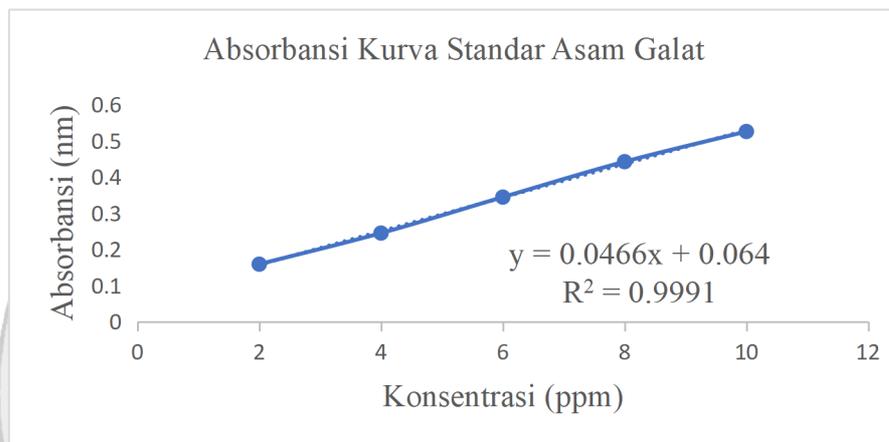
$$10\% = 10 \text{ gram } \textit{Folin} \text{ dalam } 100 \text{ ml aquadest}$$

- 5) Perhitungan Kandungan Tanin pada Ekstrak Biji Alpukat

Tabel 7.2 Hasil pengujian Spektrofotometer Uv-Vis

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (nm)
2	0,159
4	0,245
6	0,345
8	0,443
10	0,526

Dari Tabel 7.2 maka didapatkan kurva standar berikut:



Gambar 7.1 Grafik Hubungan antara konsentrasi asam galat Vs Absorbansi (nm)

$$x = \frac{(y-b)}{a}$$

Keterangan:

x : Konsentrasi

y : Absorbansi

a : Slope

b : Intercept

y : 0,0466x + 0,0639

$$x = \frac{(0,323 - 0,0639)}{0,0466}$$

$$x = 5,56 \mu\text{g/ml} \rightarrow 0,0056 \text{ mg/ml}$$

dikalikan dengan jumlah pengenceran per gram

$$= \frac{50 \times 0,0056 \times 1)}{0,01}$$

$$= 27,89 \text{ mgGAE/gr}$$

Perhitungan % Tanin pada 200gram biji alpukat

$$0,0056 \text{ mg/ml} \rightarrow 5,6 \text{ mg/L}$$

$$= \frac{5,6 \times 0,1 \times \frac{50}{0,05}}{200000 \text{ mg}} \times 100\%$$

$$= 0,28\%$$

7.2 PERHITUNGAN TOTAL SUSPENDED SOLID (TSS)

$$\text{TSS (mg/l)} = \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V}$$

Keterangan:

W_0 : Berat awal (mg)

W_1 : Berat akhir (mg)

V : Volume contoh uji (ml)

1000 : Konversi mililiter ke liter (ml/L)

1) Perhitungan TSS untuk Variasi Kecepatan Pengadukan Koagulasi:

$$\text{Diketahui : } W_0 = 967,9 \text{ mg}$$

$$W_1 = 970,4 \text{ mg}$$

$$V = 50 \text{ ml}$$

$$\text{Total Suspended Solid} = \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V}$$

$$= \frac{970,4 \text{ mg} - 967,9 \text{ mg} \times 1000}{50 \text{ ml}}$$

$$= 50 \text{ mg/l}$$

Perhitungan Efektivitas (%)

$$\begin{aligned}\% \text{Efektivitas} &= \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\% \\ &= \frac{842 \text{ mg/l} - 50 \text{ mg/l}}{842 \text{ mg/l}} \times 100\% \\ &= 94,06\%\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkan nilai pada Tabel 7.3 berikut ini:

Tabel 7.3 Data Hasil Perhitungan TSS untuk Variasi Kecepatan Pengadukan Koagulasi

Pengadukan koagulasi (rpm)	TSS (mg/l)	Efektivitas (%)
100	50	94,06
130	352	58,19
160	698	17,10
190	372	55,82
220	354	57,96

2) **Perhitungan TSS untuk Variasi Waktu Pengadukan Koagulasi:**

Diketahui : $W_0 = 967,3 \text{ mg}$

$$W_1 = 993,7 \text{ mg}$$

$$V = 50 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Suspended Solid} &= \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V} \\ &= \frac{993,7 \text{ mg} - 967,3 \text{ mg}}{50 \text{ ml}} \\ &= 528 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

Perhitungan Efektivitas (%)

$$\begin{aligned}\% \text{Efektivitas} &= \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\% \\ &= \frac{842 \text{ mg/l} - 528 \text{ mg/l}}{842 \text{ mg/l}} \times 100\% \\ &= 37,29\%\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkan nilai pada Tabel 7.4 berikut ini:

Tabel 7.4 Data Hasil Perhitungan TSS untuk Variasi Waktu Pengadukan Koagulasi

Waktu Pengadukan koagulasi (Menit)	TSS (mg/l)	Efektivitas(%)
1	528	37,29
2	342	59,38
3	50	94,06
4	136	83,85
5	498	40,86

3) Perhitungan TSS untuk Rasio Biokoagulan ekstrak biji alpukat terhadap air limbah industri tahu:

Diketahui : $W_0 = 972,6 \text{ mg}$

$W_1 = 1005 \text{ mg}$

$V = 50 \text{ ml}$

$$\begin{aligned} \text{Total Suspended Solid} &= \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V} \\ &= \frac{1005 \text{ mg} - 972,6 \text{ mg}}{50 \text{ ml}} \\ &= 648 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Perhitungan Efektivitas (%)

$$\begin{aligned} \% \text{Efektivitas} &= \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\% \\ &= \frac{842 \text{ mg/l} - 648 \text{ mg/l}}{648 \text{ mg/l}} \times 100\% \\ &= 23,04\% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkan nilai pada Tabel 7.6 berikut ini:

Tabel 7. 5 Data Hasil Perhitungan TSS untuk Rasio Biokoagulan ekstrak biji alpukat terhadap air limbah industri tahu

Rasio Biokoagulan terhadap air limbah industri tahu	TSS (mg/l)	Efektivitas (%)
2:300	648	23,04
3:300	376	55,34
4:300	50	94,06
5:300	392	53,44
6:300	670	20,43

7.3 PERHITUNGAN *TOTAL DISSOLVED SOLID* (TDS)

$$\text{TDS (mg/l)} = \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V}$$

Keterangan:

W_0 : Berat awal (mg)

W_1 : Berat akhir (mg)

V : Volume contoh uji (ml)

1000 : Konversi mililiter ke liter (ml/L)

1) Perhitungan TDS untuk Variasi Kecepatan Pengadukan Koagulasi:

Diketahui : $W_0 = 32940 \text{ mg}$

$W_1 = 33101,3 \text{ mg}$

$V = 25 \text{ ml}$

$$\begin{aligned} \text{Total Dissolved Solid} &= \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V} \\ &= \frac{33101,3 \text{ mg} - 32940 \text{ mg}}{25 \text{ ml}} \times 100\% \\ &= 6452 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Perhitungan Efektivitas (%)

$$\begin{aligned} \% \text{Efektivitas} &= \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\% \\ &= \frac{10300 \text{ mg/l} - 6452 \text{ mg/l}}{10300 \text{ mg}} \times 100\% \\ &= 37,36\% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkan nilai pada Tabel 7.6 berikut ini:

Tabel 7.6 Data Hasil Perhitungan TDS untuk Variasi Kecepatan Pengadukan Koagulasi

Pengadukan koagulasi (rpm)	TDS (mg/l)	Efektivitas (%)
100	6452	37,36
130	6988	32,16
160	1772	82,80
190	6252	39,30
220	6116	40,62

2) Perhitungan TDS untuk Variasi Waktu Pengadukan Koagulasi:

Diketahui : $W_0 = 31088,1 \text{ mg}$

$W_1 = 31275 \text{ mg}$

$V = 25 \text{ ml}$

$$\begin{aligned} \text{Total Dissolved Solid} &= \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V} \\ &= \frac{31275 \text{ mg} - 31088,1 \text{ mg}}{25 \text{ ml}} \times 100\% \\ &= 7476 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Perhitungan Efektivitas (%)

$$\begin{aligned} \% \text{Efektivitas} &= \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\% \\ &= \frac{10300 \text{ mg/l} - 7476 \text{ mg/l}}{10300 \text{ mg}} \times 100\% \\ &= 27,42\% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkan nilai pada Tabel 7.7 berikut ini:

Tabel 7.7 Data Hasil Perhitungan TDS untuk Variasi Waktu Pengadukan Koagulasi

Waktu Pengadukan koagulasi (Menit)	TDS (mg/l)	Efektivitas (%)
1	7476	27,42
2	6172	40,08
3	6452	37,36
4	6060	41,17
5	6264	39,18

3) Perhitungan TDS untuk Rasio Biokoagulan ekstrak biji alpukat terhadap air limbah industri tahu:

Diketahui : $W_0 = 24595,8 \text{ mg}$

$W_1 = 24761 \text{ mg}$

$V = 25 \text{ ml}$

$$\begin{aligned} \text{Total Dissolved Solid} &= \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V} \\ &= \frac{24761 \text{ mg} - 24595,8 \text{ mg}}{25 \text{ ml}} \times 100\% \\ &= 6608 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

Perhitungan Efektivitas (%)

$$\begin{aligned} \% \text{Efektivitas} &= \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\% \\ &= \frac{10300 \text{ mg/l} - 6608 \text{ mg/l}}{10300 \text{ mg}} \times 100\% \\ &= 35,84\% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkan nilai pada Tabel 7.8 berikut ini:

Tabel 7.8 Data Hasil Perhitungan TDS untuk Variasi Rasio Biokoagulan ekstrak biji alpukat terhadap air limbah industri tahu

Rasio Biokoagulan terhadap air limbah industri tahu	TDS (mg/l)	Efektivitas (%)
2	6608	35,84
3	5848	43,22
4	6452	37,36
5	7024	31,81
6	6404	37,83

7.4. PERHITUNGAN KEKERUHAN

$$\% P = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Keterangan:

% P = efisiensi penurunan

1) Perhitungan Kekeruhan untuk Variasi Kecepatan Pengadukan Koagulasi:

Diketahui:

$$\begin{aligned} \% P &= \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\% \\ &= \frac{1378 \text{ NTU} - 562 \text{ NTU}}{1378 \text{ NTU}} \times 100\% \\ &= 59,22 \% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkan nilai pada Tabel 7.9 berikut ini:

Tabel 7.9 Data Hasil Perhitungan Kekeruhan untuk Variasi Kecepatan Pengadukan Koagulasi

Kecepatan pengadukan koagulasi (rpm)	Efektivitas (%)
100	59,22
130	6,97
160	66,04
190	4,35
220	7,26

2) Perhitungan Kekeruhan untuk Variasi Waktu Pengadukan Koagulasi:

Diketahui:

$$\begin{aligned} \% P &= \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\% \\ &= \frac{1378 \text{ NTU} - 1031 \text{ NTU}}{1378 \text{ mg/l}} \times 100\% \\ &= 25,18 \% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkan nilai pada Tabel 7.10 berikut ini:

Tabel 7.10 Data Hasil Perhitungan Kekeruhan untuk Variasi Waktu Pengadukan Koagulasi

Waktu Pengadukan koagulasi (menit)	Efektivitas (%)
1	25,18
2	41,65
3	59,22
4	50,87
5	29,83

3) Perhitungan Kekeruhan untuk Variasi Rasio Biokoagulan ekstrak biji alpukat terhadap air limbah industri tahu

Diketahui:

$$\begin{aligned} \% P &= \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\% \\ &= \frac{1378 \text{ NTU} - 924 \text{ NTU}}{1378 \text{ NTU}} \times 100\% \\ &= 32,95 \% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkan nilai pada Tabel 7.11 berikut ini:

Tabel 7.11 Data Hasil Perhitungan Kekeruhan untuk Variasi Rasio Biokoagulan ekstrak biji alpukat terhadap air limbah industri tahu

Rasio Biokoagulan terhadap air limbah industri tahu	Efektivitas (%)
2:300	32,95
3:300	33,45
4:300	59,22
5:300	55,22
6:300	69,52

7.5 PERHITUNGAN NILAI CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD)

$$\text{Normalitas FAS} = \frac{(V1) \times (N1)}{V2}$$

Keterangan:

V1 = Volume larutan $K_2Cr_2O_7$ yang digunakan (ml)

V2 = Volume larutan FAS yang dibutuhkan (ml)

N1 = Normalitas larutan $K_2Cr_2O_7$

$$\text{Nilai COD (mg/O}_2) = \frac{(A-B)(N)(8000)}{\text{ml uji contoh}} \times FP$$

Keterangan:

A = Volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk blanko, (ml)

B = Volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk contoh/sampel, (ml)

N = Normalitas larutan FAS, (N)

Fp = Faktor Pengali

a) Perhitungan Standarisasi FAS

$$\begin{aligned}\text{Normalitas FAS} &= \frac{(V1) \times (N1)}{V2} \\ &= \frac{(5 \text{ ml}) \times (0,25 \text{ N})}{6,5 \text{ ml}} \\ &= 0,192 \text{ N}\end{aligned}$$

b) Perhitungan COD

1) **Perhitungan COD untuk Variasi Kecepatan Pengadukan Koagulasi:**

Diketahui:

A : 4,3 ml

B : 3,9 ml

N FAS : 0,192 N

Fp : 100

Sampel uji : 10 ml

Ditanyakan: Berapa kadar COD pada sampel limbah tahu...?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Nilai COD (mg/l O}_2) &= \frac{(A-B)(N)(8000)}{\text{ml uji contoh}} \times \text{FP} \\ &= \frac{(4,3-3,9)(0,192 \text{ N})(8000)}{10 \text{ ml}} \times 100\end{aligned}$$

$$= 6.144 \text{ mg/l O}_2$$

Perhitungan Efektivitas (%)

$$\% \text{Efektivitas} = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{21504 \text{ mg/lO}_2 - 6144 \text{ mg/lO}_2}{19968 \text{ mg/lO}_2} \times 100\%$$

$$= 71,43\%$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkan nilai pada Tabel 7.12 berikut ini:

Tabel 7. 12 Data Hasil Perhitungan COD untuk Variasi Kecepatan Pengadukan Koagulasi

Pengadukan koagulasi (rpm)	Nilai COD (mg/L O ₂)	Efektivitas (%)
100	6144	71,43
130	13824	35,71
160	7680	64,29
190	3072	85,71
220	9216	57,14

2) Perhitungan COD untuk Variasi Waktu Pengadukan Koagulasi:

Diketahui:

A : 4,3 ml

B : 3 ml

N FAS : 0,192 N

Fp : 100

Sampel uji : 10 ml

Ditanyakan: Berapa kadar COD pada sampel limbah tahu...?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Nilai COD (mg/l O}_2) &= \frac{(A-B)(N)(8000)}{\text{ml uji contoh}} \times \text{FP} \\ &= \frac{(4,3-3)(0,192 N)(8000)}{10 \text{ ml}} \times 100 \\ &= 19.968 \text{ mg/l O}_2 \end{aligned}$$

Perhitungan Efektivitas (%)

$$\begin{aligned} \% \text{Efektivitas} &= \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\% \\ &= \frac{21504 \text{ mg/lO}_2 - 19968 \text{ mg/lO}_2}{21504 \text{ mg/lO}_2} \times 100\% \\ &= 7,14\% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkan nilai pada Tabel 7.13 berikut ini:

Tabel 7.13 Data Hasil Perhitungan COD untuk Variasi Waktu Pengadukan Koagulasi

Waktu Pengadukan koagulasi (menit)	Nilai COD (mg/L O ₂)	Efektivitas (%)
1	19968	7,14
2	12288	42,86
3	6144	71,43
4	16896	21,43
5	6144	71,43

3) Perhitungan COD untuk Variasi Rasio Biokoagulan ekstrak biji alpukat terhadap air limbah industri tahu:

Diketahui:

A : 4,3 ml

B : 3,1 ml

N FAS : 0,192 N

Fp : 100

Sampel uji : 10 ml

Ditanyakan: Berapa kadar COD pada sampel limbah tahu...?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Nilai COD (mg/l O}_2) &= \frac{(A-B)(N)(8000)}{\text{ml uji contoh}} \times \text{FP} \\ &= \frac{(4,3-3,1)(0,192 N)(8000)}{10 \text{ ml}} \times 100 \\ &= 18,432 \text{ mg/l O}_2\end{aligned}$$

Perhitungan Efektivitas (%)

$$\begin{aligned}\% \text{Efektivitas} &= \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\% \\ &= \frac{21509 \text{ mg/lO}_2 - 18432 \text{ mg/lO}_2}{21504 \text{ mg/lO}_2} \times 100\% \\ &= 14,29\%\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka didapatkan nilai pada Tabel 7.14 berikut ini:

Tabel 7.14 Data Hasil Perhitungan COD untuk Rasio Biokoagulan ekstrak biji alpukat terhadap air limbah industri tahu

Rasio Biokoagulan terhadap air limbah industri tahu	Nilai COD (mg/L O ₂)	%Efektivitas
2:300	18432	14,29
3:300	18432	14,29
4:300	6144	71,43
5:300	12288	42,86
6:300	6144	71,43