

**KEMAMPUAN EKSTRAK BIJI TREMBESI (SAMANEA
SAMAN) SEBAGAI BIOKOAGULAN DALAM MENURUNKAN
PARAMETER PENCEMAR PADA AIR LIMBAH RUMAH
POTONG HEWAN (RPH)**

TUGAS AKHIR

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi salah satu syarat akademis dalam mencapai gelar sarjana Teknik Program Studi S1 Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh



Diajukan Oleh:
MUHAMMAD ALFIN MUBARAK
NIM. 220702050

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2026 M / 1448 H

LEMBAR PERSETUJUAN

Kemampuan Ekstrak Biji Trembesi (*Samanea saman*) Sebagai Biokogulan Dalam Menurunkan Parameter Pencemar Pada Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH)

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Diajukan oleh:
MUHAMMAD ALFIN MUBARAK
NIM. 220702050

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 9 Juli 2026

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

Arief Rahman, M.T.

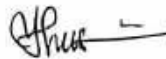
NIP. 198903102019031012

Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc., IPM., APEC Eng

NIP. 198207612014031001

A R - R Mengesahui,

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh



Husnawati Yahya, S.Si, M.Sc.

NIP. 198311092014032002

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
KEMAMPUAN EKSTRAK BIJI TREMBESI (*Samanea Saman*)
SEBAGAI BIOKOAGULAN DALAM MENURUNKAN
PARAMETER PENCEMAR PADA AIR LIMBAH RUMAH
POTONG HEWAN (RPH)

TUGAS AKHIR

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir/Skripsi Fakultas
Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dan Dinyatakan Lulus Serta
Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Prodi Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Rabu, 29 Juli 2026
Rabu 14 Shafar 1448 H
di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,

Arief Rahman, M.T

NIP.198903102019031012

Penguji I,

Dr. Ir. Juliansyah Harahap S.T., M.Sc., IPM., APEC Eng

NIP.198207312014031001

Penguji II,

Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.

NIP. 198302022015031002

Ir. Muhammad Haikal, S.T., M.Sc.

NIP.199502252025051003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU

NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad alfin Mubarak
Nim : 220702050
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Kemampuan Ekstrak Biji Trembesi (*Samanea saman*)
Sebagai Biokoagulan Dalam Menurunkan Parameter
Pencemar Pada Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH)

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari dosen pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya, dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 15 Agustus 2026



Muhammad Alfin Mubarak

ABSTRAK

Nama : Muhammad Alfin Mubarak
NIM : 220702050
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Kemampuan Ekstrak Biji Trembesi (*Samanea saman*)
Sebagai Biokoagulan dalam Menurunkan Parameter
Pencemar pada Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH).
Tanggal Sidang : 29 Juli 2026
Jumlah Halaman : 86 Halaman
Pembimbing I : Arief Rahman, M.T.
Pembimbing II : Dr. Ir. Juliansyah Harahap S.T., M.Sc., IPM., APEC Eng
Kata Kunci : Air limbah rumah potong hewan, ekstrak biji trembesi,
biokoagulan, koagulasi dan flokulasi, pH, COD, dan TSS.

Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) memiliki kandungan polutan organik tinggi yang dapat mencemari lingkungan jika tidak diolah, sehingga diperlukan alternatif pengolahan yang ramah lingkungan menggunakan koagulan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tingkat efektivitas, serta dosis dan konsentrasi optimum koagulan ekstrak biji trembesi (*Samanea saman*) dalam menurunkan parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solids* (TSS), serta pengaruhnya terhadap nilai pH pada air limbah RPH Kota Banda Aceh. Metode yang digunakan adalah eksperimental skala laboratorium dengan metode *jar test*. Variasi yang diuji meliputi konsentrasi ekstrak sebesar 0,1%, 0,2%, dan 0,3%, serta volume dosis 5 mL, 10 mL, 15 mL, dan 20 mL. Hasil uji pendahuluan menunjukkan karakteristik awal air limbah memiliki nilai pH 7,77, COD 1.626 mg/L, dan TSS 250 mg/L. Setelah proses koagulasi-flokulasi, nilai pH tetap stabil pada rentang baku mutu (7,68–7,82). Penurunan kadar COD tertinggi diperoleh pada konsentrasi 0,3% dengan dosis 10 mL, yang menghasilkan efektivitas sebesar 88,81% (kadar akhir 182 mg/L). Sementara itu, penurunan kadar TSS tertinggi diperoleh pada konsentrasi 0,2% dengan dosis 10 mL, dengan tingkat efektivitas mencapai 96,00% (kadar akhir 10 mg/L). Kesimpulannya, ekstrak biji trembesi terbukti efektif sebagai koagulan dalam menurunkan kadar pencemar air limbah RPH, dan hasil pengolahan pada dosis optimum tersebut telah memenuhi ambang batas baku mutu sesuai Permen LHK Nomor 5 Tahun 2014.

ABSTRACT

Name : Muhammad Alfin Mubarak
NIM : 220702050
Department : Environmental Engineering
Title : *The Ability of Trembesi (Samanea saman) Seed Extract as a Biocoagulant in Reducing Pollutant Parameters in Slaughterhouse Wastewater.*
Date of Session : 29 July 2026
Number of Pages : 86 Pages
Advisor I : Arief Rahman, M.T.
Advisor II : Dr. Ir. Juliansyah Harahap S.T., M.Sc., IPM., APEC Eng.
Keyword : *Slaughterhouse wastewater, trembesi seed extract, biocoagulant, coagulation and flocculation, pH, COD, and TSS.*

Slaughterhouse wastewater contains high organic pollutants that can pollute the environment if untreated, necessitating an eco-friendly alternative treatment using a biocoagulant. This study aims to determine the effectiveness level, as well as the optimum dose and concentration of Trembesi (Samanea saman) seed extract biocoagulant in reducing Chemical Oxygen Demand (COD) and Total Suspended Solids (TSS) parameters, and its effect on the pH value of Gampong Pande slaughterhouse wastewater. The method used was a laboratory-scale experiment using the jar test method. The variations tested included extract concentrations of 0.1%, 0.2%, and 0.3%, and dosage volumes of 5 mL, 10 mL, 15 mL, and 20 mL. Preliminary test results showed the initial wastewater characteristics had a pH of 7.77, COD 1,626 mg/L, and TSS 250 mg/L. After the coagulation-flocculation process, the pH value remained stable within the quality standard range (7.68–7.82). The most optimal reduction in COD levels was achieved using a 0.3% concentration with a 10 mL dose, resulting in an effectiveness of 88.81% (final level 182 mg/L). Meanwhile, the most optimal TSS reduction occurred at a 0.2% concentration with a 10 mL dose, with an effectiveness level reaching 96.00% (final level 10 mg/L). In conclusion, Trembesi seed extract is proven effective as a biocoagulant in reducing slaughterhouse wastewater pollutants, and the treatment results at the optimum dose have met the quality standards threshold according to the Minister of Environment and Forestry Regulation Number 5 of 2014.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini dengan judul “Kemampuan Ekstrak Biji Trembesi (*Samanea saman*) sebagai koagulan dalam Menurunkan Parameter Pencemar pada Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH)”.

Selawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad Saw. beserta keluarga dan para sahabat, yang telah menjadi teladan terbaik bagi umat manusia dalam menuntut ilmu dan mengamalkan kebaikan dan terkhususnya kepada kedua orang tua tercinta, Ayahanda Hermansyah, Ibunda Nurul Wahidatullah, dan Ibunda Erni Agusni, yang senantiasa memberikan doa, semangat, serta dukungan moril maupun materiel yang tak terhingga kepada penulis.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Penulis menyadari bahwa kelancaran penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak.

Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setulusnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU. Selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc. Selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc. Selaku Sekretaris Prodi Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Bapak Arief Rahman, M.T. selaku Dosen Penasihat Akademik sekaligus Dosen Pembimbing 1 yang telah dengan sabar memberikan arahan

akademik sejak awal perkuliahan hingga memberikan bimbingan intensif dalam penyempurnaan tugas akhir ini.

5. Bapak Dr. Ir. Juliansyah Harahap S.T., M.Sc., IPM., APEC Eng, selaku pembimbing 2 penulis dalam menyusun Tugas Akhir atas kesempatan, bimbingan yang telah diberikan kepada penulis.
6. Ibu Firda Elvisa, SE, Ak, selaku Staf Administrasi Program Studi Teknik Lingkungan yang telah membantu dengan sabar dalam hal administrasi
7. Seluruh Dosen dan Staf Akademik Fakultas Sains dan Teknologi, khususnya pada Program Studi Teknik Lingkungan, yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis selama menempuh pendidikan.
8. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Lingkungan angkatan 2022 dan semua pihak yang telah membantu penulis, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki kekurangan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat diterima dan bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Banda Aceh, 16 Juli 2026

Penulis,

Muhammad Alfin Mubarak

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Air Limbah Rumah Potong Hewan	8
2.2 Karakteristik Air Limbah Rumah Potong Hewan	9
2.3 Baku Mutu Air Limbah Rumah Potong Hewan	10
2.4 Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan	11
2.5 Koagulasi-Flokulasi.....	11
2.6 Biokoagulan.....	13
2.7 Biji Trembesi (<i>Samanea saman</i>)	14
2.8 Penelitian Terdahulu.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Tahapan Umum	19
3.2 Variabel Penelitian	21
3.3 Metode Pengumpulan Data	22
3.3.1 Data Primer	22

3.3.2 Data Sekunder	23
3.4 Lokasi dan Waktu Penelitian	23
3.4.1 Lokasi Pengambilan Sampel	23
3.4.2 Waktu Penelitian	24
3.4.3 Jadwal Rencana Penelitian	24
3.5 Alat dan Bahan	27
3.5.1 Alat Penelitian	27
3.5.2 Bahan Penelitian	27
3.6 Tahapan Eksperimen	28
3.7 Uji Pendahuluan	29
3.8 Preparasi Koagulan Ekstrak Biji Trembesi	30
3.9 Pengujian Koagulasi dan Flokulasi	31
3.10 Pengujian Parameter	33
3.10.1 Pengujian pH	33
3.10.2 Pengujian <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	33
3.10.3 Pengujian <i>Total Suspended Solids</i> (TSS)	34
3.11 Analisis Data	35
3.12 Metode Penyajian Data	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Biji Trembesi Terhadap Perubahan Parameter pH dan Penurunan Parameter COD dan TSS Pada Air Limbah RPH	38
4.1.1 Pengaruh Konsentrasi Koagulan Terhadap Perubahan Nilai pH ..	41
4.1.2 pengaruh Konsentrasi Koagulan Terhadap Penurunan Kadar COD	44
4.1.3 Pengaruh Konsentrasi Koagulan Terhadap Penurunan Kadar TSS	47
4.2 Efektivitas Koagulan Ekstrak Biji Trembesi Setelah Proses Koagulasi Flokulasi Terhadap Air Limbah Rumah Potong Hewan	51
4.2.1 Efektivitas Koagulan Terhadap Penurunan Kadar COD	51
4.2.2 Efektivitas Koagulan Terhadap Penurunan Kadar TSS	53
4.3 Karakteristik Koagulan Ekstrak Biji Trembesi	55

BAB V PENUTUP	58
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA.....	59
LAMPIRAN.....	65



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme Proses Koagulasi dan Flokulasi	13
Gambar 2.2 Biji Trembesi (<i>Samanea saman</i>)	16
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	19
Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengambilan Sampel.....	25
Gambar 3.3 Diagram Alir Eksperimen.....	29
Gambar 3.4 Kurva Pengaruh Penambahan Dosis Koagulan Terhadap Kadar TSS	36
Gambar 4.1 Proses Pengadukan Cepat 120 Rpm Selama 1 Menit Dengan Koagulan Ekstrak Biji Trembesi	40
Gambar 4.2 Proses Pengadukan Lambat 30 Rpm Selama 30 Menit Dengan Koagulan Ekstrak Biji Trembesi	40
Gambar 4.3 Proses Pengendapan Air Limbah RPH Selama 60 Menit Setelah Perlakuan Dengan Koagulan Ekstrak Biji Trembesi.....	41
Gambar 4.4 Kurva Perbandingan Konsentrasi Koagulan Dan Variasi Dosis Terhadap Perubahan Nilai Ph.....	43
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Konsentrasi Koagulan Dan Variasi Dosis Terhadap Perubahan Nilai Ph.....	43
Gambar 4.6 Kurva Perbandingan Konsentrasi Koagulan Dan Variasi Dosis Terhadap Penurunan Kadar COD.....	47
Gambar 4.7 Kurva Perbandingan Konsentrasi Koagulan Dan Variasi Dosis Terhadap Penurunan Kadar TSS	50
Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Penambahan Dosis Koagulan Terhadap Efektivitas Penurunan Kadar COD.....	52
Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Penambahan Dosis Koagulan Terhadap Efektivitas Penurunan Kadar TSS	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Rumah Pemotongan Hewan	10
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu.....	17
Tabel 3.1 Jadwal Rencana Penelitian	26
Tabel 3.2 Alat-alat yang Digunakan dalam Proses Penelitian	27
Tabel 3.3 Bahan-bahan yang Digunakan dalam Proses Penelitian	28
Tabel 3.4 Bahan-bahan yang Digunakan dalam Pengujian Parameter.....	28
Tabel 3.5 Hasil Uji Pendahuluan Air Limbah RPH	30
Tabel 3.6 Desain Eksperimen Penelitian.....	33
Tabel 4.1 Hasil Uji Pendahuluan Air Limbah RPH	38
Tabel 4.2 Pengaruh Variasi Konsentrasi Koagulan dan Variasi Dosis Terhadap Nilai pH Pada Air Limbah RPH.....	42
Tabel 4.3 Efektivitas Koagulan Ekstrak Biji Trembesi Terhadap Penurunan Kadar COD	45
Tabel 4.4 Pengaruh Variasi Konsentrasi Koagulan dan Variasi Dosis Terhadap Penurunan Kadar TSS pada Air Limbah RPH	48
Tabel 4.5 Hasil Uji FTIR Koagulan Ekstrak Biji Trembesi.....	55



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Parameter TSS Air Limbah RPH	65
Lampiran 2 Perhitungan Efektivitas pada Dosis Optimum.....	69
Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian	71
Lampiran 4 Hasil Uji FTIR Koagulan Ekstrak Biji Trembesi	75



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumah Potong Hewan (RPH) memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan masyarakat akan daging sapi segar. Salah satu RPH yang beroperasi aktif di Aceh adalah RPH yang berlokasi di Gampong Pande, Kecamatan Kuta Raja, Kota Banda Aceh. RPH ini menjadi tempat utama pemotongan hewan ternak, khususnya sapi, untuk memenuhi permintaan pasar di wilayah Kota Banda Aceh dan sekitarnya. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS, 2025) produksi daging sapi di Provinsi Aceh pada tahun 2024 tercatat sebesar 11.006,35 ton, mengalami penurunan dibandingkan tahun 2023 yang mencapai 15.645 ton. Meskipun terjadi penurunan produksi, aktivitas pemotongan ternak di RPH tetap cukup tinggi, yaitu mencapai 10.636 ekor pada tahun 2024. Kondisi ini menunjukkan bahwa kebutuhan masyarakat terhadap daging sapi masih stabil, terutama menjelang periode *meugang* dan hari besar keagamaan yang menjadi tradisi penting di Aceh. Namun peningkatan aktivitas operasional di RPH secara langsung berkorelasi dengan peningkatan volume limbah yang dihasilkan. Air limbah yang berasal dari berbagai tahapan proses, seperti pencucian hewan, penyembelihan, pengeluaran jeroan, hingga pembersihan lantai, menjadi salah satu produk samping yang tak terhindarkan (Lubis dkk., 2020). Apabila tidak dikelola dengan baik, air limbah ini berpotensi besar menimbulkan masalah lingkungan yang serius, termasuk pencemaran badan air dan gangguan bagi masyarakat di sekitarnya (Herman dkk., 2023).

Berbagai penelitian secara konsisten membuktikan bahwa air limbah RPH menunjukkan kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Total Suspended Solid* (TSS) yang jauh melampaui ambang batas baku mutu yang diizinkan (Aini dkk., 2017). Limbah ini juga dapat menjadi media pertumbuhan mikroorganisme dan mudah mengalami pembusukan yang menghasilkan bau tidak sedap (Butler dkk., 2022).

Air limbah yang dihasilkan dari kegiatan pemotongan hewan di RPH Kota Banda Aceh mengandung berbagai senyawa organik, partikel tersuspensi, serta unsur koloid dalam konsentrasi yang cukup tinggi. Berdasarkan hasil analisis awal yang dilakukan, air limbah di lokasi tersebut memiliki kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 1.626 mg/L, *Total Suspended Solids* (TSS) sebesar 250 mg/L, dan pH sebesar 7,77. Berdasarkan nilai tersebut, dapat diketahui bahwa parameter COD dan TSS masih melebihi baku mutu yang ditetapkan dalam Lampiran XLV Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, yaitu COD maksimum 200 mg/L, TSS maksimum 100 mg/L, dan pH antara 6–9. Sampel air limbah dalam penelitian ini diambil dari bak penampungan limbah yang berfungsi menampung aliran buangan dari proses pemotongan hewan sebelum dialirkan ke sistem pengolahan. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem pengolahan yang tersedia saat ini belum mampu menurunkan beban pencemar secara signifikan, sehingga diperlukan penerapan metode pengolahan lanjutan yang lebih efektif dan efisien untuk meminimalkan potensi pencemaran lingkungan di sekitar kawasan RPH Kota Banda Aceh.

Mengingat tingginya beban pencemar dalam air limbah RPH, maka pengolahan menjadi suatu kewajiban sebelum air limbah tersebut dibuang ke lingkungan, agar sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah (Roihatin & Rizqi, 2009). Proses pengolahan limbah di industri dapat dilakukan dengan banyak cara salah satunya adalah dengan menggunakan metode koagulasi-flokulasi yang biasanya diikuti dengan proses sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi pada tahap primer, lalu dilanjutkan dengan klorinasi (Ekoputri dkk., 2024). Dalam praktiknya, proses koagulasi-flokulasi seringkali mengandalkan penggunaan koagulan sintetis atau koagulan kimia, seperti garam-garam aluminium (tawas/aluminium sulfat) dan *Poly Aluminium Chloride* (PAC). Meskipun efektif, penggunaan koagulan jenis ini memiliki beberapa kelemahan signifikan. Penggunaannya menghasilkan volume lumpur (*sludge*) yang cukup besar dan sulit diolah lebih lanjut. Isu lain yang menjadi perhatian adalah potensi dampak kesehatan dari residu aluminium yang mungkin tertinggal di air olahan (Nurhidayanti dkk., 2022). Oleh karena itu, penggunaan koagulan alami pada

proses koagulasi-flokulasi menjadi salah satu alternatif untuk mengatasi kelemahan koagulan sintetik.

Pemanfaatan koagulan alami dari bahan-bahan yang tersedia di alam menjadi alternatif yang sangat menjanjikan. Koagulan yang berasal dari tumbuhan, khususnya dari biji-bijian, telah banyak diteliti dan terbukti efektif. Keunggulan utama Koagulan adalah sifatnya yang dapat terurai secara alami (*biodegradable*), tidak beracun, biaya operasional yang lebih murah, dan menghasilkan lumpur yang lebih sedikit dan ramah lingkungan (Risnawati, 2024).

Biji-bijian seperti biji asam jawa (*Tamarindus indica*) diketahui memiliki kandungan polisakarida yang dapat berfungsi sebagai flokulan alami yang efektif dalam proses penjernihan air limbah organik seperti limbah industri tempe (Ramadhani dkk., 2013). Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa koagulan alami mampu menurunkan parameter pencemar, pada penelitian (Hermida dkk., 2023) menggunakan koagulan dari biji kelor mampu menurunkan nilai kekeruhan 91,01%, COD 53,98% dan fosfat 71%. Selain itu, koagulan dari biji asam jawa (*Tamarindus indica*) dan biji pepaya (*Carica papaya*) terbukti dapat menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS pada air telaga yang tercemar limbah domestik. Hasil uji jar test menunjukkan bahwa pada pH 7 dengan dosis optimum 2000 mg/L, biji asam jawa mampu menurunkan BOD sebesar 18,75%, COD sebesar 23,4%, dan TSS sebesar 46,3%. Sementara itu, biji pepaya memberikan hasil yang lebih tinggi, di mana pada pH 7 dan dosis 4000 mg/L mampu menurunkan BOD hingga 22,5%, COD sebesar 27,4%, dan TSS sebesar 51,22% (Rafi & Mirwan, 2025).

Salah satu tanaman yang sangat potensial untuk dikembangkan sebagai koagulan adalah pohon Trembesi (*Samanea saman*). Penelitian yang telah dilakukan oleh (Handayani, 2015) sebelumnya telah menunjukkan potensi biji trembesi sebagai koagulan alami untuk menyisihkan parameter BOD dan TSS pada air limbah karet dan air limbah RPH. Biji trembesi memiliki berbagai kandungan zat kimia aktif yang dapat membantu proses koagulasi-flokulasi, seperti tanin dan protein. kandungan protein polielektrolit di dalamnya dapat berfungsi sebagai jembatan antar partikel koloid, sehingga mempercepat proses pembentukan dan pengendapan flok (Adira, 2020). Pada penelitian (Putri dkk.,

2020) menjelaskan biji trembesi dapat dimanfaatkan sebagai koagulan alami karena memiliki kandungan protein yang tinggi. Secara umum, dilaporkan bahwa biji trembesi mengandung protein sebesar 42,82%. Selain protein, biji ini juga mengandung berbagai senyawa fitokimia seperti tannin, flavonoid, steroid, saponin, *cardiac glicosida* (glikosida jantung), dan terpenoid. Kandungan-kandungan inilah yang memberikan dasar ilmiah bagi biji trembesi untuk dimanfaatkan sebagai agen penjernih air limbah.

Penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa koagulan dari biji trembesi terbukti efektif dalam menurunkan berbagai parameter pencemar air limbah, baik dari sektor rumah potong hewan maupun industri tahu. Penelitian yang dilakukan oleh (Kinanti dkk, 2023) menunjukkan bahwa penggunaan biji trembesi dengan variasi dosis dan kecepatan pengadukan mampu menurunkan kadar TSS hingga 90,1%, COD sebesar 86,3%, dan kekeruhan sebesar 80,8% pada air limbah rumah potong hewan di Banda Aceh, dengan dosis optimum 1,5–2 gram per liter. Hasil ini membuktikan bahwa senyawa protein serta fitokimia seperti tanin dan flavonoid yang terkandung dalam biji trembesi efektif membantu proses penggumpalan partikel tersuspensi dan senyawa organik kompleks. Sementara itu, penelitian oleh (Anugrah dkk., 2024) juga memperkuat temuan tersebut melalui uji laboratorium pada air limbah industri tahu di Semanan, Jakarta Barat. Dengan variasi dosis 1–2 gram per liter dan durasi flokulasi 10–30 menit, diperoleh hasil optimum pada dosis 2 gram/L dan waktu flokulasi 30 menit, yang mampu menurunkan BOD sebesar 67%, COD 74%, TSS 35%, dan kekeruhan 37%. Penurunan signifikan ini menunjukkan bahwa biji trembesi dapat berfungsi sebagai koagulan alami yang ramah lingkungan, meskipun efisiensinya masih dapat ditingkatkan untuk memenuhi baku mutu yang lebih ketat. Pada penelitian sebelumnya hanya berfokus kepada penggunaan koagulan serbuk. Oleh karena itu, penelitian ini menguji pemanfaatan ekstrak biji trembesi pada air limbah RPH sebagai pembedanya. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang potensi ekstrak biji trembesi dalam menurunkan parameter pencemar pada air limbah RPH secara menyeluruh.

Pemilihan bentuk ekstrak dalam penelitian ini didasari oleh pertimbangan teknis terhadap sifat koagulan serbuk yang digunakan pada penelitian-penelitian sebelumnya. Koagulan dalam bentuk serbuk hanya mengalami pelarutan sebagian di dalam air limbah, sehingga bagian yang tidak larut tetap berada dalam bentuk padatan dan berpotensi tertinggal sebagai residu pada air olahan, yang justru dapat menambah beban padatan tersuspensi (TSS) alih-alih menurunkannya. Selain itu, residu padatan yang tidak bereaksi tersebut menyulitkan proses pemisahan flok dari sisa bahan baku yang tidak terpakai. Proses ekstraksi bertujuan untuk menarik senyawa aktif koagulan (protein dan tanin) yang bersifat larut dari dalam biji, sehingga koagulan yang dihasilkan berupa larutan homogen tanpa partikel padat yang tidak bereaksi. Dengan demikian, penggunaan bentuk ekstrak diharapkan dapat memberikan hasil olahan yang lebih terukur dan bebas dari residu padatan bahan baku, sekaligus memudahkan pengaturan dosis secara presisi melalui volume larutan yang ditambahkan.

1.2 Rumusan Masalah

Air limbah rumah potong hewan (RPH) menyumbang beban pencemar organik yang signifikan, yang umumnya ditangani menggunakan koagulan kimia sintesis. Meskipun efektif, penggunaan bahan kimia ini memiliki kelemahan mendasar terkait biaya operasional yang tinggi dan residu lumpur yang berpotensi toksik. Di sisi lain, pemanfaatan ekstrak biji trembesi (*Samanea saman*) sebagai koagulan menawarkan solusi yang ramah lingkungan. Namun, kajian spesifik mengenai efektivitas bentuk ekstrak ini dalam mendegradasi polutan pada karakteristik khusus air limbah RPH masih terbatas dan memerlukan pembuktian empiris.

Penelitian ini dirancang untuk menjawab tantangan tersebut dengan mengevaluasi kemampuan teknis ekstrak biji trembesi sebagai substitusi koagulan kimia. Fokus utama kajian adalah menganalisis efisiensi penurunan parameter pencemar serta mengidentifikasi pengaruh variasi konsentrasi terhadap kualitas hasil olahan agar sesuai dengan baku mutu. Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, maka pertanyaan penelitian yang diajukan adalah:

1. Bagaimana kemampuan koagulan ekstrak biji trembesi (*Samanea saman*) dalam menurunkan kadar COD dan TSS, serta pengaruhnya terhadap nilai pH pada air limbah RPH Kota Banda Aceh?
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi koagulan ekstrak biji trembesi (*Samanea saman*) terhadap perubahan nilai pH serta penurunan kadar COD dan TSS pada air limbah RPH Kota Banda Aceh?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dirancang dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui kemampuan koagulan ekstrak biji trembesi (*Samanea saman*) dalam menurunkan kadar COD dan TSS, serta pengaruhnya terhadap nilai pH pada air limbah RPH Kota Banda Aceh.
2. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi koagulan ekstrak biji trembesi (*Samanea saman*) terhadap perubahan nilai pH serta penurunan kadar COD dan TSS pada air limbah RPH Kota Banda Aceh.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis
 - a. Penelitian ini akan menambah referensi akademik di bidang Teknik Lingkungan, khususnya mengenai pemanfaatan bahan alami sebagai pembersih air limbah.
 - b. Memberikan data yang jelas mengenai karakteristik ekstrak biji trembesi dalam mengolah air limbah RPH, yang dapat digunakan sebagai rujukan bagi peneliti selanjutnya.
2. Manfaat Praktis
 - a. Sesuai dengan tujuan penelitian, hasil ini akan membantu pengelola RPH mengetahui dosis ekstrak biji trembesi yang paling tepat, sehingga bisa menyusun strategi pengolahan limbah yang lebih hemat biaya.

- b. Dengan mengetahui efektivitas biji trembesi, pihak RPH dapat menerapkan sistem pengolahan limbah yang lebih ramah lingkungan sebagai alternatif pengganti bahan kimia yang berbahaya.

1.5 Batasan Penelitian

Penulisan tugas akhir ini agar dapat terlaksana dengan baik dan fokus terhadap rumusan masalah dan tujuan penelitian, maka penelitian ini perlu dibatasi. Batasan-batasan pada penelitian ini antara lain:

1. Penelitian ini dibatasi pada parameter pH, COD, dan TSS karena protein biji trembesi bekerja secara mekanis dengan cara mengikat kotoran padat dan koloid agar menggumpal, sedangkan BOD tidak diuji karena keterbatasan waktu analisis (uji BOD standar memerlukan masa inkubasi selama 5 hari), sementara COD dipilih sebagai parameter utama karena dapat memberikan gambaran beban pencemar organik total secara lebih cepat; nilai COD mencakup baik senyawa organik yang dapat terurai secara biologis maupun yang tidak, sehingga nilainya selalu lebih besar dari BOD pada sampel yang sama dan dapat digunakan sebagai indikator konservatif dari total beban organik. Amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) sulit diendapkan karena sifatnya yang menyatu dengan air (terlarut), serta minyak dan lemak tidak dianalisis lebih lanjut karena secara desain unit pengolahan RPH, fraksi minyak dan lemak seharusnya telah tersisih pada bak penjebak lemak (grease trap) sebelum air limbah memasuki tahap koagulasi-flokulasi, sehingga kandungannya pada sampel uji relatif minim dan berada di luar fokus mekanisme kerja koagulan yang diteliti.
2. Bahan baku koagulan yang digunakan terbatas pada biji trembesi (*Samanea saman*) yang berasal dari buah tua, memiliki ukuran seragam, serta dalam kondisi utuh dan bersih.
3. Variabel bebas yang diuji dalam eksperimen ini dibatasi pada variasi konsentrasi ekstrak (0,1%, 0,2%, dan 0,3%) serta variasi volume dosis koagulan (5 mL, 10 mL, 15 mL, dan 20 mL).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah Rumah Potong Hewan

Rumah Potong Hewan (RPH) didefinisikan sebagai bangunan atau kompleks bangunan yang dirancang khusus untuk memenuhi persyaratan teknis dan higienis tertentu, serta digunakan sebagai unit pelayanan pemotongan hewan untuk konsumsi publik (Shinta dkk., 2021). Aktivitas utama di RPH meliputi berbagai tahapan, mulai dari penerimaan ternak, pemeriksaan *ante-mortem*, penyembelihan, pengulitan, pengeluaran jeroan, hingga pembersihan karkas dan peralatan. Seluruh rangkaian proses ini tak terhindarkan menghasilkan produk samping berupa air limbah dalam volume yang signifikan (Gading dkk., 2021).

Air limbah RPH dikategorikan sebagai limbah organik yang sangat mudah terurai (*biodegradable*). Sumber utama air limbah ini berasal dari campuran darah, sisa-sisa pencernaan (feses, isi rumen, dan usus), urin, serta sisa lemak. Selain itu, volume air limbah juga bertambah dari aktivitas pendukung seperti air pembersihan kandang, pencucian saluran pencernaan, dan air pembersihan ruang pemotongan (Cahyani dkk., 2025). Dari berbagai komponen tersebut, darah dan kotoran hewan merupakan kontributor utama yang menyumbang beban pencemar terbesar ke dalam air limbah.

Karakteristik khas dari air limbah RPH adalah konsentrasinya yang tinggi akan bahan organik, padatan tersuspensi (TSS), serta bahan koloid seperti protein dan selulosa. Tingginya kandungan bahan organik ini berpotensi besar mencemari lingkungan ekosistem badan air jika dibuang langsung tanpa pengolahan. Pembuangan limbah RPH yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, seperti penipisan oksigen di badan air, kontaminasi air tanah, serta menimbulkan bau tidak sedap yang berisiko membawa patogen dan mengganggu kesehatan makhluk hidup di sekitarnya (Herman dkk, 2023). Dengan tingginya beban pencemar tersebut, diperlukan pengolahan yang efektif. Salah satu pendekatan yang semakin berkembang adalah penggunaan koagulan alami, sehingga dapat menjadi solusi yang lebih ramah lingkungan.

2.2 Karakteristik Air Limbah Rumah Potong Hewan

Karakteristik utama dari air limbah RPH adalah tingginya kandungan cemaran organik, padatan tersuspensi, serta nutrisi. Sebuah studi pendahuluan di Kota Mataram menunjukkan bahwa hampir semua parameter kunci limbah, termasuk BOD, COD, TSS, minyak dan lemak, serta amonia, berada di atas baku mutu yang ditetapkan. Sebagai contoh, kadar rata-rata COD pada RPH sapi tercatat sangat tinggi, mencapai 1862,2 mg/L atau sekitar sembilan kali lipat di atas baku mutu. Demikian pula dengan parameter minyak dan lemak yang rata-ratanya mencapai 74,48 mg/L. Namun, untuk parameter fisik seperti pH, studi tersebut menemukan bahwa nilainya masih berada dalam kisaran baku mutu yang diizinkan, yakni bersifat netral (Aini dkk., 2017).

Parameter kimia yang umum dianalisis untuk mendeskripsikan kandungan air limbah RPH meliputi BOD, COD, TSS, NH₃-N, pH, dan minyak lemak. Tingginya beban pencemar ini terutama bersumber dari darah, yang merupakan air limbah terbesar, serta padatan dari isi rumen. Faktanya, padatan isi rumen (sisa pakan) diperkirakan dapat menyumbang beban polusi terbesar, yaitu sekitar 73% dari total COD rata-rata dan 40% dari BOD. Kandungan COD yang tinggi ini mengindikasikan banyaknya senyawa kimia organik dan anorganik yang perlu dioksidasi, baik secara kimia maupun biologi (Sari dkk., 2018).

Sebuah penelitian yang berfokus pada penurunan kadar COD, TSS, dan NH₃-N menyoroti ketiga parameter ini sebagai polutan utama yang harus diolah dari limbah RPH. Kehadiran amonia ini umumnya berasal dari dekomposisi bahan-bahan organik yang mengandung nitrogen, seperti protein dari darah, serta proses hidrolisa urea yang terdapat dalam urin hewan (Rahayu & Ratni, 2019).

Air limbah Rumah Potong Hewan (RPH) yang mengandung darah, lemak, protein serta padatan tersuspensi menyebabkan tingginya kandungan bahan organik dalam perairan jika limbah langsung dilepaskan pada perairan. Akibatnya, akan terjadi perubahan kualitas air yang meliputi pH air, warna, padatan terlarut, kandungan lemak, ammonium, padatan terpuspensi, BOD, nitrogen serta fosfor (Hendrasarie & Santosa, 2019). Proses kegiatan pembusukan limbah organik oleh mikroba dalam air mengakibatkan tingginya konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), hidrogen sulfida (H₂S),

amonias (NH_3), perubahan pH, dan timbulnya bau busuk seperti bau belerang dan urea (Lubis dkk., 2020).

Meskipun limbah RPH memiliki beban pencemar yang sangat tinggi, satu parameter seringkali tetap berada dalam rentang yang sesuai baku mutu, yaitu pH. Sebuah studi karakteristik awal limbah RPH menemukan bahwa meskipun konsentrasi COD dan Amonias ($\text{NH}_3\text{-N}$) jauh melebihi baku mutu yang ditetapkan, nilai pH awal limbah tetap berada pada rentang 6-9. Karakteristik pH yang cenderung netral ini sebenarnya penting karena sangat mendukung proses pengolahan biologis (seperti *biofilter anaerob*) untuk mendegradasi kandungan bahan organik yang tinggi dalam limbah tersebut (Kholif dkk., 2022).

2.3 Baku Mutu Air Limbah Rumah Potong Hewan

Pemerintah Indonesia telah menetapkan landasan hukum krusial untuk pengendalian pencemaran melalui Peraturan Menteri Lingkungan Hidup (PermenLH) Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014, yang secara spesifik mengatur tentang Baku Mutu Air Limbah. Peraturan ini berfungsi sebagai acuan legal yang menetapkan ambang batas maksimum polutan yang diperbolehkan dibuang ke badan air dari berbagai kegiatan industri, dengan tujuan utama untuk memastikan aktivitas tersebut tidak mencemari lingkungan. Dengan adanya standar ini, upaya perlindungan ekosistem perairan dan pengelolaan kualitas lingkungan dapat lebih terjamin. Secara khusus, kegiatan Rumah Potong Hewan (RPH) termasuk salah satu sektor yang diatur, di mana baku mutu spesifik untuk air limbahnya dirincikan secara teknis dalam Lampiran XLV peraturan tersebut, yang kemudian menjadi referensi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku mutu air limbah rumah pemotongan hewan

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
BOD	mg/L	100
COD	mg/L	200
TSS	mg/L	100
Minyak dan Lemak	mg/L	15
$\text{NH}_3\text{-N}$	mg/L	25
pH	-	6-9

Kuda, kerbau, dan sapi: volume air limbah tertinggi: 1,5 m³/ekor/hari.

Domba dan kambing: volume air limbah tertinggi: 0,15 m³/ekor/hari

Babi: volume air limbah tertinggi: 0,65 m³/ekor/hari

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014

2.4 Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan

Penanganan air limbah RPH yang efektif membutuhkan serangkaian proses terintegrasi, mengingat tingginya kandungan polutan organik dan padatan. Sistem pengolahan limbah (IPAL) modern biasanya menggabungkan tiga pilar teknologi utama: pengolahan fisik, kimia, dan biologis. Tahap fisik, seperti penyaringan (*screening*) dan pengendapan, bertindak sebagai gerbang awal untuk memisahkan kotoran kasar. Namun, proses inti untuk limbah RPH adalah pengolahan biologis, baik secara anaerobik (tanpa oksigen) maupun aerobik (membutuhkan oksigen), yang dirancang khusus untuk menguraikan bahan organik terlarut (Musa & Idrus, 2021).

Pendekatan koagulasi-flokulasi tidak hanya terbatas pada proses elektrokimia, tetapi juga berkembang ke arah penggunaan bahan alami atau koagulan. Pilihan ini semakin diminati sebagai alternatif pengganti koagulan kimia pabrikan (seperti tawas) yang cenderung mahal dan menghasilkan lumpur sisa yang berpotensi toksik. Berbagai bahan alam, terutama biji-bijian, telah diuji potensinya. Sebagai contoh, sebuah penelitian di RPH Banda Aceh memanfaatkan serbuk biji flamboyan (*Delonix regia*) dan berhasil membuktikan kemampuannya menurunkan TSS hingga 75,33% serta COD hingga 80,16% pada dosis yang tepat (Ulfa, 2022).

2.5 Koagulasi-Flokulasi

Proses koagulasi-flokulasi merupakan salah satu metode pengolahan air limbah yang paling umum dan efektif, terutama untuk menghilangkan padatan tersuspensi (TSS) dan partikel-partikel koloid yang menyebabkan kekeruhan. Air limbah industri, termasuk dari RPH, seringkali mengandung partikel-partikel yang sangat halus (koloid) yang tidak dapat mengendap secara alami. Metode ini bekerja dengan cara menambahkan bahan kimia penggumpal (koagulan) untuk mendestabilisasi partikel-partikel tersebut, sehingga mereka dapat saling

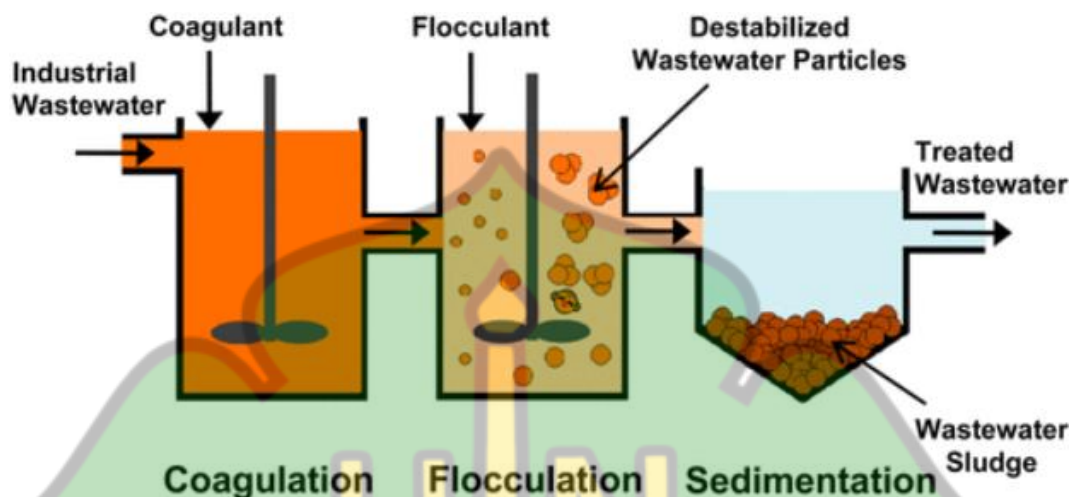
menempel dan membentuk gumpalan (flok) yang lebih besar dan berat, sehingga mudah untuk diendapkan dan dipisahkan dari air (Ekoputri dkk., 2024).

Meskipun sering disebut sebagai satu kesatuan, koagulasi dan flokulasi adalah dua tahapan proses yang berbeda dan berurutan. Tahap pertama, koagulasi, adalah proses destabilisasi muatan koloid. Partikel koloid di air limbah umumnya bermuatan negatif, sehingga saling tolak-menolak dan tetap melayang. Dengan penambahan koagulan (yang bermuatan positif) disertai pengadukan sangat cepat (*flash mixing*), muatan negatif ini dinetralkan. Pengadukan cepat ini bertujuan untuk melarutkan dan menyebarkan koagulan secara merata ke seluruh volume air limbah dalam hitungan detik, sehingga proses destabilisasi dapat terjadi secara instan dan menyeluruh (Risdianto, 2007). Setelah partikel berhasil didestabilisasi pada tahap koagulasi, proses dilanjutkan ke tahap flokulasi. Pada tahap ini, pengadukan diperlambat secara signifikan (*slow mixing*) selama periode waktu yang lebih lama. Tujuan pengadukan lambat ini adalah untuk memfasilitasi terjadinya kontak antar partikel (mikroflok) yang sudah tidak stabil. Tumbukan yang terjadi secara perlahan ini memungkinkan partikel-partikel kecil saling menempel dan bergabung, membentuk gumpalan yang jauh lebih besar dan lebih padat yang disebut makroflok. Flok yang berukuran besar inilah yang memiliki massa cukup untuk mengendap ke dasar bak (Susanti, 2003).

Keberhasilan seluruh proses ini sangat bergantung pada beberapa faktor kunci. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi keberhasilan koagulasi meliputi jenis koagulan yang digunakan, dosis koagulan, serta kondisi air limbah itu sendiri, terutama derajat keasaman atau pH. Dosis yang tidak tepat, baik terlalu sedikit maupun terlalu banyak, dapat menyebabkan proses destabilisasi gagal. Selain itu, kecepatan dan waktu pengadukan sangat krusial; pengadukan yang terlalu lambat akan menyebabkan flok terbentuk lambat, namun pengadukan yang terlalu cepat justru dapat memecahkan kembali flok yang sudah terbentuk (Asmiyarna dkk., 2021).

Faktor pH memegang peranan yang sangat penting karena sangat mempengaruhi muatan permukaan partikel koloid dan juga bentuk dari koagulan itu sendiri saat larut dalam air. Setiap jenis koagulan memiliki rentang pH optimum di mana ia dapat bekerja paling efektif. Misalnya, koagulan berbasis

aluminium seperti tawas atau PAC bekerja optimal pada rentang pH tertentu untuk membentuk ion-ion positif yang dapat mengikat muatan negatif dari koloid penyebab kekeruhan. Jika pH air berada di luar rentang optimum tersebut, efisiensi pembentukan flok akan menurun drastis (Hutabarat dkk., 2022).



Gambar 2.1 Mekanisme Proses Koagulasi dan Flokulasi

Sumber: Diadaptasi dari Teh dkk., (2016)

2.6 Biokoagulan

Koagulan alami, yang juga dikenal sebagai biokoagulan, merujuk pada senyawa penggumpal yang diekstraksi dari sumber-sumber hayati. Pemanfaatan bahan-bahan nabati untuk penjernihan air bukanlah hal baru; praktik ini telah berlangsung selama ribuan tahun, terutama di kawasan seperti Cina, India, dan Afrika. Penggunaan metode ini menawarkan serangkaian keunggulan yang signifikan, termasuk biaya operasional yang lebih rendah, ketersediaan bahan baku yang melimpah, serta sifatnya yang tidak beracun dan dapat terurai secara alami (*biodegradable*). Keuntungan penting lainnya adalah produksi lumpur (*sludge*) yang minimal dan tidak diklasifikasikan sebagai limbah berbahaya atau beracun (B3). Berkat berbagai manfaat ini, biokoagulan kini dianggap sebagai salah satu pendekatan paling menjanjikan untuk pengolahan air limbah.

Secara umum, biokoagulan dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama berdasarkan komponen aktif yang dikandungnya: protein, polifenol, dan polisakarida. Sumber protein yang umum digunakan berasal dari kacang-kacangan, namun memerlukan serangkaian proses pengolahan seperti

pengeringan, penghalusan, ekstraksi protein, dan pemurnian sebelum dapat digunakan sebagai koagulan (Kristianto dkk., 2020). Proses untuk mengekstrak protein ini memiliki hambatan, terutama karena kompleksitas dalam memisahkan protein murni dari campurannya. Jika diproduksi secara massal untuk pasar, kerumitan ekstraksi ini dapat menyebabkan biaya produksi menjadi lebih tinggi.

Di sisi lain, terdapat kategori polifenol, di mana senyawa aktifnya seringkali berupa tanin (asam tanat). Tanin merupakan senyawa yang mudah larut dalam air dan memiliki beberapa gugus fungsional, seperti hidroksil dan karboksil, yang berperan dalam proses koagulasi. Meskipun beberapa produk komersial berbasis polifenol mulai tersedia, aplikasinya di lapangan saat ini masih cukup terbatas. Sebagai alternatif yang paling menarik, polisakarida menawarkan potensi besar karena kelimpahannya di alam. Polisakarida dapat bersumber dari berbagai organisme, termasuk tumbuhan, hewan, dan mikroba (Kristianto dkk., 2020). Banyak contoh biokoagulan dari lingkungan sekitar kita yang termasuk dalam kategori ini, seperti yang dapat ditemukan pada biji asam jawa, biji trembesi, dan lidah buaya.

2.7 Biji Trembesi (*Samanea saman*)

Biji trembesi (*Samanea saman*) merupakan bagian dari pohon trembesi yang banyak tumbuh di daerah tropis dan memiliki kandungan senyawa organik yang dapat dimanfaatkan sebagai koagulan alami pada proses pengolahan air limbah. Senyawa protein bermuatan dalam biji trembesi berperan dalam menetralkan muatan partikel koloid sehingga mempercepat proses penggumpalan dan pembentukan flok yang stabil (Putri dkk., 2020). Hal ini menjadikan biji trembesi sebagai alternatif koagulan yang lebih aman bagi lingkungan dan ekonomis dibandingkan koagulan kimia berbasis aluminium.

Secara kimia, biji trembesi mengandung karbohidrat sekitar 44–45%, protein 34–35%, lemak 10–11%, abu 3–4%, serta kadar air sekitar 6–7% (Putri dkk., 2020). Kandungan protein yang tinggi menjadi komponen utama dalam mekanisme koagulasi–flokulasi, sedangkan karbohidrat berperan dalam memperkuat struktur flok. Kombinasi kandungan tersebut membuat biji trembesi mampu meningkatkan proses pengendapan dan penurunan partikel tersuspensi

pada berbagai jenis air limbah, sehingga layak dikembangkan sebagai koagulan yang efektif dan ramah lingkungan dalam aplikasi pengolahan air limbah.

Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa biji trembesi mampu meningkatkan efektivitas pengolahan air limbah dengan menurunkan parameter pencemar. Dalam Penelitian (Putri dkk., 2020) melaporkan bahwa ekstrak biji trembesi dapat menurunkan TSS dan zat organik air limbah tahu dengan efisiensi lebih dari 70% pada dosis optimum. Sementara itu, Penelitian (Kinanti dkk., 2023) juga menunjukkan adanya penurunan signifikan terhadap kekeruhan serta padatan tersuspensi pada limbah Rumah Potong Hewan (RPH). Efektivitas tersebut menunjukkan potensi biji trembesi dalam mendukung pengolahan limbah yang mengandung bahan organik tinggi.

Menurut Fathurrahman dkk., (2021) klasifikasi tanaman trembesi dapat dinyatakan sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Sub Kingdom	: Tracheobiota
Super Divisi	: Spermatophyte
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Sub Kelas	: Rosidae
Ordo	: Fabales
Famili	: Fabaceae
Genus	: <i>Albizia Merr</i>
Spesies	: <i>Albizia saman (Jacq.) Merr.</i>
Varian	: <i>var. saman</i>



Gambar 2.2 Biji Trembesi (*Samanea saman*)

Sumber: Hasil Observasi Lapangan (2026)

2.8 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian sebelumnya dijadikan sebagai rujukan dan dasar dalam penyusunan skripsi ini. Penelitian-penelitian tersebut membahas berbagai aspek yang relevan serta memberikan kontribusi signifikan terhadap topik yang diteliti. Ringkasan dari penelitian-penelitian terdahulu tersebut disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No	Judul, Nama, Tahun, Jurnal	Metode Penelitian	Hasil
1.	Pemanfaatan Biji Trembesi (<i>Samanea saman</i>) sebagai Koagulan Alami pada Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH). Kinanti dkk., (2023) <i>Universitas Islam Negeri Ar-Raniry</i>	1. Bahan: biji trembesi 2. Jenis limbah: air limbah RPH 3. Parameter: pH, turbiditas, TSS, dan COD 4. Variabel: – Variasi dosis, yaitu 0 g, 0,5 g, 1 g, 1,5 g, 2 g dan 2,5 g. – Variasi kecepatan koagulasi yaitu 120 rpm dan 150 rpm. – Flokulasi (30 rpm selama 30 menit) dan sedimentasi selama 1 jam.	Efektif menurunkan kadar COD (86,3%), TSS (90,1%), dan kekeruhan (80,8%) dengan kecepatan pengadukan optimum 120 rpm untuk COD dan kekeruhan, serta 150 rpm untuk TSS, menggunakan koagulan dosis 1,5-2 g.
2.	Pemanfaatan Ekstrak Biji Alpukat (<i>Persea Americana Mill</i>) Sebagai Biokoagulan pada Pengolahan Air Limbah Industri Tahu. Jusra Risnawati (2024) <i>Politeknik Negeri Ujungpandang Makassar</i>	1. Bahan: biji alpukat 2. Jenis limbah: air limbah industri tahu 3. Parameter: TSS, COD, TDS dan kekeruhan 4. Variabel: – Variasi koagulasi yaitu (100-220 rpm) waktu pengadukan (1-5 menit)	Efektivitas penurunan tertinggi TSS 94,06% (100 rpm, 3 menit), COD 85,71% (160 rpm) 71,43% (waktu 3 menit), TDS: 82,8% (160 rpm), Kekeruhan: 69,52% (rasio 6:300)
3.	Pemanfaatan Ekstrak Biji Trembesi (<i>Samanea Saman</i>) Sebagai Koagulan Dalam Menurunkan Kandungan Padatan Tersuspensi, dan Zat Organik Air Buangan Produksi Tahu. Oktafia Putri W, Iva Rustanti, dan Marlik (2020)	1. Bahan: Biji Trembesi 2. Jenis limbah: air limbah industri tahu 3. Parameter: BOD, COD, dan TSS 4. Variabel: – variasi dosis ekstrak biji trembesi (50 ml/L, 100 ml/L, 150 ml/L, 200 ml/L, dan 250 ml/L).	Dosis efektif biokoagulan biji trembesi sebesar 200 ml/L mampu menurunkan TSS (Padatan Tersuspensi) 83,79%, COD 79,55%, BOD 87,54%

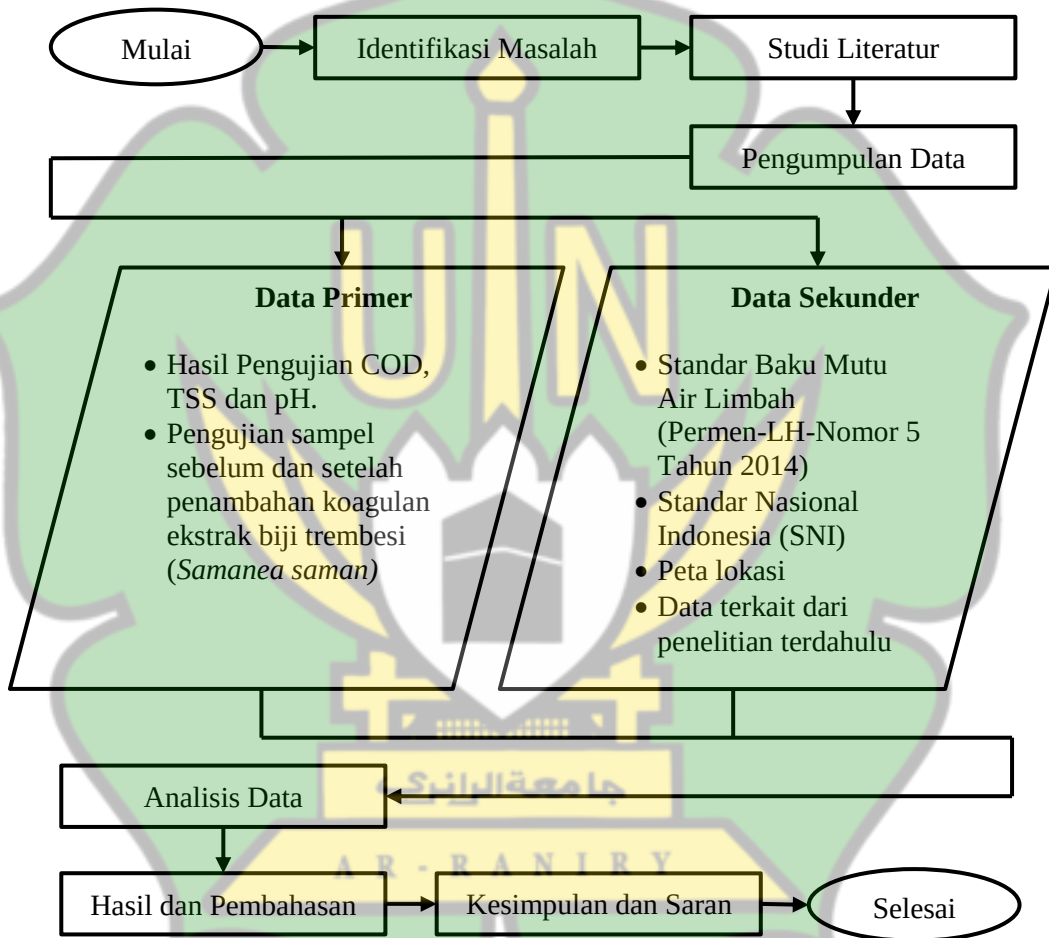
	<i>Jurnal Envirotek</i>		
4.	Penggunaan Ekstrak Biji Kelor sebagai Biokoagulan pada Pengolahan Limbah Cair <i>Laundry</i>. Hermida dkk., (2021) <i>Jurnal Teknologi dan Inovasi Industri</i>	1. Bahan: Ekstrak Biji Kelor (diekstraksi menggunakan larutan NaCl 1 M) 2. Jenis limbah: Air limbah laundry 3. Parameter: pH, turbidity (kekeruhan), COD, dan fosfat 4. Variabel: – Variasi dosis ekstrak: 10, 20, 40, 80, dan 160 ml/L – Koagulasi (150 rpm, 2 menit), Flokulasi (45 rpm, 30 menit), Sedimentasi (30 menit)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak biji kelor efektif menurunkan turbidity (kekeruhan) limbah laundry sebesar 90,01% pada dosis 80 ml/L, menurunkan fosfat sebesar 73,12% pada dosis 10 ml/L, dan menurunkan COD sebesar 53,98% pada dosis 160 ml/L.
5.	Pemanfaatan Biji Trembesi (<i>Samanea saman</i>) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Limbah Cair Domestik. Riska Adira (2020) <i>Universitas Islam Negeri Ar-Raniry</i>	1. Bahan: Biji Trembesi (<i>Samanea saman</i>) 2. Jenis limbah: Air limbah domestik 3. Parameter: pH, Turbiditas (kekeruhan), TSS, dan COD 4. Variabel: – Variasi dosis serbuk: 0 g/L hingga 1 g/L (interval 0,1 g/L) – Koagulasi (180 rpm, 5 menit) – Flokulasi (80 rpm, 15 menit) – Sedimentasi (60 menit)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pengolahan limbah cair domestik, dosis optimum biokoagulan biji trembesi adalah 0,8 g/L untuk menurunkan TSS (94,11%), serta dosis 1 g/L untuk menurunkan kekeruhan (69,88%) dan COD (81,48%).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Umum

Langkah-langkah penelitian merujuk pada rangkaian proses sistematis yang dilakukan sejak awal hingga akhir penelitian. Tahapan serta urutan proses tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan utama yang dijelaskan sebagai berikut.

1. Tahap identifikasi masalah. Tahapan ini mengawali penelitian dengan pengamatan kondisi limbah RPH Kota Banda Aceh yang divalidasi melalui uji pendahuluan. Pengukuran parameter awal (pH, COD, dan TSS) dilakukan untuk mengetahui tingkat pencemaran yang sebenarnya sebelum proses pengolahan. Data hasil pengujian yang melampaui baku mutu ini menjadi dasar utama dalam penetapan fokus penelitian.
2. Tahapan studi literatur. Tahapan ini dilakukan untuk memperoleh referensi dari jurnal, publikasi, dan tesis guna memahami metodologi serta alur penelitian yang relevan dengan studi ini.
3. Tahapan Pengumpulan Data Tahapan ini dilakukan untuk memperoleh data penelitian yang bersumber dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh secara langsung melalui eksperimen laboratorium, yaitu hasil pengukuran parameter pH, COD, dan TSS pada sampel air limbah sebelum dan sesudah perlakuan dengan ekstrak biji trembesi. Adapun data sekunder dikumpulkan sebagai referensi penunjang, yang meliputi peta lokasi, dokumen Standar Nasional Indonesia (SNI), data penelitian terdahulu, serta regulasi baku mutu lingkungan yang berlaku.
4. Tahapan Analisis Data Tahapan ini merupakan proses pengolahan lanjutan terhadap seluruh data hasil pengujian yang telah diperoleh pada tahap pengumpulan data. Data tersebut dievaluasi melalui perhitungan persentase efektivitas untuk mengetahui kemampuan koagulan dalam menurunkan kadar pencemar pH, COD, dan TSS. Selain itu, dilakukan pula analisis terhadap pola grafik hubungan antar variabel untuk menentukan dosis dan konsentrasi optimum, serta membandingkan hasil akhirnya dengan baku mutu lingkungan yang berlaku.
5. Tahapan Hasil dan Pembahasan Tahapan ini menampilkan data hasil penelitian yang telah diolah menggunakan *Microsoft Excel*. Data tersebut disajikan dalam bentuk tabel dan grafik agar lebih mudah dibaca dan dipahami. Setelah itu, hasil yang diperoleh akan dibahas secara rinci dengan menghubungkannya pada teori-teori yang sesuai.
6. Tahapan Kesimpulan dan Saran Tahapan ini merupakan langkah terakhir dalam penelitian. Kesimpulan disusun untuk menjawab tujuan penelitian,

khususnya mengenai kemampuan ekstrak biji trembesi dalam menurunkan kadar pencemar air limbah. Berdasarkan hasil tersebut, diberikan pula saran-saran yang membangun untuk pengembangan penelitian di masa mendatang.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi tiga jenis untuk memastikan fokus pengujian yang jelas, yaitu:

- Variabel Bebas (*Independent Variable*) Variabel ini adalah perlakuan yang divariasikan untuk melihat pengaruhnya terhadap hasil pengolahan.
 - Menggunakan konsentrasi ekstrak biji trembesi sebesar 0,1%, 0,2%, dan 0,3%.
 - Menggunakan volume penambahan ekstrak sebesar 5 mL, 10 mL, 15 mL, dan 20 mL.

Kedua variabel bebas di atas merepresentasikan besaran yang berbeda meskipun sama-sama diturunkan dari ekstrak biji trembesi. Konsentrasi (0,1%, 0,2%, dan 0,3%) menyatakan tingkat kepekatan larutan stok koagulan itu sendiri, yaitu perbandingan massa ekstrak pekat terhadap volume pelarut yang digunakan pada tahap preparasi, sehingga menggambarkan seberapa besar kandungan senyawa aktif (protein dan tanin) per satuan volume larutan. Sementara itu, dosis (5, 10, 15, dan 20 mL) menyatakan volume larutan koagulan pada konsentrasi tertentu yang ditambahkan ke dalam 1.000 mL sampel air limbah. Dengan demikian, konsentrasi menentukan kekuatan/kepekatan koagulan yang digunakan, sedangkan dosis menentukan jumlah/kuantitas larutan tersebut yang diaplikasikan; kombinasi keduanya menentukan massa total senyawa aktif yang benar-benar masuk ke dalam air limbah pada setiap perlakuan.

- Variabel Terikat (*Dependent Variable*) Variabel ini adalah parameter yang diukur untuk melihat efektivitas perlakuan.
 - Parameter kualitas air limbah yang dianalisis meliputi, *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), dan Derajat Keasaman (pH).

- Variabel Tetap (*Control Variable*) Variabel ini adalah faktor-faktor yang dijaga kondisinya agar tetap sama selama eksperimen berlangsung.
 - Sumber Koagulan: Ekstrak biji trembesi (*Samanea saman*).
 - Air limbah yang diambil dari RPH Kota Banda Aceh.
 - Serbuk biji trembesi yang diayak dengan ukuran 100 mesh.
 - Kondisi Operasional *Jar Test*:
 - Pengadukan cepat (*Rapid Mixing*): Kecepatan 120 rpm selama 1 menit.
 - Pengadukan lambat (*Slow Mixing*): Kecepatan 30 rpm selama 30 menit.
 - Waktu pengendapan (*Sedimentation*): Selama 60 menit.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Untuk menjawab rumusan masalah dan mencapai tujuan penelitian, metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu data primer dan data sekunder.

3.3.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung oleh peneliti dari sumber aslinya melalui kegiatan eksperimen di laboratorium. Dalam penelitian ini, data primer meliputi:

1. Data Karakteristik Awal Air Limbah: Hasil pengukuran parameter fisika dan kimia (pH, COD, dan TSS) dari sampel air limbah RPH Kota Banda Aceh Pande sebelum dilakukan perlakuan.
2. Data hasil pengukuran parameter pH, COD, dan TSS setelah dilakukan proses koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan ekstrak biji trembesi dengan berbagai variasi konsentrasi (0,1%, 0,2%, 0,3%) dan volume dosis (5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL).
3. Foto-foto hasil pembentukan flok (gumpalan) pada saat *jar test* dan kondisi endapan untuk memvalidasi data angka yang diperoleh.

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data pendukung yang diperoleh dari sumber pustaka dan dokumen resmi untuk melengkapi data penelitian. Data sekunder yang digunakan meliputi:

1. Baku Mutu: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, khususnya Lampiran XLV mengenai standar bagi kegiatan Rumah Potong Hewan.
2. Standar Nasional Indonesia (SNI): Dokumen SNI yang menjadi acuan prosedur pengujian, seperti SNI 6989.59:2008 untuk pengambilan sampel, SNI 6989.2:2019 untuk pengujian COD, SNI 6989.3:2019 untuk pengujian TSS, dan SNI 6989.11:2019 untuk pengujian pH.
3. Teori dan hasil penelitian terdahulu yang relevan mengenai koagulan, karakteristik biji trembesi, dan pengolahan limbah RPH yang bersumber dari jurnal ilmiah, buku, dan laporan penelitian.
4. Peta lokasi RPH Kota Banda Aceh dan letak geografis area pengambilan sampel.

3.4 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.4.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Sampel air limbah diambil dari RPH yang berlokasi di Gampong Pande, Kecamatan Kuta Raja, Kota Banda Aceh. Lokasi pengambilan sampel air limbah RPH ditunjukkan pada Gambar 3.2.

Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini mengacu pada standar nasional SNI 6989.59:2008, yang mengatur tata cara pengambilan air limbah melalui metode *grab sampling*. Metode ini berarti sampel diambil secara langsung pada satu waktu dan tempat tertentu untuk mewakili kondisi air limbah saat itu. Proses pengambilan dilakukan di bak pengendapan menggunakan peralatan yang tidak memberikan pengaruh terhadap sifat asli sampel, sehingga hasil pengujian tetap akurat.

Dalam pelaksanaannya, digunakan gayung dengan gagang panjang untuk mengambil air limbah sebanyak kurang lebih 20 liter. Sampel yang telah dikumpulkan kemudian dimasukkan ke dalam jerigen sebagai wadah

penyimpanan sementara sebelum dilakukan pemeriksaan di laboratorium. Selanjutnya, sampel tersebut diuji di Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh untuk mengetahui nilai parameter kualitas air limbah, yaitu pH, COD, dan TSS, baik sebelum maupun setelah proses perlakuan menggunakan metode *jar test* dilakukan.

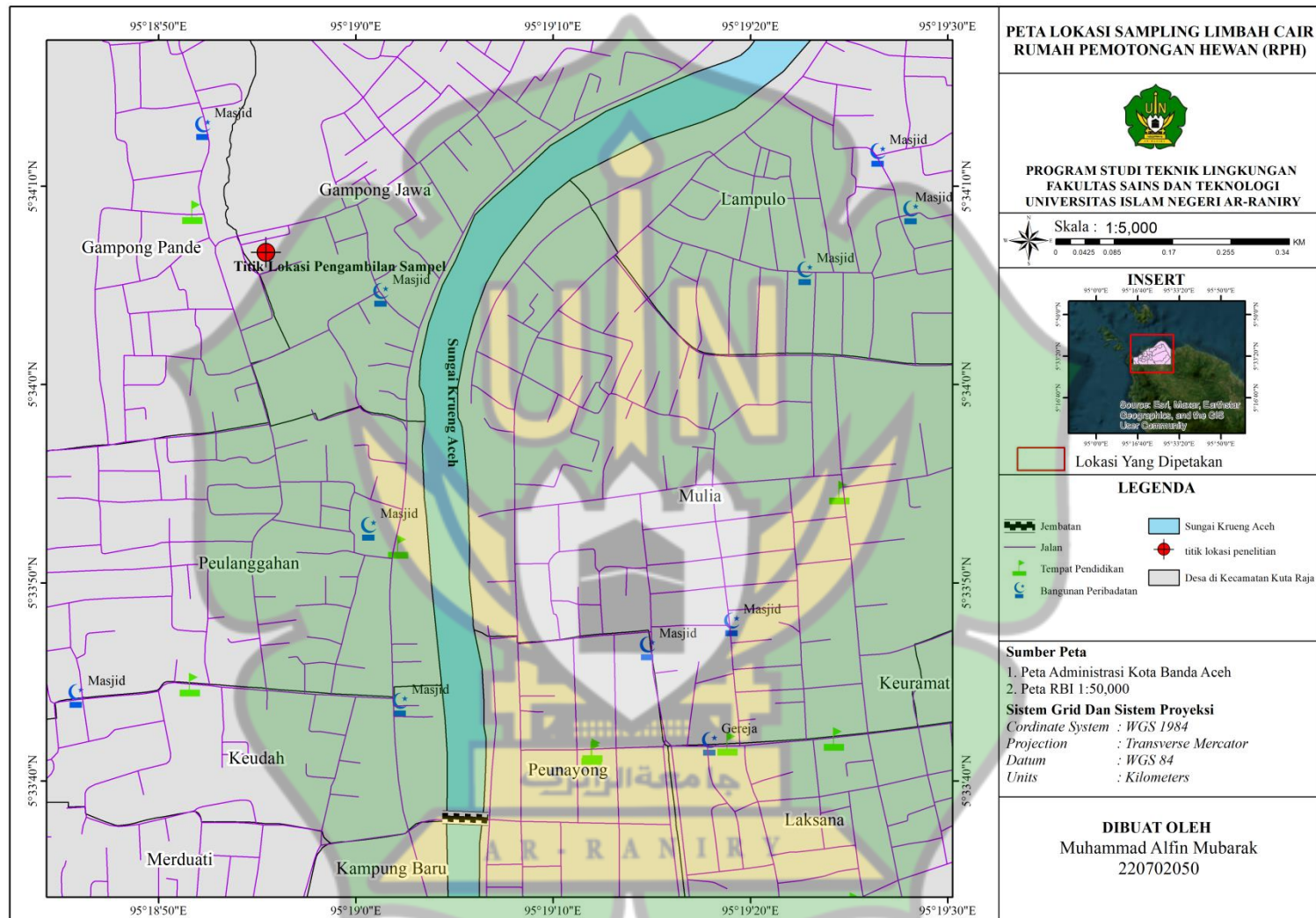
3.4.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini direncanakan dalam rentang waktu Desember 2025 sampai Juli 2026. Kegiatan penelitian berpusat di Laboratorium Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh sebagai tempat dilakukannya seluruh proses pengujian. Tahapan penelitian dimulai dengan pengambilan sampel air limbah dari lokasi sumbernya. Setelah itu, dilakukan pembuatan koagulan yang berasal dari ekstrak biji trembesi sebagai bahan uji dalam proses pengolahan air limbah.

Tahap berikutnya adalah pengujian menggunakan metode *jar test*, yaitu proses pengadukan terkontrol untuk melihat efektivitas koagulan dalam menurunkan kadar pencemar. Setelah perlakuan selesai, sampel yang telah mengalami proses koagulasi-flokulasi kemudian dianalisis dengan mengukur parameter kualitas air tertentu. Seluruh hasil pengukuran tersebut selanjutnya diolah dan dianalisis untuk memperoleh kesimpulan terkait pengaruh penggunaan koagulan dari biji trembesi dalam perbaikan kualitas air limbah.

3.4.3 Jadwal Rencana Penelitian

Jadwal penelitian merupakan alat penting dalam perencanaan dan pelaksanaan sebuah proyek penelitian. Sebagai panduan waktu, jadwal ini membantu peneliti mengatur tahapan-tahapan kegiatan, memonitor kemajuan, dan memastikan bahwa penelitian dapat diselesaikan sesuai dengan batas waktu yang telah ditetapkan. Adapun tabel rencana penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1.



Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengambilan Sampel

3.5 Alat dan Bahan

3.5.1 Alat Penelitian

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Alat-alat yang Digunakan dalam Proses Penelitian

Nama Alat	Kegunaan
Gunting	Membuka polong biji trembesi.
Oven	Mengeringkan biji trembesi dan kertas saring TSS.
Blender	Menghaluskan biji trembesi kering.
Ayakan 100 mesh	Menyeragamkan ukuran serbuk biji.
Timbangan Analitik	Menimbang serbuk, kertas saring, dan <i>reagen</i> .
<i>Erlenmeyer</i>	Wadah untuk membuat larutan dan ekstraksi.
<i>Beaker Glass</i>	Wadah ekstraksi dan wadah sampel saat <i>jar test</i> .
<i>Hot Plate & Magnetic Stirrer</i>	Mengaduk dan memanaskan larutan ekstraksi.
Kertas Saring Whatman	Menyaring ekstrak dan sampel uji TSS.
Gelas Ukur / Labu Ukur	Mengukur volume cairan.
Gayung Tangkai	Mengambil sampel air limbah RPH.
3Jeriken	Menampung dan membawa sampel air limbah.
Botol Sampel	Menyimpan sampel air limbah untuk analisis.
Alat <i>Jar Test</i>	Alat utama simulasi koagulasi dan flokulasi.
<i>Stopwatch</i>	Mengukur durasi pengadukan dan pengendapan.
Pipet Volume / Pipet Ukur	Menambahkan dosis ekstrak.
<i>Multiparameter</i> / pH Meter	Mengukur nilai pH sampel.
Vakum Filtrasi (Set)	Mempercepat penyaringan pada uji TSS.
Desikator	Mendinginkan kertas saring TSS sebelum ditimbang.
Inkubator COD	Memanaskan sampel uji COD.
COD Meter	Mengukur konsentrasi COD sampel.
Tabung Reaksi	Wadah khusus untuk destruksi COD.
Spatula	Mengambil bahan kimia padat atau serbuk.
Penjepit	Memindahkan alat panas (cawan, tabung reaksi).

3.5.2 Bahan Penelitian

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam proses penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Bahan-bahan yang Digunakan dalam Proses Penelitian

Bahan	Volume	Satuan
Air limbah RPH	20	liter
Serbuk biji trembesi	100	gram
<i>Aquades</i>	1	liter
Larutan NaCl 1 M	1000	mL

Adapun bahan-bahan yang digunakan untuk mengukur kadar pH, COD dan TSS dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Bahan-bahan yang Digunakan dalam Pengujian Parameter

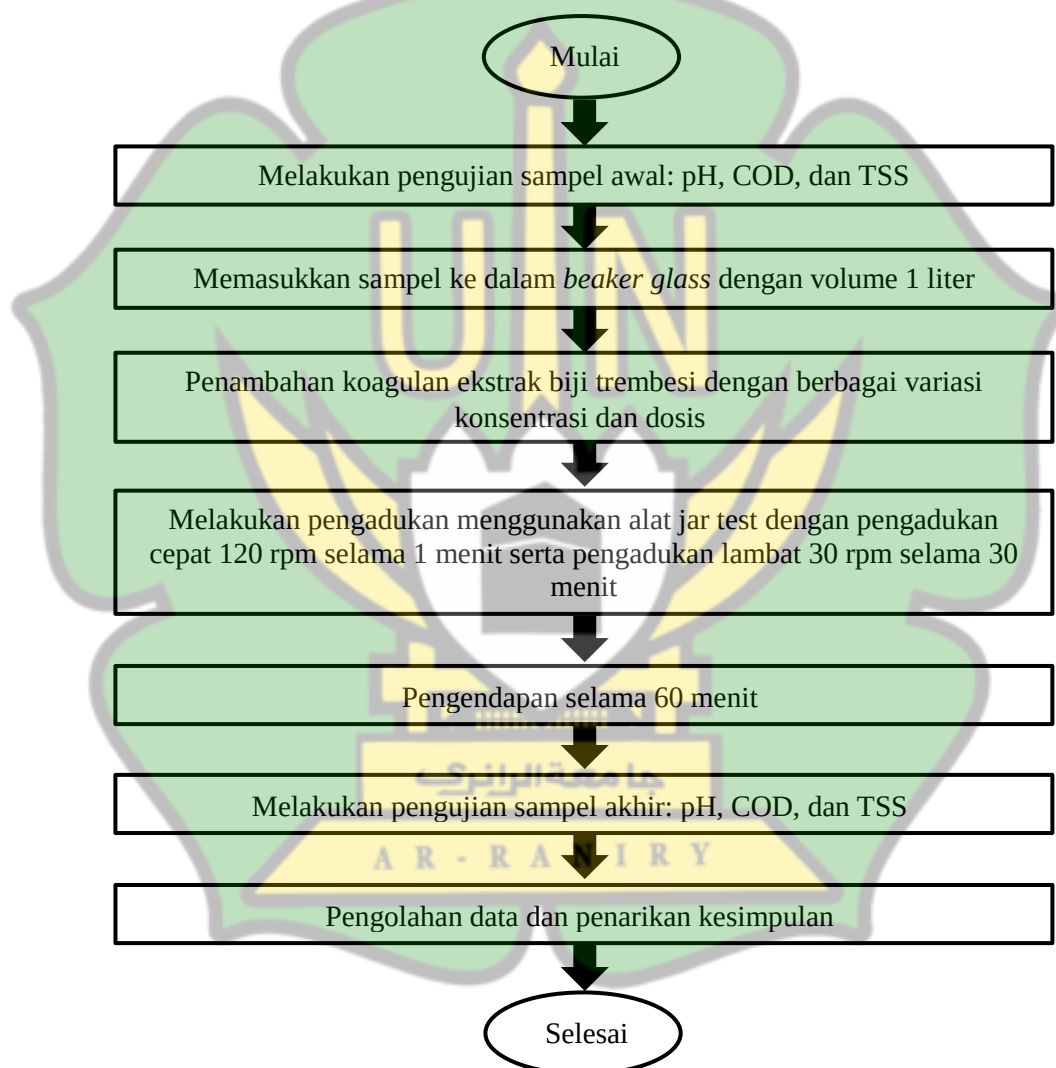
Bahan	Volume	Satuan
I. pH		
Larutan penyangga 4	25	mL
Larutan penyangga 7	25	mL
Larutan penyangga 10	25	mL
II. COD		
Larutan kalium dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)	25	mL
Larutan asam sulfat (H_2SO_4)	50	mL
III. TSS		
Kertas saring <i>Whatman</i> No. 42	15	Lembar
<i>Aquades</i>	380	mL

3.6 Tahapan Eksperimen

Tahapan eksperimen merupakan inti dari pelaksanaan penelitian ini, yang dirancang secara sistematis untuk menjawab rumusan masalah. Keseluruhan proses diawali dengan pengambilan sampel air limbah secara langsung dari RPH Kota Banda Aceh. Sampel ini kemudian dibawa ke laboratorium untuk diberi perlakuan.

Dilakukan persiapan koagulan dengan membuat ekstrak biji trembesi (*Samanea saman*). Ekstrak yang telah disiapkan kemudian ditambahkan ke dalam sampel air limbah dengan berbagai dosis dan konsentrasi yang telah ditentukan sebagai variabel bebas penelitian.

Setelah penambahan koagulan, sampel segera dimasukkan ke dalam pelaksanaan *jar test*. Proses ini mensimulasikan unit pengolahan limbah yang sesungguhnya, yang mencakup tiga tahap secara berurutan: koagulasi (pengadukan cepat), flokulasi (pengadukan lambat), dan sedimentasi (pengendapan). Terakhir, air yang dihasilkan dari proses pengendapan diambil untuk pengukuran parameter kunci (pH, COD, dan TSS). Seluruh alur kerja eksperimental ini telah dirangkum dan divisualisasikan secara rinci pada diagram alir pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram Alir Eksperimen

3.7 Uji Pendahuluan

Sebagai langkah awal yang penelitian ini dimulai dengan melakukan uji pendahuluan untuk mengetahui karakteristik awal air limbah yang diambil dari RPH Kota Banda Aceh. Pengujian sampel awal ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry, Banda Aceh.

Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk mendapatkan data dasar terkait kadar pencemar. Data ini penting untuk memastikan sejauh mana kondisi air limbah tersebut telah melampaui baku mutu yang berlaku, sehingga efektivitas pengolahan nantinya dapat diukur secara akurat. Hasil dari uji pendahuluan ini disajikan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Hasil Uji Pendahuluan Air Limbah RPH

Parameter	Satuan	Hasil Uji	*Kadar Maksimum
pH	-	7,77	6-9
TSS	mg/L	250	100
COD	mg/L	1.626	200

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2026.

** Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 pada Lampiran XLV*

3.8 Preparasi Koagulan Ekstrak Biji Trembesi

Prosedur preparasi koagulan ekstrak biji trembesi (*Samanea saman*) dalam penelitian ini merupakan modifikasi dari metode yang dilakukan oleh Putri dkk. (2020) dan Hermida dkk. (2021). Proses ini bertujuan untuk mendapatkan ekstrak yang mengandung senyawa aktif koagulan (protein) dengan variasi konsentrasi yang presisi. Adapun tahapan rincinya adalah sebagai berikut:

- a. Proses Preparasi Serbuk Biji Trembesi
 1. Pengumpulan dan Pembersihan Biji trembesi tua dikumpulkan dari polong yang jatuh secara alami. Biji dipisahkan dari kulit polong, dicuci dengan air mengalir, dan dibilas menggunakan akuades untuk menghilangkan kotoran serta debu.
 2. Pengeringan Biji yang telah bersih dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C hingga mencapai berat konstan. Pengeringan hingga berat konstan bertujuan untuk memastikan kadar air hilang sepenuhnya sehingga memudahkan proses penghalusan.

3. Penghalusan dan Pengayakan Biji kering digiling menggunakan *blender* hingga menjadi serbuk. Serbuk kemudian diayak menggunakan ayakan standar berukuran 100 *mesh* untuk menghasilkan ukuran partikel yang seragam dan memperluas luas permukaan kontak saat ekstraksi.

b. Proses Ekstraksi

Proses ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut NaCl 1 M untuk menarik senyawa protein dari dalam serbuk biji.

1. Biji trembesi yang sudah kering digiling sampai halus dan diayak menggunakan saringan 100 mesh untuk memperoleh serbuk biji trembesi yang halus.
2. Ambil 100 gr bubuk biji trembesi dan campurkan dengan 1000 mL NaCl 1M.
3. Selanjutnya, larutan ekstrak dipanaskan dengan suhu 40°C dengan waktu pengadukan selama 30 menit pada hotplate dan kecepatan pengadukan 200 rpm.
4. Kemudian Larutan hasil pengadukan disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan ampas padat.
5. Ekstrak yang sudah jadi dievaporasi dengan tujuan untuk menghilangkan pelarut NaCl 1 M.
6. Selanjutnya, ekstrak biji trembesi ditimbang menggunakan timbangan analitik dengan variasi konsentrasi 0,1%, 0,2% dan 0,3%, yang kemudian dilarutkan untuk mendapatkan larutan koagulan dari ekstrak pekat. Setelah itu, volume koagulan diambil menggunakan pipet volume dengan variasi sebesar 5 mL, 10 mL, 15 mL, dan 20 mL.

3.9 Pengujian Koagulasi dan Flokulasi

Proses pengujian koagulasi dan flokulasi dilakukan dengan mengacu pada metode SNI 19-6449-2000 tentang pengujian koagulasi-flokulasi dengan cara *Jar Test*. Mengingat total variasi perlakuan dalam penelitian ini berjumlah 13 sampel (1 sampel kontrol dan 12 sampel perlakuan), pengujian dilakukan secara bertahap (*running*) menggunakan alat *Jar Test* dengan kapasitas 6 pengaduk (*paddle*).

Kondisi operasional untuk setiap tahapan dijaga agar tetap seragam. Tahapan pengujian meliputi langkah-langkah berikut.

1. Disiapkan gelas piala (*beaker glass*) berukuran 1.000 mL yang telah dibersihkan. Masing-masing gelas diisi dengan sampel air limbah RPH sebanyak 1.000 mL.
2. Koagulan ekstrak biji trembesi ditambahkan ke dalam masing-masing gelas sesuai dengan rancangan variabel penelitian. Variasi yang digunakan meliputi:
 - Konsentrasi ekstrak: 0,1%, 0,2%, dan 0,3%.
 - Volume dosis: 5 mL, 10 mL, 15 mL, dan 20 mL.
 - Kontrol: Satu gelas disiapkan tanpa penambahan koagulan (0 mL) sebagai pembanding.
3. Alat *Jar Test* dinyalakan pada kecepatan 120 rpm selama 1 menit. Tahap ini merupakan proses koagulasi yang bertujuan untuk mendestabilisasi muatan partikel koloid dan mendistribusikan koagulan secara merata ke seluruh bagian air limbah.
4. Setelah pengadukan cepat selesai, kecepatan putaran segera diturunkan menjadi 30 rpm selama 30 menit. Tahap ini merupakan proses flokulasi yang bertujuan memberikan kesempatan partikel-partikel untuk saling bertumbukan dan membentuk gumpalan flok yang lebih besar (makroflok).
5. Alat *Jar Test* dimatikan dan pengaduk (*paddle*) diangkat dari dalam gelas. Sampel dibiarkan nendiam selama 60 menit agar flok yang terbentuk dapat mengendap ke dasar gelas secara gravitasi (proses sedimentasi).
6. Setelah proses pengendapan selesai, sampel air diambil dari bagian permukaan (supernatan) secara hati-hati agar endapan di dasar tidak ikut terambil. Sampel tersebut kemudian diuji kembali untuk mengetahui nilai akhir parameter pH, COD, dan TSS.
7. Prosedur di atas dilakukan secara berulang hingga seluruh variasi konsentrasi dan dosis selesai diuji.

Desain eksperimen penelitian yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Desain Eksperimen Penelitian

	Konsentrasi Koagulan (%)	Dosis (mL)	Pengadukan Cepat	Pengadukan Lambat	Pengendapan
Sampel air limbah RPH 1 liter		0			
	0,1%	5	120 rpm (selama 1 menit)	30 rpm	60 menit
	0,2%	10		(selama 30 menit)	
	0,3%	15			
		20			

3.10 Pengujian Parameter

3.10.1 Pengujian pH

Pengukuran pH dilakukan mengacu pada SNI 6989.11:2019. Sebelum pengukuran dimulai, alat pH meter harus dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan minimal dua jenis larutan penyangga yang sesuai dengan rentang pH yang akan diukur. Setelah proses kalibrasi, elektroda dibilas dengan air suling lalu dikeringkan menggunakan tisu halus. Kemudian elektroda dicelupkan ke dalam sampel air limbah dan dibiarkan hingga nilai yang ditampilkan pada layar pH meter stabil. Hasil pembacaan kemudian dicatat, baik dalam bentuk angka maupun skala yang tertera. Setelah seluruh proses selesai, elektroda kembali dibilas menggunakan air suling agar tetap bersih dan siap digunakan pada pengukuran berikutnya.

3.10.2 Pengujian *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pengujian COD dilakukan berdasarkan SNI 6989.2:2019. Sebanyak 2,5 mL sampel air limbah dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 1,5 mL larutan $K_2Cr_2O_7$ dan 3,5 mL larutan H_2SO_4 . Setelah semua reagen ditambahkan, tabung reaksi ditutup dengan rapat. COD inkubator kemudian dipanaskan hingga mencapai suhu $150^\circ C$, lalu tabung reaksi yang sudah tertutup dimasukkan ke dalamnya dan dibiarkan selama kurang lebih 2 jam. Setelah proses pemanasan, tabung reaksi dikeluarkan dan didinginkan hingga suhunya turun ke sekitar $60^\circ C$. Pada tahap ini, sampel telah siap untuk dianalisis menggunakan COD meter. Sebelum melakukan pengukuran, alat harus dikalibrasi terlebih dahulu dengan mengisi tabung reaksi menggunakan aquades,

memasukkannya ke dalam COD meter, dan menunggu hingga nilai yang ditampilkan menunjukkan 0,0 mg/L.

Setelah proses kalibrasi, sampel dihomogenkan dengan melakukan pengadukan ringan, kemudian dituangkan ke dalam tabung reaksi untuk dianalisis. Tabung tersebut selanjutnya ditempatkan pada COD meter dan tombol *read* ditekan untuk memperoleh nilai COD. Hasil yang muncul pada layar alat kemudian dicatat sebagai hasil pengukuran.

3.10.3 Pengujian *Total Suspended Solids* (TSS)

Pengujian *Total Suspended Solid* (TSS) dilakukan berdasarkan metode yang tercantum dalam SNI 6989.3:2019. Prosedur dimulai dengan tahap persiapan kertas saring. Kertas saring *Whatman* No. 42 berdiameter 48 mm ditimbang terlebih dahulu menggunakan neraca analitik untuk memperoleh massa awal. Setelah itu, kertas saring ditempatkan pada unit vakum filtrasi bersama 80 mL aquades untuk memastikan kertas melekat secara merata pada corong filtrasi.

Setelah proses awal tersebut, kertas saring diangkat dan dikeringkan dalam oven pada suhu 103–105°C selama satu jam. Kertas saring kemudian didinginkan di dalam desikator yang berisi silika gel selama ±15 menit hingga mencapai suhu ruang dan kondisi stabil. Setelah benar-benar stabil, kertas saring ditimbang kembali untuk mendapatkan massa setelah pengeringan awal.

Tahap berikutnya adalah proses penyaringan sampel air limbah. Kertas saring *Whatman* No. 42 dengan ukuran yang sama dipasang pada alat filtrasi, kemudian digunakan untuk menyaring 80 mL sampel. Setelah penyaringan selesai, kertas saring yang telah menampung padatan tersuspensi dipindahkan ke oven dan dikeringkan kembali pada suhu 103–105°C selama satu jam.

Setelah proses pengeringan kedua, kertas saring dimasukkan ke dalam desikator hingga mencapai kondisi dingin dan stabil. Kertas saring yang berisi residu padatan kemudian ditimbang untuk mendapatkan massa akhir. Nilai *Total Suspended Solid* (TSS) dalam mg/L dihitung berdasarkan selisih massa kertas saring sebelum dan sesudah penyaringan, sesuai rumus yang tercantum dalam SNI. Adapun rumusnya sebagai berikut:

$$\text{Mg TSS per liter} = \frac{(A-B) \times 1000}{V}$$

Keterangan:

A = berat kertas saring + residu kering (mg)

B = berat kertas saring (mg)

V = volume sampel (mL)

3.11 Analisis Data

Nilai konsentrasi awal dan akhir setelah perlakuan dengan penambahan koagulan ekstrak biji trembesi digunakan sebagai dasar perhitungan persentase efektivitas penurunan pH, COD, dan TSS. Efektivitas penurunan dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$P (\%) = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \times 100$$

Keterangan:

P(%) = Persentase penurunan konsentrasi

C awal = kadar zat sebelum perlakuan (mg/L)

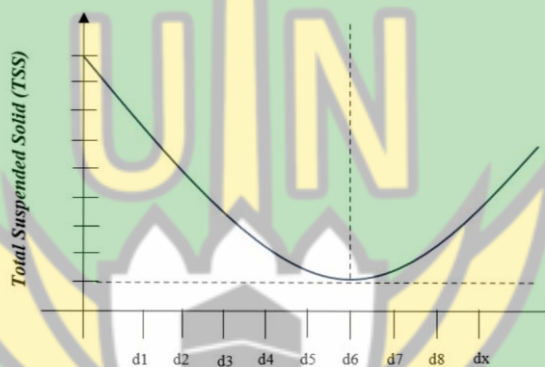
C akhir = kadar zat setelah perlakuan (mg/L)

Pengaruh perbedaan konsentrasi koagulan dianalisis dengan cara membandingkan efektivitas penurunan pH, COD, dan TSS pada setiap variasi konsentrasi. Setiap konsentrasi memberikan tingkat efektivitas yang berbeda, sehingga menunjukkan adanya variasi kemampuan koagulan dalam menurunkan parameter kualitas air limbah RPH. Jika perbedaan efektivitas antar konsentrasi cukup signifikan, hal tersebut mengindikasikan bahwa terdapat satu konsentrasi yang memberikan hasil paling optimal.

Penetapan dosis optimum koagulan dilakukan dengan menganalisis pola kurva hubungan antara variasi dosis dengan konsentrasi akhir parameter pencemar. Titik puncak penurunan atau titik dengan nilai residu TSS terendah pada grafik menunjukkan dosis koagulan yang paling efektif (dosis optimum). Peningkatan dosis yang melampaui titik optimum tersebut justru dapat menyebabkan nilai TSS meningkat kembali. Fenomena ini terjadi karena kelebihan koagulan menyebabkan restabilisasi muatan (*restabilization*) pada partikel koloid, sehingga flok yang terbentuk menjadi tidak stabil dan sulit mengendap. Oleh sebab itu, dosis optimum didefinisikan sebagai dosis yang menghasilkan nilai TSS akhir paling rendah

Setelah konsentrasi dan dosis optimum diperoleh, dilakukan evaluasi efektivitas dengan membandingkan hasil perlakuan terhadap baku mutu air limbah RPH. Jika setelah perlakuan dengan koagulan kadar pH, COD, dan TSS sudah memenuhi atau berada di bawah batas baku mutu yang ditetapkan dalam regulasi, maka ekstrak biji trembesi dapat dinyatakan efektif sebagai koagulan. Sebaliknya, jika parameter yang diuji masih berada di atas baku mutu, penggunaan koagulan ekstrak biji trembesi belum dianggap efektif dalam menurunkan pH, COD, maupun TSS air limbah RPH.

Evaluasi ini penting untuk mengetahui sejauh mana potensi ekstrak biji trembesi dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan koagulan dalam pengolahan air limbah berbasis bahan alami yang aman dan ramah lingkungan.



Gambar 3.4 Kurva Pengaruh Penambahan Dosis Koagulan Terhadap Kadar TSS

3.12 Metode Penyajian Data

Data hasil penelitian yang telah dianalisis akan disajikan secara sistematis dalam bentuk tabel, grafik, dan narasi deskriptif untuk mempermudah interpretasi hasil.

Penyajian dalam bentuk tabel digunakan untuk memaparkan data numerik secara rinci, yang memuat nilai konsentrasi parameter pencemar (pH, COD, dan TSS) sebelum dan sesudah perlakuan. Tabel ini juga akan menampilkan hasil perhitungan efisiensi penurunan (*persentase*) untuk setiap variasi percobaan, sehingga efektivitas koagulan dapat dibandingkan secara jelas.

Penyajian dalam bentuk grafik digunakan untuk mengilustrasikan tren dan hubungan antar variabel penelitian. Grafik garis atau batang akan digunakan untuk memvisualisasikan pengaruh peningkatan konsentrasi dan dosis koagulan

terhadap penurunan kadar pencemar, sehingga titik dosis optimum dapat diidentifikasi dengan lebih mudah.

Setiap tabel dan grafik akan disertai dengan narasi deskriptif yang menjelaskan fenomena yang terjadi, menganalisis signifikansi perubahan data, serta mengevaluasi kesesuaian hasil akhir dengan baku mutu lingkungan. Sebagai pelengkap, dokumentasi visual hasil eksperimen akan dilampirkan untuk memvalidasi perubahan fisik kejernihan air limbah yang terukur.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Biji Trembesi Terhadap Perubahan Parameter pH dan Penurunan Parameter COD dan TSS Pada Air Limbah RPH

Metode koagulasi-flokulasi diterapkan sebagai upaya untuk mereduksi kadar *Total Suspended Solids* (TSS) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada air limbah Rumah Potong Hewan (RPH). Pengujian dilakukan secara eksperimental skala laboratorium melalui metode *jar test* dengan menggunakan alat *flocculator*. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh serta menentukan konsentrasi dan dosis optimum koagulan terhadap efisiensi penurunan parameter pH, COD, dan TSS. Variasi konsentrasi koagulan yang diuji adalah 0,1%, 0,2%, dan 0,3%, dengan variasi dosis penambahan sebesar 0 mL (kontrol), 5 mL, 10 mL, 15 mL, dan 20 mL. Proses koagulasi-flokulasi berlangsung dalam dua tahapan pengadukan, yaitu pengadukan cepat pada kecepatan 120 rpm selama 1 menit untuk memicu destabilisasi muatan koloid, dilanjutkan dengan pengadukan lambat pada kecepatan 30 rpm selama 30 menit untuk pembentukan dan pertumbuhan flok. Setelah proses pengadukan selesai, limbah didiamkan selama 60 menit pada tahap sedimentasi untuk mengendapkan flok yang terbentuk secara gravitasi.

Sebelum proses koagulasi dan flokulasi, dilakukan analisis karakteristik sampel air limbah (pH, TSS, dan COD) yang hasilnya tertera pada Tabel 4.1. Hasil analisis tersebut kemudian dibandingkan dengan standar kualitas air limbah rumah pemotongan hewan yang mengacu pada Lampiran XLV Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014.

Tabel 4.1 Hasil Uji Pendahuluan Air Limbah RPH

Parameter	Satuan	Hasil Uji	*Kadar Maksimum
pH	-	7,77	6-9
TSS	mg/L	250	100
COD	mg/L	1.626	200

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2026.

* Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 pada Lampiran XLV

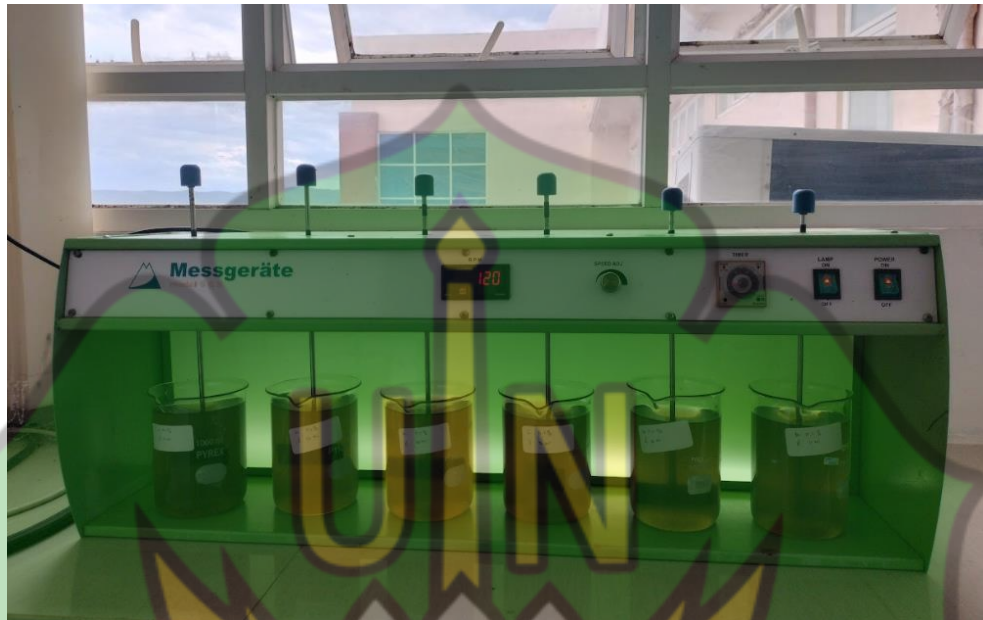
Data awal pada Tabel 4.1 memperlihatkan bahwa tingkat keasaman (pH) sampel bernilai 7,77, yang mana nilai ini masih masuk dalam standar baku mutu berkisar antara 6–9. Di sisi lain, kadar COD (1.626 mg/L) dan TSS (250 mg/L) terpantau melonjak signifikan di atas ambang batas yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014, yaitu sebesar 200 mg/L untuk COD dan 100 mg/L untuk TSS. Ketidaksesuaian mutu air limbah dari rumah potong hewan di Kota Banda Aceh ini menegaskan pentingnya melakukan pengolahan limbah terlebih dahulu sebelum dialirkan ke badan air guna menjaga kelestarian lingkungan.

Metode *jar test* digunakan dalam tahapan koagulasi-flokulasi berikutnya, dengan menggunakan ekstrak biji trembesi sebagai agen koagulan. Sebanyak 1 liter sampel air limbah dalam gelas beaker direaksikan dengan koagulan yang memiliki tiga variasi konsentrasi ekstrak (0,1%, 0,2%, dan 0,3%), dengan volume dosis masing-masing sebesar 5 mL, 10 mL, 15 mL, dan 20 mL. Reaksi koagulasi-flokulasi ini melibatkan dua tahap pengadukan: pengadukan cepat (120 rpm, 1 menit) diikuti pengadukan lambat (30 rpm, 30 menit).

Pemisahan flok dari cairan dilakukan melalui proses sedimentasi selama 60 menit. Efektivitas koagulan ini diukur dari kemampuan pembentukan flok yang stabil, yang berkorelasi langsung dengan kecepatan pemisahan padatan tersuspensi dan kejernihan air. Berdasarkan hasil pengamatan, flok-flok telah mengendap sebagian besar pada menit ke-55, fase sedimentasi tetap diselesaikan hingga menit ke-60 untuk mengendapkan partikel-partikel mikro yang masih melayang. Langkah terakhir adalah menguji ulang parameter mutu lingkungan berupa pH, COD, dan TSS untuk menentukan sejauh mana ekstrak biji trembesi mampu mereduksi polutan pada limbah RPH tersebut.

Menurut Kholif dkk. (2022), kontaminan dan residu terlarut dalam air limbah RPH menimbulkan risiko yang masif terhadap pencemaran lingkungan serta degradasi sumber daya air. Tingginya konsentrasi parameter seperti BOD, COD, TSS, serta minyak dan lemak yang mayoritas bersumber dari materi organik menjadikan limbah ini sangat berbahaya jika dialirkan langsung ke perairan. Apabila limbah RPH tersebut mencemari badan air, fenomena

eutrofikasi dapat terpicu sehingga mengganggu stabilitas dan kehidupan ekosistem organisme akuatik di dalamnya. Perbandingan antara parameter sebelum dan sesudah proses pengolahan menunjukkan efektivitas ekstrak biji trembesi dalam menurunkan tingkat pencemaran air limbah. Proses koagulasi-flokulasi dapat dilihat pada Gambar 4.1 hingga 4.3.



Gambar 4.1 Proses Pengadukan Cepat 120 rpm Selama 1 Menit dengan koagulan Ekstrak Biji Trembesi



Gambar 4.2 Proses Pengadukan Lambat 30 rpm Selama 30 Menit dengan koagulan Ekstrak Biji Trembesi



Gambar 4.3 Proses Pengendapan Air Limbah RPH Selama 60 Menit Setelah Perlakuan dengan Koagulan Ekstrak Biji Trembesi

4.1.1 Pengaruh Konsentrasi Koagulan Terhadap Perubahan Nilai pH

Nilai pH digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan dari air limbah. Skala pH sendiri berkisar antara 1 sampai 14, dengan angka 7 sebagai kondisi netral. Air dikatakan basa jika nilai pH-nya di atas 7, dan dikatakan asam jika di bawah 7. Pada umumnya, air limbah dari Rumah Potong Hewan (RPH) memiliki rentang pH antara 4 hingga 9,5 (Hendrasarie & Santosa, 2019). Sebelum diolah, sampel limbah RPH di Kota Banda Aceh menunjukkan angka pH sebesar 7,77. Nilai ini tergolong aman karena masih masuk dalam standar baku mutu (rentang 6–9) berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014. Adapun perubahan nilai pH setelah proses koagulasi-flokulasi menggunakan metode *jar test* dapat dilihat secara detail pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pengaruh Variasi Konsentrasi Koagulan dan Variasi Dosis Terhadap Nilai pH Pada Air Limbah RPH

Dosis (ml)	Nilai Awal	Konsentrasi 0,1%	Konsentrasi 0,2%	Konsentrasi 0,3%	*Baku Mutu
0	7.77	7.68	7.68	7.68	6-9
5		7.71	7.8	7.82	
10		7.73	7.81	7.77	
15		7.75	7.82	7.76	
20		7.79	7.79	7.75	

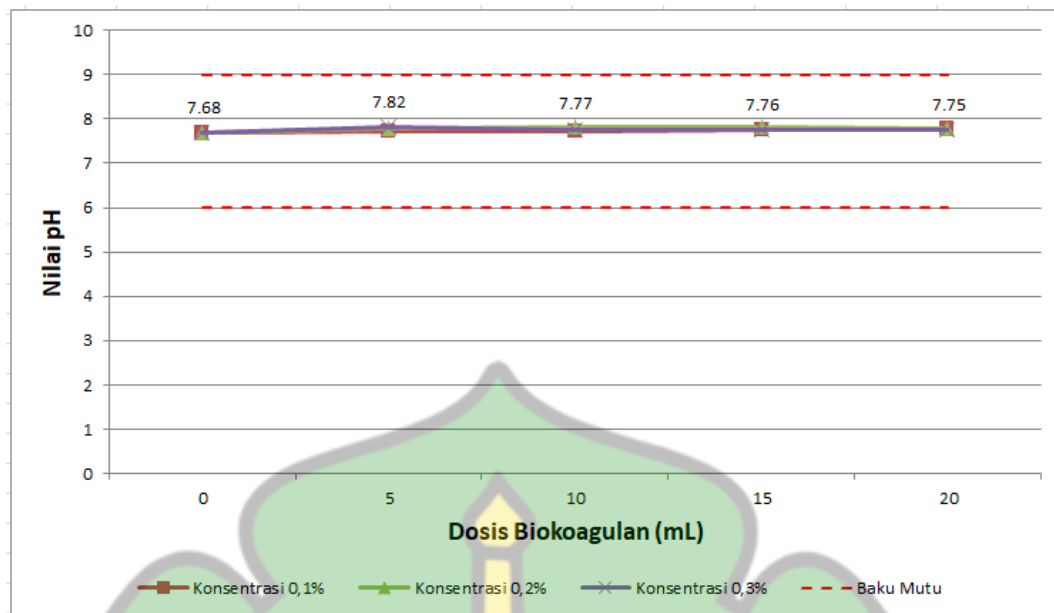
Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2026.

* Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 pada Lampiran XLV

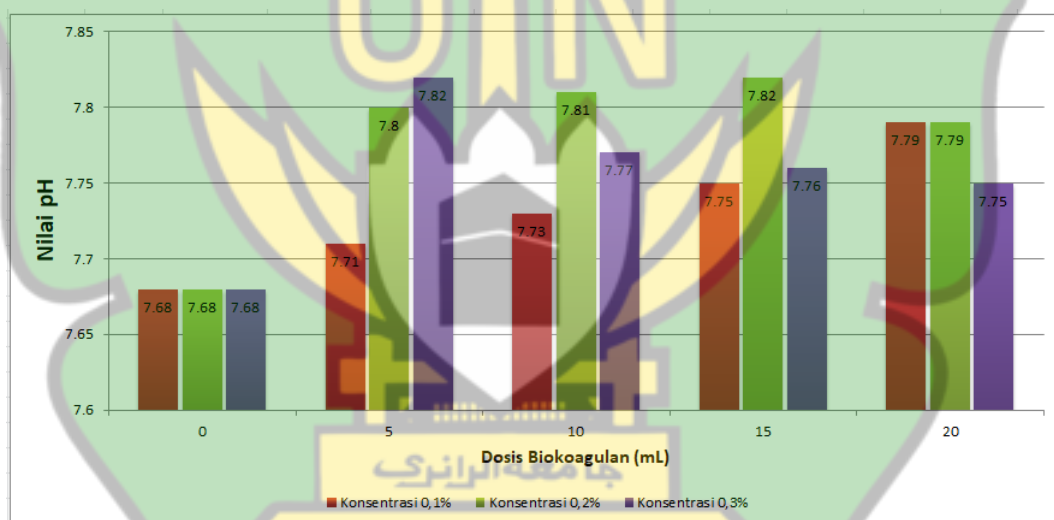
Berdasarkan Tabel 4.2, dapat diketahui bahwa kadar pH awal sampel air limbah sebelum diberikan perlakuan adalah sebesar 7,77. Sementara itu, nilai pH pada kontrol atau tanpa penambahan dosis ekstrak koagulan (dosis 0 mL) tercatat sebesar 7,68. Hal ini mengindikasikan adanya sedikit penurunan nilai pH dari kondisi awal akibat pengaruh pengadukan mekanis (proses koagulasi-flokulasi itu sendiri).

Menurut penelitian Nhut dkk. (2021), fluktuasi atau perubahan nilai pH yang tidak signifikan terjadi setelah proses pengolahan, di mana nilai pH limbah cenderung stabil sebelum dan sesudah penambahan ekstrak koagulan. Karakteristik ini dipengaruhi oleh muatan serta konfigurasi struktur polimer dari koagulan organik. Gugus fungsional yang terdapat pada rantai polimer koagulan dapat mengalami disosiasi atau menerima proton, bergantung pada kondisi pH lingkungan di sekitarnya.

Berbeda dengan koagulan kimia (seperti tawas) yang umumnya menurunkan pH secara drastis ke arah asam, penambahan variasi dosis dan konsentrasi ekstrak biji trembesi pada penelitian ini justru menunjukkan tren peningkatan pH yang relatif kecil menuju arah basa lemah, dengan nilai tertinggi mencapai 7,82 pada konsentrasi 0,2% (dosis 15 mL). Rentang nilai pH akhir sebesar 7,68 hingga 7,82 ini mengonfirmasi bahwa air limbah RPH berada dalam kondisi basa lemah yang sangat stabil. Visualisasi perubahan nilai pH air limbah RPH setelah proses koagulasi-flokulasi berdasarkan variasi dosis dan konsentrasi ekstrak koagulan biji trembesi tersebut disajikan secara lengkap pada Gambar 4.4 dan 4.5.



Gambar 4.4 Kurva perbandingan konsentrasi koagulan dan variasi dosis terhadap perubahan nilai pH



Gambar 4.5 Grafik perbandingan konsentrasi koagulan dan variasi dosis terhadap perubahan nilai pH

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.4 dan 4.5, proses koagulasi-flokulasi menggunakan ekstrak biji trembesi hanya memicu perubahan nilai pH yang sangat kecil (berkisar antara 7,68 hingga 7,82). Pada konsentrasi 0,1%, nilai pH merangkak naik secara konstan seiring bertambahnya dosis, dimulai dari 7,68 (dosis 0 mL) hingga mencapai angka 7,79 pada dosis 20 mL. Pada konsentrasi 0,2%, tren kenaikan pH relatif lebih tinggi dengan nilai puncak sebesar 7,82 pada dosis 15 mL. Sementara itu, pada konsentrasi 0,3%, nilai pH tertinggi justru

tercapai pada dosis terkecil (7,82 pada 5 mL) dan perlahan turun hingga menyentuh angka 7,75 pada dosis 20 mL.

Meskipun menunjukkan pola perubahan yang bervariasi pada tiap konsentrasi, seluruh nilai pH pascapengolahan tersebut terbukti sangat stabil dan konsisten berada di dalam batas aman garis merah putus-putus (rentang 6–9) sesuai standar baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014.

kenaikan pH pada konsentrasi rendah dipicu oleh gugus fungsional aktif polimer dari ekstrak biji trembesi yang mengikat ion hidrogen bebas di dalam air limbah. Sebaliknya, penurunan pH yang terjadi pada penambahan dosis di konsentrasi tinggi (0,3%) disebabkan oleh fenomena *overdosage*. Hal ini terjadi karena melimpahnya materi organik memicu pelepasan ion hidrogen kembali ke dalam larutan akibat penguraian gugus asam lemah. Menurut Hermida dkk. (2021), interaksi dinamis antara komponen limbah dan koagulan ini mencerminkan adanya fenomena kapasitas penyangga (*buffering capacity*) atau netralisasi sebagian selama proses koagulasi-flokulasi berjalan.

4.1.2 pengaruh Konsentrasi Koagulan Terhadap Penurunan Kadar COD

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan salah satu parameter krusial dalam mengevaluasi kualitas air limbah, yang merepresentasikan jumlah senyawa kimia terutama zat organik yang dapat didegradasi melalui proses oksidasi kimiawi. Nilai COD yang tinggi menunjukkan bahwa ada tingkat pencemaran yang signifikan dalam air limbah. Upaya penurunan kadar COD melalui penerapan berbagai variasi dosis dan konsentrasi ekstrak biji trembesi sebagai bahan pengolah bertujuan untuk meningkatkan efisiensi proses pengolahan. Adapun hasil pengujian setelah proses koagulasi-flokulasi yang dilakukan dengan metode *jar test* disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Efektivitas koagulan ekstrak biji trembesi terhadap penurunan kadar COD

Dosis (ml)	C0 (mg/L)	K 0,1%		K 0,2%		K 0,3%		*Baku Mutu
		Kadar (mg/L)	CE (%)	Kadar (mg/L)	CE (%)	Kadar (mg/L)	CE (%)	
0	1626	677	58.36	677	58.36	677	58.36	200
5		1640	-0.86	1010	37.88	360	77.86	
10		653	59.84	510	68.63	182	88.81	
15		441	72.88	487	70.05	1012	37.76	
20		909	44.10	564	65.31	1577	3.01	

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2026.

* Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 pada Lampiran XLV

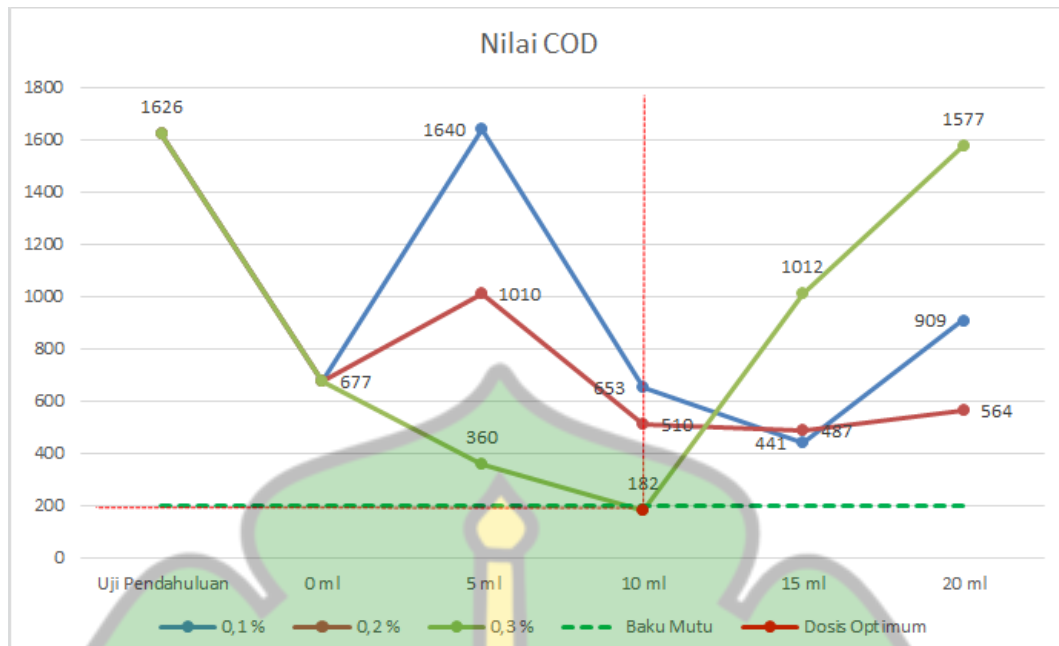
Berdasarkan Tabel 4.3, proses koagulasi-flokulasi berpengaruh signifikan terhadap fluktuasi nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) air limbah. Pada sampel kontrol (dosis 0 mL), kadar COD turun secara alami dari 1.626 mg/L menjadi 677 mg/L (efektivitas 58,36%) akibat efek sedimentasi mandiri selama pengadukan. Namun, pada konsentrasi 0,1% dengan dosis 5 mL, nilai COD justru meningkat menjadi 1.640 mg/L sehingga menghasilkan efektivitas negatif sebesar -0,86%. Efektivitas negatif ini menandakan bahwa pada dosis rendah, koagulan belum mampu memicu destabilisasi koloid, sebaliknya, materi organik terlarut dari ekstrak biji tanaman justru ikut larut dan menambah beban organik total di dalam air limbah (Amanda dkk., 2019).

Perlu ditegaskan bahwa nilai C0 (1.626 mg/L) merupakan kadar awal air limbah sebelum perlakuan apa pun, yang digunakan sebagai acuan pembagi pada seluruh perhitungan efektivitas (P%) di Tabel 4.3, termasuk pada sampel kontrol (dosis 0 mL) yang hanya diberi perlakuan pengadukan tanpa penambahan koagulan. Efektivitas sebesar 58,36% pada sampel kontrol tersebut sepenuhnya berasal dari proses sedimentasi mandiri akibat pengadukan, bukan dari kerja kimiawi koagulan, sehingga nilai ini berfungsi sebagai garis dasar (baseline) yang merepresentasikan batas kemampuan pengendapan alami air limbah itu sendiri. Dengan demikian, kontribusi murni yang dapat diatribusikan secara khusus kepada koagulan ekstrak biji trembesi diperoleh dengan membandingkan hasil setiap perlakuan terhadap nilai kontrol tersebut (677 mg/L), bukan terhadap C0 mentah. Pada dosis optimum (konsentrasi 0,3%, dosis 10 mL), penurunan dari 677 mg/L menjadi 182 mg/L menunjukkan kontribusi tambahan koagulan sebesar

73,12% di luar efek sedimentasi, sehingga total efektivitas 88,81% terhadap CO tersusun dari kombinasi efek sedimentasi mandiri dan efek kimiawi koagulan.

Kinerja penyisihan polutan berangsur membaik seiring peningkatan dosis dan konsentrasi. Perlakuan konsentrasi 0,2% dengan dosis 10 mL mampu mereduksi kadar COD hingga menjadi 510 mg/L (efektivitas 68,63%). Hasil paling optimal dicapai pada konsentrasi 0,3% dengan dosis 10 mL, di mana kadar COD menurun menjadi 182 mg/L dengan efektivitas mencapai 88,81%. Variasi ini menjadi satu-satunya perlakuan yang sukses memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014, yaitu maksimal 200 mg/L. Efisiensi ini didorong oleh kandungan protein makromolekul dari biji trembesi yang kaya akan polielektrolit alami penurun polutan organik.

Akan tetapi, peningkatan dosis hingga 20 mL pada konsentrasi 0,3% menyebabkan nilai COD kembali melonjak tajam ke angka 1.577 mg/L, sehingga efektivitasnya merosot hingga tersisa 3,01%. Secara mekanis, gugus fungsional aktif pada asam amino protein biji trembesi bekerja efektif menetralkan muatan koloid limbah dan membentuk jembatan antar-partikel pada kondisi optimum. Namun, penambahan dosis yang berlebihan membuat permukaan partikel koloid terselimuti sepenuhnya, sehingga memicu fenomena restabilisasi koloid. Akibatnya, kelebihan senyawa organik yang gagal membentuk flok tetap tertinggal sebagai materi organik terlarut dan menaikkan kembali kadar COD efluen (Rafi & Mirwan, 2025). Penyisihan kadar COD dengan beberapa variasi dosis dan variasi konsentrasi dapat dilihat pada grafik Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Kurva perbandingan konsentrasi koagulan dan variasi dosis terhadap penurunan kadar COD

Kurva pada Gambar 4.6 mengilustrasikan tren perubahan nilai dan efektivitas penyisihan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) air limbah setelah perlakuan koagulasi-flokulasi. Secara visual dapat diamati bahwa grafik mengalami penurunan nilai COD yang signifikan seiring dengan peningkatan konsentrasi dan dosis koagulan protein biji trembesi hingga mencapai titik optimum. Namun, grafik kembali menunjukkan tren pergerakan naik secara tajam (efektivitas menurun) setelah melewati batas dosis optimum tersebut, terutama pada konsentrasi 0,3% dengan dosis 20 mL, akibat terjadinya fenomena kelebihan dosis

4.1.3 Pengaruh Konsentrasi Koagulan Terhadap Penurunan Kadar TSS

Total Suspended Solids (TSS) merupakan partikel tersuspensi dalam air yang meliputi unsur padat (pasir, lumpur, tanah liat) serta mikroorganisme (bakteri, jamur, fitoplankton) dan detritus. Akibat keberadaan partikel tersebut, dapat terbentuk lapisan lumpur yang menghambat sintesis bahan organik (Sinaga dkk., 2020). Data menunjukkan bahwa TSS pada air limbah Rumah Pemotongan Hewan (RPH) Kota Banda Aceh sebesar 250 mg/L, angka ini melampaui ambang batas 100 mg/L yang diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014. Untuk menurunkan konsentrasi TSS, dilakukan proses koagulasi

flokulasi menggunakan metode *jar test* dengan variasi konsentrasi dan dosis koagulan. Hasil penurunan TSS setelah perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengaruh variasi konsentrasi koagulan dan variasi dosis terhadap penurunan kadar TSS pada air limbah RPH

Dosis (ml)	C0 (mg/L)	K 0,1%		K 0,2%		K 0,3%		*Baku Mutu
		Kadar (mg/L)	CE (%)	Kadar (mg/L)	CE (%)	Kadar (mg/L)	CE (%)	
0	250	90	64.00	90	64.00	90	64.00	100
5		80	68.00	20	92.00	150	40.00	
10		70	72.00	10	96.00	180	28.00	
15		90	64.00	90	64.00	180	28.00	
20		70	72.00	140	44.00	170	32.00	

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2026.

* Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 pada Lampiran XLV

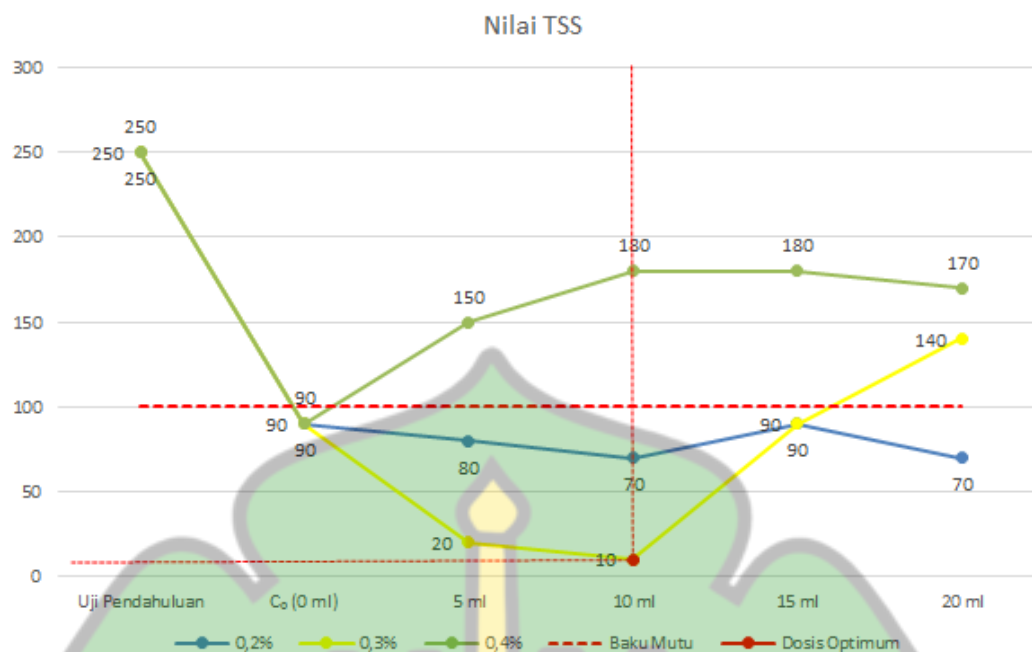
Berdasarkan hasil pengujian laboratorium yang disajikan pada Tabel 4.4, variasi konsentrasi serta dosis koagulan protein biji trembesi (*Samanea saman*) terbukti memberikan pengaruh yang nyata terhadap fluktuasi kadar *Total Suspended Solids* (TSS) air limbah. Pada sampel kontrol atau larutan tanpa penambahan koagulan (dosis 0 mL), nilai TSS terdeteksi mengalami penurunan secara alami dari kadar awal sebesar 250 mg/L menjadi 90 mg/L, dengan persentase efektivitas penyisihan sebesar 64%. Penurunan pada sampel kontrol ini terjadi akibat adanya efek sedimentasi mandiri (*plain sedimentation*), di mana partikel-partikel tersuspensi berukuran kasar mengendap akibat gaya gravitasi selama proses pengadukan dan waktu pengendapan berlangsung. Namun, pengendapan alami ini dinilai masih memerlukan optimasi menggunakan koagulan agar partikel koloid halus yang melayang dapat disisihkan secara sempurna. Sebagaimana telah dijelaskan pada pembahasan parameter COD, nilai efektivitas 64,00% pada sampel kontrol ini merupakan baseline sedimentasi, sehingga kontribusi murni koagulan pada dosis optimum (konsentrasi 0,2%, dosis 10 mL) terhadap nilai kontrol tersebut (90 mg/L menjadi 10 mg/L) adalah sebesar 88,89% di luar efek pengendapan alami.

Peningkatan performa penyisihan polutan padatan tersuspensi terlihat cukup nyata seiring dengan bertambahnya variasi dosis pada konsentrasi yang tepat. Penurunan kadar TSS paling optimal berhasil dicapai pada perlakuan

konsentrasi 0,2% dengan dosis sebesar 10 mL, yang mampu menurunkan konsentrasi padatan hingga menyentuh angka terendah yaitu 10 mg/L, dengan persentase efektivitas reduksi mencapai 96%. Berdasarkan standar Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014 yang menetapkan ambang batas maksimum baku mutu efluen TSS sebesar 100 mg/L, hampir seluruh variasi pada konsentrasi 0,1% serta konsentrasi 0,2% (pada dosis 5, 10, dan 15 mL) telah sukses memenuhi regulasi tersebut.

Tingginya kemampuan reduksi ini membuktikan bahwa gugus fungsional aktif dari polielektrolit protein biji trembesi pada kondisi tersebut bekerja secara efektif dalam mengikat, menetralkan muatan, dan menggumpalkan koloid halus menjadi flok makro yang mudah mengendap (Ba'adilla dkk., 2025). Akan tetapi, ketika dosis pada konsentrasi 0,2% tersebut ditingkatkan lebih lanjut hingga menyentuh volume maksimal 20 mL, kadar TSS air limbah menunjukkan tren berbalik dengan kembali melonjak naik menjadi 140 mg/L (efektivitas merosot ke 44%). Pola kenaikan kadar padatan pasca-optimum yang jauh lebih ekstrem terjadi pada seluruh variasi dosis di konsentrasi tinggi 0,3%, di mana nilai TSS melonjak naik kembali ke rentang 150 mg/L hingga 180 mg/L sehingga kembali melampaui batas baku mutu. Penyisihan kadar TSS dengan beberapa variasi dosis dan variasi konsentrasi dapat dilihat pada grafik Gambar 4.7.





Gambar 4.7 Kurva perbandingan konsentrasi koagulan dan variasi dosis terhadap penurunan kadar TSS

Kurva pada Gambar 4.7 menunjukkan fluktuasi nilai kadar *Total Suspended Solids* (TSS) dan persentase efektivitas penyisihannya setelah proses koagulasi flokulasi menggunakan koagulan protein biji trembesi (*Samanea saman*). Berdasarkan gambar kurva tersebut, terlihat bahwa peningkatan dosis dan konsentrasi koagulan pada awalnya berbanding lurus dengan penurunan kadar TSS di mana garis kurva bergerak turun secara signifikan hingga mencapai titik optimum. Kondisi paling optimum dicapai pada konsentrasi 0,2% dengan dosis 10 mL yang berhasil menurunkan kadar TSS hingga mencapai angka terendah yaitu 10 mg/L dengan efektivitas penyisihan sebesar 96%. Berdasarkan standar Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014, hampir seluruh variasi pada kurva konsentrasi 0,1% dan 0,2% telah berhasil memenuhi baku mutu efluen (maksimal 100 mg/L), kecuali pada perlakuan konsentrasi 0,2% dengan dosis maksimal 20 mL. Setelah melewati batas optimum tersebut, garis kurva menunjukkan tren pergerakan naik kembali secara drastis, terutama pada konsentrasi pekat 0,3% di mana seluruh nilai akhir TSS melonjak kembali hingga rentang 150 mg/L sampai 180 mg/L dan keluar dari batas aman baku mutu.

Penggunaan koagulan secara berlebihan dapat menyebabkan terbentuknya flok yang terlalu banyak dan tetap mengapung, karena proses koagulasi-flokulasi tidak berjalan secara optimal. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan ruang yang menghambat terjadinya ikatan antara koagulan dan partikel (Hebrianti dkk., 2025).

4.2 Efektivitas Koagulan Ekstrak Biji Trembesi Setelah Proses Koagulasi Flokulasi Terhadap Air Limbah Rumah Potong Hewan

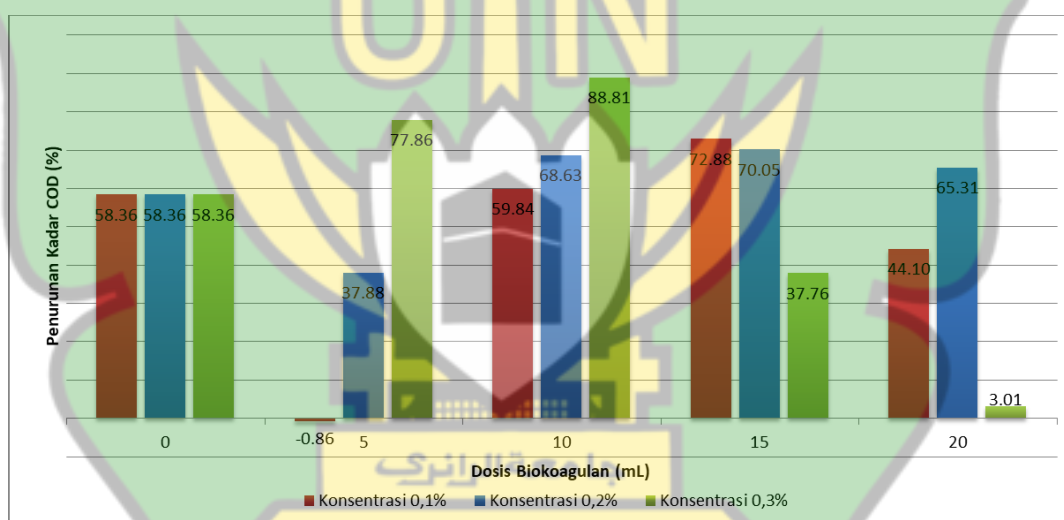
Ekstrak biji trembesi (*Samanea saman*) diketahui kaya akan senyawa polielektrolit alami, khususnya protein, yang memungkinkannya bekerja secara efektif sebagai agen koagulan. Ekstrak biji trembesi ini berfungsi sebagai agen penjernih air dengan mereduksi berbagai parameter pencemar kimia, menstabilkan suspensi partikel koloid, serta mengikat senyawa organik kompleks untuk diubah menjadi gumpalan yang lebih mudah diendapkan. Dengan demikian, senyawa ini memiliki peran penting dalam proses koagulasi melalui penetralan muatan partikel koloid yang terdapat di dalam air limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Kota Banda Aceh. Jenis protein bermuatan yang dikenal sebagai polielektrolit yang terkandung dalam koagulan ini memiliki kemampuan untuk berinteraksi secara kimiawi, yang memungkinkan mereka berpartisipasi secara efektif dalam keseluruhan proses koagulasi-flokulasi dan membantu pengendapan partikel dalam air limbah secara optimal (Putri dkk., 2020).

4.2.1 Efektivitas Koagulan Terhadap Penurunan Kadar COD

Berdasarkan hasil yang ditampilkan dalam Tabel 4.3, perlakuan yang diterapkan terbukti mampu menurunkan kadar COD air limbah secara fluktuatif namun signifikan pada titik optimum. Pada perlakuan sampel kontrol dengan dosis 0 mL, kadar COD masih tergolong sangat tinggi, yaitu turun menjadi 677 mg/L dari nilai awal 1.626 mg/L, sehingga persentase efektivitas penyisihannya hanya sekitar 58,36%. Hal ini menegaskan bahwa proses pengendapan alami akibat pengadukan tidak cukup efektif dalam mereduksi bahan organik terlarut secara maksimal untuk memenuhi baku mutu. Namun, setelah pemberian koagulan ekstrak biji trembesi, khususnya pada konsentrasi 0,3%, terjadi penurunan COD yang jauh lebih signifikan dan optimal. Penambahan dosis 10 mL

pada konsentrasi tersebut berhasil menekan kadar COD akhir hingga mencapai 182 mg/L, dengan tingkat efektivitas tertinggi sebesar 88,81%.

Penurunan tajam kadar COD ini dapat terjadi karena air limbah mengandung partikel koloid bermuatan negatif yang berinteraksi kuat dengan polielektrolit alami (protein makromolekul) dari ekstrak biji trembesi. Gugus fungsional aktif pada asam amino protein tersebut bekerja secara efektif untuk menetralkan muatan koloid limbah (Putri dkk., 2020). Interaksi ini memicu fenomena destabilisasi dan memungkinkan terbentuknya jembatan antar-partikel, sehingga partikel materi organik pengotor dapat saling mengikat, menggumpal, dan membentuk massa flok makro yang cukup besar untuk mengendap secara gravitasi (Adira, 2020). Pengendapan bahan organik yang terkumpul dalam flok inilah yang pada akhirnya berkontribusi besar dalam menurunkan kadar COD air limbah. Grafik yang menggambarkan hubungan antara dosis koagulan dan efektivitas penurunan COD dapat dilihat lebih lanjut pada Gambar 4.8.



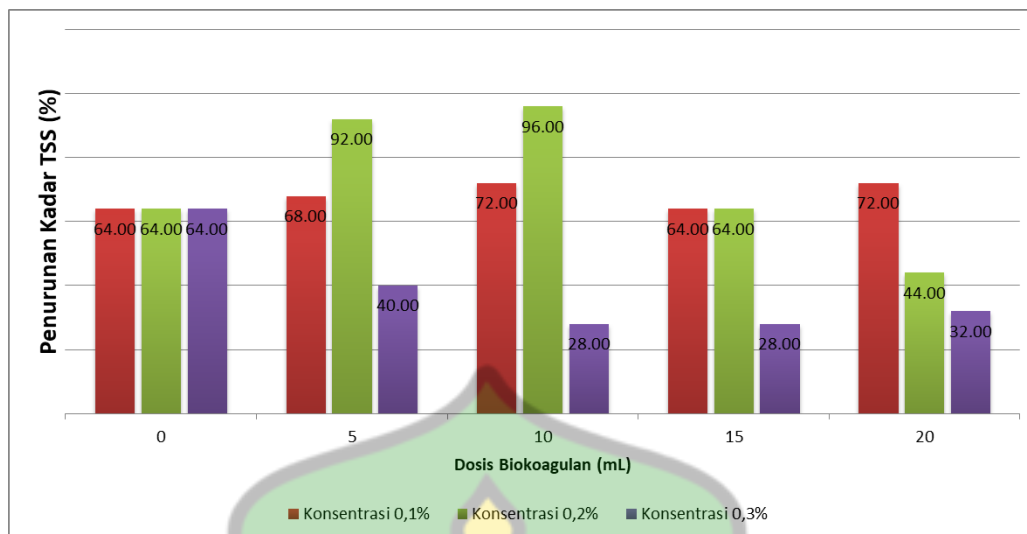
Gambar 4.8 Grafik pengaruh penambahan dosis koagulan terhadap efektivitas penurunan kadar COD

Gambar 4.8 menunjukkan efektivitas penurunan kadar COD yang bervariasi berdasarkan kombinasi konsentrasi dan dosis koagulan ekstrak biji trembesi yang digunakan. Secara umum, penggunaan koagulan mampu menurunkan kadar COD dari kadar awal sebesar 1.626 mg/L. Penurunan paling signifikan teramati pada konsentrasi koagulan 0,3% dengan dosis 10 mL, di mana kadar COD turun tajam hingga 182 mg/L dengan efektivitas mencapai 88,81%. Kadar ini tidak hanya jauh di bawah kadar awal, tetapi juga sudah memenuhi baku

mutu air limbah sesuai ketentuan yang berlaku yaitu maksimal 200 mg/L. Selain itu, pada dosis 5 mL dengan konsentrasi yang sama (0,3%), efektivitasnya juga terlihat cukup tinggi yakni 77,86% (kadar COD 360 mg/L), meskipun tidak lebih baik dari dosis 10 mL. Sementara itu, efektivitas menurun tajam pada pemberian dosis yang lebih tinggi, bahkan turun menjadi hanya 3,01% dengan kadar COD yang kembali meningkat hingga 1.577 mg/L pada dosis 20 mL di konsentrasi 0,3%. Hal ini menunjukkan bahwa dosis yang terlalu tinggi dapat menyebabkan permukaan partikel koloid terselimuti sepenuhnya dan memicu fenomena restabilisasi, sehingga menurunkan efektivitas proses (Hebrianti dkk., 2025). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa koagulan ekstrak biji trembesi pada konsentrasi 0,3% dengan dosis 10 mL adalah yang paling efektif, karena mampu menurunkan kadar COD secara maksimal dan berada di bawah batas baku mutu yang ditetapkan.

4.2.2 Efektivitas Koagulan Terhadap Penurunan Kadar TSS

Berdasarkan hasil pengujian yang ditampilkan dalam Tabel 4.4 dan visualisasi grafik persentase efektivitas, perlakuan yang diterapkan terbukti mampu menurunkan kadar *Total Suspended Solids* (TSS) secara signifikan pada titik optimum. Pada perlakuan sampel kontrol (dosis 0 mL), kadar TSS mengalami penurunan menjadi 90 mg/L dari nilai awal sebesar 250 mg/L, dengan persentase efektivitas penyisihan sekitar 64,00%. Penurunan pada sampel kontrol ini terjadi akibat adanya efek sedimentasi mandiri secara gravitasi selama proses pengadukan, namun pengendapan alami ini dinilai belum optimal untuk menyisihkan partikel koloid halus yang masih melayang di dalam air limbah. Grafik yang menggambarkan hubungan antara dosis koagulan dan efektivitas penurunan TSS dapat dilihat lebih lanjut pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Grafik pengaruh penambahan dosis koagulan terhadap efektivitas penurunan kadar TSS

Berdasarkan Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa setelah pemberian koagulan ekstrak biji trembesi, kinerja penyisihan padatan tersuspensi menunjukkan hasil yang sangat optimal, khususnya pada konsentrasi 0,2%. Penambahan dosis 10 mL pada konsentrasi tersebut berhasil menurunkan kadar TSS hingga menyentuh angka terendah yaitu 10 mg/L, dengan tingkat efektivitas tertinggi mencapai 96,00%. Kadar ini tidak hanya jauh di bawah kadar awal, tetapi juga telah memenuhi baku mutu air limbah sesuai ketentuan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014, yaitu maksimal 100 mg/L. Selain itu, pada dosis 5 mL dengan konsentrasi yang sama (0,2%), efektivitasnya juga terlihat sangat baik yakni 92,00% dengan sisa kadar TSS 20 mg/L. Tingginya kemampuan reduksi ini membuktikan bahwa gugus fungsional aktif dari polielektrolit protein biji trembesi telah bekerja secara efektif dalam mengikat, menetralkan muatan, dan menggumpalkan koloid halus menjadi flok makro yang mudah mengendap (Ba'adilla dkk., 2025).

Disisi lain, efektivitas menurun tajam pada pemberian dosis yang melebihi batas optimum. Pada konsentrasi 0,2% dengan dosis maksimal 20 mL, kadar TSS menunjukkan tren berbalik dengan kembali melonjak menjadi 140 mg/L sehingga efektivitasnya merosot ke 44,00%. Pola kenaikan kadar padatan pasca-optimum yang lebih ekstrem juga terjadi pada seluruh variasi dosis di konsentrasi pekat 0,3%, di mana nilai TSS tertahan pada rentang 150 mg/L hingga 180 mg/L

(efektivitasnya di kisaran 28,00% hingga 40,00%), sehingga kembali keluar dari batas aman baku mutu. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan koagulan secara berlebihan dapat menyebabkan terbentuknya flok yang terlalu banyak dan tetap mengapung, karena proses koagulasi-flokulasi tidak berjalan secara optimal akibat keterbatasan ruang interaksi antara koagulan dan partikel (Hebrianti dkk., 2025). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa koagulan ekstrak biji trembesi pada konsentrasi 0,2% dengan dosis 10 mL adalah yang paling efektif, karena mampu menurunkan kadar TSS secara maksimal.

4.3 Karakteristik Koagulan Ekstrak Biji Trembesi

Analisis FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) dilakukan untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsi dalam ekstrak biji trembesi yang berperan sebagai agen aktif dalam proses koagulasi-flokulasi. Berdasarkan spektrum FTIR yang diperoleh, terdapat beberapa bilangan gelombang dengan puncak khas yang menunjukkan keberadaan senyawa-senyawa bioaktif. Interpretasi dari hasil pembacaan spektrum FTIR tersebut dapat dicermati pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Hasil Uji FTIR Koagulan Ekstrak Biji Trembesi

Frekuensi (cm^{-1})	Gugus Fungsi	Tipe Senyawa	Klasifikasi
3283.62	O-H / N-H	Hidroksil/Amina	Protein / Polielektrolit
2970.85	C-H	Alkana	Senyawa organik alifatik
1631.18	C=O	Amida I	Protein/Peptida
1541.4	N-H	Amida II	Protein/Peptida
1353.65	C-H	Alkana	Alkil rantai lurus
1230.72	C-O	Alkohol/Eter	Polifenol/Aromatik
1123.69	C-O	Alkohol	Karbohidrat/Polisakarida
1046.52	C-O	Alkohol/Eter	Karbohidrat/Pektin
516.84	C-C	Rangka Karbon	Kerangka molekul minor
409.45	C-C	Rangka Karbon	Kerangka molekul minor

Sumber: Kurniawati, 2015.

Berdasarkan hasil analisis spektrum FTIR yang disajikan pada Tabel 4.5 puncak serapan utama teridentifikasi pada bilangan gelombang $3283,62 \text{ cm}^{-1}$ dengan nilai transmitansi sebesar 68,02% yang menunjukkan keberadaan gugus –

OH (hidroksil) dan –NH (amina) dari senyawa polielektrolit atau protein. Gugus ini berperan penting dalam pembentukan ikatan hidrogen dan interaksi elektrostatik dengan partikel koloid dalam air limbah. Berdasarkan hasil uji FTIR dalam penelitian Kurniawati (2015) terkait karakteristik ekstrak NaCl biji trembesi, teridentifikasi adanya pita serapan gugus fungsi –OH dan –NH yang bertumpang tindih pada rentang bilangan gelombang yang lebar. Gugus-gugus tersebut berperan penting dalam proses koagulasi karena mampu membentuk ikatan hidrogen dan interaksi elektrostatik dengan partikel koloid.

Bilangan gelombang pada $2970,85\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan keberadaan regangan C–H alifatik, yang menunjukkan keberadaan senyawa organik yang dapat memberikan kontribusi terhadap kestabilan senyawa aktif. Puncak signifikan lainnya berada di $1631,18\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan regangan C=O (karbonil) dari gugus amida I, umumnya berasal dari ikatan peptida dalam protein. Ini memperkuat bukti bahwa ekstrak biji trembesi mengandung protein, yang diketahui efektif sebagai koagulan melalui mekanisme *bridging* dan adsorpsi partikel. Selanjutnya, puncak di $1541,40\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan adanya tekukan N–H dari gugus amida II, yang juga berperan dalam interaksi antar molekul. Berdasarkan penelitian Kurniawati (2015), spektrum FTIR dari ekstrak biji trembesi (*Samanea saman*) juga menunjukkan adanya puncak serapan spesifik pada area amida yang mengindikasikan keberadaan senyawa protein pengikat, serta puncak lain seperti C=O dan serapan C–N. Keberadaan gugus –OH, C=O, dan amina ini menunjukkan bahwa biji trembesi mengandung senyawa organik aktif yang mampu berperan dalam mekanisme penetralan muatan dan pembentukan flok, sehingga efektif dalam proses koagulasi pada air limbah.

Pada bilangan gelombang $1230,72\text{ cm}^{-1}$, $1123,69\text{ cm}^{-1}$, dan $1046,52\text{ cm}^{-1}$, muncul puncak regangan C–O dari gugus alkohol, ester, atau eter, yang dapat membantu menstabilkan flok melalui ikatan hidrogen. Dua puncak tambahan pada daerah bilangan gelombang rendah masing-masing $516,84\text{ cm}^{-1}$ dan $409,45\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan serapan tekukan pada daerah jari-jari spektrum (*fingerprint*). Meskipun kurang dominan, puncak ini menunjukkan kompleksitas senyawa dalam ekstrak. Secara keseluruhan, spektrum FTIR menunjukkan bahwa ekstrak biji trembesi mengandung gugus-gugus fungsi seperti hidroksil, amina, karbonil,

dan eter, yang sangat potensial berperan dalam proses netralisasi muatan dan pembentukan flok dalam air limbah.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian eksperimental dan analisis data yang telah diuraikan secara menyeluruh pada bab sebelumnya, adapun kesimpulan yang dapat ditarik untuk menjawab rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Koagulan ekstrak biji trembesi (*Samanea saman*) mampu menurunkan COD dari 1.626 mg/L menjadi 182 mg/L (88,81%) dan TSS dari 250 mg/L menjadi 10 mg/L (96,00%), sekaligus menjaga pH tetap stabil di kisaran 7,68–7,82
2. Variasi konsentrasi dan dosis koagulan berpengaruh signifikan terhadap efektivitas penurunan COD dan TSS, di mana efektivitas meningkat seiring bertambahnya dosis hingga titik optimum, lalu menurun akibat *overdosage* yang memicu restabilisasi partikel koloid. Konsentrasi dan dosis optimum berbeda untuk tiap parameter: COD paling efektif pada konsentrasi 0,3% dosis 10 mL (88,81%), sedangkan TSS paling optimal pada konsentrasi 0,2% dosis 10 mL (96,00%). Terhadap pH, pengaruh variasi konsentrasi dan dosis relatif kecil dan tidak mengikuti pola optimum yang sama, karena nilai pH tetap berada pada rentang basa lemah (7,68–7,82) di seluruh perlakuan.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari penelitian ini untuk pengembangan penelitian di masa mendatang adalah sebagai berikut:

1. Disarankan untuk melakukan variasi kecepatan pengadukan dalam proses koagulasi-flokulasi guna mengoptimalkan efisiensi dan efektivitas pengolahan limbah menggunakan ekstrak koagulan biji trembesi.
2. Disarankan untuk menambahkan variasi dosis dengan interval yang lebih rapat guna memperoleh dosis yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adira, R. (2020). Biokoagulan Pada Pengolahan Limbah Cair. (*Skripsi*). Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh.
- Aini, A., Sriasih, M., & Kisworo, D. (2017). Studi Pendahuluan Cemaran Air Limbah Rumah Potong Hewan Di Kota Mataram. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 15(1), 42.
- Amanda, Y. T., Marufi, I., & Moelyaningrum, A. D. (2019). Pemanfaatan Biji Trembesi (*Samanea saman*) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan BOD, COD, TSS dan Kekeruhan Pada Pengolahan Limbah Cair Tempe. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 2(3), 92–96.
- Anugrah, M. S. E., Wijayanti, A., & Hadisoebroto, R. (2024). Pengaruh Variasi Dosis Dan Durasi Flokulasi Terhadap Penyisihan Parameter Organik Pada Air Limbah Tahu Menggunakan Biokoagulan Biji Trembesi (*Samanea saman*). *Jurnal Bhuwana*, 4(2), 227–237.
- 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), 1–5.
- Ba'adilla, S., Nugraha, A. W., & Laksono, U. T. (2025). Pengaruh biokoagulan dari kulit pisang kepok dan biji kelor terhadap kualitas limbah cair industri tahu. *Jurnal Agroindustri Pangan*, 4(1), 1–17.
- Badan Pusat Statistik. (2025). Jumlah Ternak Yang Dipotong Di Rumah Potong Hewan (RPH) Menurut Provinsi Dan Jenis Ternak, 2020–2024. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. (2025). Produksi Daging Sapi Menurut Provinsi (Ton), 2020–2024. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). SNI 19-6449-2000: Metode Pengujian Koagulasi Flokulasi Dengan Cara *Jar Test*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

- Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 6989.59:2008: Air Dan Air Limbah – Bagian 59: Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 6989.2:2019: Air Dan Air Limbah – Bagian 2: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (*Chemical Oxygen Demand/COD*) Dengan Refluks Tertutup Secara Spektrofotometri. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 6989.3:2019: Air Dan Air Limbah – Bagian 3: Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (*Total Suspended Solids/TSS*) Secara Gravimetri. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 6989.11:2019: Air Dan Air Limbah – Bagian 11: Cara Uji Derajat Keasaman (pH) Dengan Menggunakan Alat pH Meter. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Butler, J. B., Suyasa, I. W. B., & Negara, I. M. S. (2022). Penurunan COD, BOD, TSS, Amonia Dan Koliform Air Limbah Rumah Potong Hewan Dengan *Biofilter Aerobic Fixed-Bed Reactor* Dan Klorinasi. *Jurnal Kimia*, 16(2), 174–181.
- Cahyani, N. A., Rosariawari, F. (2025). Efektifitas Metode Elektrokoagulasi Dengan Penambahan Medan Magnet Dalam Menyisihkan TSS Dan COD Air Limbah Industri Rumah Potong Hewan. *Jurnal Serambi Engineering*, X(1), 11560–11570.
- Ekoputri, S. F., Rahmatunnissa, A., Nulfaidah, F., & Ratnasari, Y. (2024). Pengolahan Air Limbah Dengan Metode Koagulasi Flokulasi Pada Industri Kimia. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 1x(1), 7781–7787.
- Fathurrahman, Mulyani, S., & Candra, R. P. (2021). Pengaruh Waktu Penyemprotan Dan Konsentrasi *Paclobutazol* Terhadap Pertumbuhan Bibit Trembesi (*Albizia Saman Jacq.*) (*Laporan Hasil Penelitian*). Universitas Islam Riau.

- Gading, B. M. W. T., Respati, A. N., & Suryanto, E. (2021). Studi Kasus: Permasalahan Limbah Di Tempat Pemotongan Hewan (TPH) Ammessangeng, Kota Sengkang. *Jurnal Triton*, 12(1), 68–77.
- Handayani, A. W. (2015). Penyisihan *Biochemical Oxygen Demand* dan *Total Suspended Solid* Air Limbah Rumah Potong Hewan Dengan Koagulan Biji Trembesi (*Samanea Saman*). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1–9.
- Hebrianti, Fahrudin, & Zaraswati, D. (2025). Combination of *Moringa oleifera* seeds and *Acanthus ilicifolius* leaves as a natural coagulant for groundwater treatment. *Journal of Ecological Engineering*, 26(3), 365–380.
- Hendrasarie, N., & Santosa, B. A. (2019). Pengolahan Limbah Cair Rumah Potong Hewan Menggunakan *Rotating Biological Contactor* Modifikasi *Sludge Zone*. *Journal Of Research And Technology*, 5(2), 168–177.
- Herman, H., Setianto, Y. A., & Sulistyowati, L. (2023). Pendekatan *One Health* Manajemen Air Limbah Rumah Pemotongan Hewan Kota Tana Paser. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(3), 833–844.
- Hermida, L., Agustian, J., & Azizah, Z. (2023). Pengolahan Limbah Cair *Laundry* Menggunakan Ekstrak Biji Kelor Sebagai Biokoagulan. *Jurnal Teknologi Dan Inovasi Industri (Jtii)*, 4(1).
- Hutabarat, D. M., Witasari, W. S., & Baskoro, R. (2022). Pengaruh pH Terhadap Efektivitas Koagulan. *Jurnal Teknologi Separasi*, 8(9), 588–594.
- Kholif, M. A., Rohmah, M., Pungut, Nurhayati, I., Walujo, D. A., & Majid, D. (2022). Penurunan Beban Pencemar Rumah Potong Hewan (Rph) Menggunakan Sistem *Biofilter Anaerob*. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 14(2), 100–113.
- Kinanti, U., Rahman, A., & Harahap, J. (2023). Koagulan Alami Pada Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH). *Jurnal Lingkungan*, 5(2), 63–71.
- Kristianto, H., Jennifer, A., Sugih, A. K., & Prasetyo, S. (2020). Potensi Polisakarida Dari Limbah Buah-Buahan Sebagai Koagulan Alami Dalam

- Pengolahan Air dan Limbah Cair: Review. *Jurnal Rekayasa Proses*, 14(2), 108–127.
- Kurniawati, S. A. (2015). Karakterisasi Komponen Bioaktif dan Uji Aktivitas Koagulasi Ekstrak NaCl Biji Trembesi (*Samanea saman*) Terhadap Limbah Buatan. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- Lubis, I., Soesilo, T. E. B., & Soemantojo, R. W. (2020). Pengelolaan Air Limbah Rumah Potong Hewan Di Rph X, Kota Bogor, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 25(1), 33.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Musa, M. A., & Idrus, S. (2021). *Physical And Biological Treatment Technologies Of Slaughterhouse Wastewater: A Review. Sustainability (Switzerland)*, 13(9), 1–20.
- Nhut, H. T., Hung, N. T. Q., Lap, B. Q., Han, L. T. N., Tri, T. Q., Bang, N. H. K., Hiep, N. T., & Ky, N. M. (2020). Use of *Moringa oleifera* seeds powder as bio-coagulants for the surface water treatment. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17, 5313–5324.
- Nurhidayanti, N., Ilyas, N. I., & Lazuardini, D. P. (2022). Studi Pengolahan Limbah Cair Laundry Menggunakan Serbuk Biji Asam Jawa Sebagai Biokoagulan. *Jurnal Tekno Insentif*, 16(1), 16–27.
- Oktafia Putri, W., Rustanti, I., & Marlik. (2020). Pemanfaatan Ekstrak Biji Trembesi (*Samanea saman*) Sebagai Koagulan Dalam Menurunkan Kandungan Padatan Tersuspensi, Dan Zat Organik Air Buangan Produksi Tahu. *Jurnal Envirotek*, 12(2), 38–43.
- Rafi, M. I., & Mirwan, M. (2025). Perbandingan Efektivitas Biji Asam Jawa Dan Biji Pepaya Sebagai Biokoagulan Untuk Menurunkan BOD, COD, Dan TSS Pada Air Telaga. *Jurnal Serambi Engineering*, X(1), 571–576.

- Rahayu, D., & Jar, N. R. (2019). Penurunan Kadar COD, TSS, Dan NH₃-N Pada Air Limbah Rumah Potong Hewan Dengan Proses *Biofilter Anaerob-Aerob* Menggunakan Media *Bioball*. *Jurnal Purifikasi*, 19(1), 25–36.
- Ramadhani, G., Ramadhani, G. I., & Moesriati, A. (2013). Pemanfaatan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica*) Sebagai Koagulan Alternatif Dalam Proses Menurunkan Kadar COD dan BOD Dengan Studi Kasus Pada Limbah Cair Industri Tempe. *Jurnal Teknik ITS*, 2(1), D22–D26.
- Risdianto, D. (2007). Optimisasi Proses Koagulasi Flokulasi Untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu (Studi Kasus Pt. Sido Muncul). (Tesis). Universitas Diponegoro, Semarang.
- Risnawati, J. (2024). Pemanfaatan Ekstrak Biji Alpukat (*Persea Americana Mill*) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Air Limbah Industri Tahu. (Skripsi Sarjana Terapan). Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Roihatin, A., & Rizqi, A. K. (2009). Pengolahan Air Limbah Rumah Pemotongan Hewan (Rph) Dengan Cara Elektrokoagulasi Aliran Kontinyu. *Jurnal Teknik Kimia*, 1–7.
- Sari, E. D. A., Moelyaningrum, A. D., & Ningrum, P. T. (2018). Kandungan Limbah Cair Berdasarkan Parameter Kimia Di *Inlet* Dan *Outlet* Rumah Pemotongan Hewan (Studi Di Rumah Pemotongan Hewan X Kabupaten Jember). *Journal Of Health Science And Prevention*, 2(2), 88–94.
- Shinta, C., Amin, B., & Mubarak, M. (2021). Analisis Manajemen Rumah Potong Hewan Kecamatan Tampan Kota Pekanbaru Dan Dampaknya Terhadap Lingkungan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 15(2), 130.
- Sinaga, K., Hasbi, M., & Purwanto, E. (2021). Isolasi dan identifikasi bakteri penghasil biosurfaktan asal limbah cair Rumah Potong Hewan (RPH). *Jurnal Ilmu Perairan (Aquatic Science)*, 9(1), 49–55.
- Susanti, E. (2003). Limbah Pencelupan Benang *Using Pac As Coagulant To Remove Color From Textile Wastewater*. *Jurnal Purifikasi*, 4(1), 37–42.
- Teh, C. Y., Budiman, P. M., Shak, K. P. Y., & Wu, T. Y. (2016). *Recent advancement of coagulation-flocculation and its application in wastewater*

treatment. Industrial & Engineering Chemistry Research, 55(16), 4363-4389.

Ulfa, M. (2022). Pemanfaatan Serbuk Biji Flamboyan (*Delonix Regia*) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Limbah Cair Uptd Rumah Pemotongan Hewan Kota Banda Aceh. (*Skripsi*). Fakultas Sains Dan Teknologi, Uin Ar-Raniry, Banda Aceh.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan parameter TSS air limbah RPH

Rumus perhitungan TSS:

$$TSS (mg/L) = \frac{A - B \times 1.000}{v}$$

Keterangan:

A = berat kertas saring + residu kering (mg)

B = berat kertas saring (mg)

v = volume contoh uji (mL)

1.1 Sampel air limbah RPH sebelum dilakukan perlakuan

Diketahui:

A = 0,296 gram = 296 mg

B = 0,271 gram = 271 mg

v = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut:

$$TSS (mg/L) = \frac{(296 \text{ mg} - 271 \text{ mg}) \times 1.000}{100 \text{ mL}}$$
$$TSS (mg/L) = 250 \text{ mg/L}$$

1.2 Sampel air limbah RPH setelah perlakuan koagulasi-flokulasi-sedimentasi

- Konsentrasi 0,1%

Dosis 0 mL

Diketahui:

A = 0,266 gram = 266 mg

B = 0,257 gram = 257 mg

v = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut:

$$TSS (mg/L) = \frac{(266 \text{ mg} - 257 \text{ mg}) \times 1.000}{100 \text{ mL}}$$
$$TSS (mg/L) = 90 \text{ mg/L}$$

Dosis 5 mL

Diketahui:

A = 0,274 gram = 274 mg

B = 0,266 gram = 266 mg

v = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut:

$$TSS (mg/L) = \frac{(274 \text{ mg} - 266 \text{ mg}) \times 1.000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 80 \text{ mg/L}$$

Dosis 10 mL

Diketahui:

A = 0,273 gram = 273 mg

B = 0,266 gram = 266 mg

v = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut:

$$TSS (mg/L) = \frac{(273 \text{ mg} - 266 \text{ mg}) \times 1.000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 70 \text{ mg/L}$$

Dosis 15 mL

Diketahui:

A = 0,278 gram = 278 mg

B = 0,269 gram = 269 mg

v = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut:

$$TSS (mg/L) = \frac{(278 \text{ mg} - 269 \text{ mg}) \times 1.000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 90 \text{ mg/L}$$

Dosis 20 mL

Diketahui:

A = 0,282 gram = 282 mg

B = 0,275 gram = 275 mg

v = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut:

$$TSS (mg/L) = \frac{(282 \text{ mg} - 275 \text{ mg}) \times 1.000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 70 \text{ mg/L}$$

- Konsentrasi 0,2%

Dosis 0 mL

Diketahui:

$$A = 0,266 \text{ gram} = 266 \text{ mg}$$

$$B = 0,257 \text{ gram} = 257 \text{ mg}$$

$$v = 100 \text{ mL}$$

maka perhitungannya sebagai berikut:

$$TSS (mg/L) = \frac{(266 \text{ mg} - 257 \text{ mg}) \times 1.000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 90 \text{ mg/L}$$

Dosis 5 mL

Diketahui:

$$A = 0,268 \text{ gram} = 268 \text{ mg}$$

$$B = 0,266 \text{ gram} = 266 \text{ mg}$$

$$v = 100 \text{ mL}$$

maka perhitungannya sebagai berikut:

$$TSS (mg/L) = \frac{(268 \text{ mg} - 266 \text{ mg}) \times 1.000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 20 \text{ mg/L}$$

Dosis 10 mL

Diketahui:

$$A = 0,268 \text{ gram} = 268 \text{ mg}$$

$$B = 0,267 \text{ gram} = 267 \text{ mg}$$

$$v = 100 \text{ mL}$$

maka perhitungannya sebagai berikut:

$$TSS (mg/L) = \frac{(268 \text{ mg} - 267 \text{ mg}) \times 1.000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 10 \text{ mg/L}$$

Dosis 15 mL

Diketahui:

A = 0,277 gram = 277 mg
 B = 0,268 gram = 268 mg
 v = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut:

$$TSS (mg/L) = \frac{(277 \text{ mg} - 268 \text{ mg}) \times 1.000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 90 \text{ mg/L}$$

Dosis 20 mL

Diketahui:

A = 0,283 gram = 283 mg
 B = 0,269 gram = 269 mg
 v = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut:

$$TSS (mg/L) = \frac{(283 \text{ mg} - 269 \text{ mg}) \times 1.000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 140 \text{ mg/L}$$

- Konsentrasi 0,3%

Dosis 0 mL

Diketahui:

A = 0,266 gram = 266 mg
 B = 0,257 gram = 257 mg
 v = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut:

$$TSS (mg/L) = \frac{(266 \text{ mg} - 257 \text{ mg}) \times 1.000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 90 \text{ mg/L}$$

Dosis 5 mL

Diketahui:

A = 0,284 gram = 284 mg
 B = 0,269 gram = 269 mg
 v = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut:

$$TSS (mg/L) = \frac{(284 \text{ mg} - 269 \text{ mg}) \times 1.000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 150 \text{ mg/L}$$

Dosis 10 mL

Diketahui:

$$A = 0,290 \text{ gram} = 290 \text{ mg}$$

$$B = 0,272 \text{ gram} = 272 \text{ mg}$$

$$v = 100 \text{ mL}$$

maka perhitungannya sebagai berikut:

$$TSS (mg/L) = \frac{(290 \text{ mg} - 272 \text{ mg}) \times 1.000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 180 \text{ mg/L}$$

Dosis 15 mL

Diketahui:

$$A = 0,288 \text{ gram} = 288 \text{ mg}$$

$$B = 0,270 \text{ gram} = 270 \text{ mg}$$

$$v = 100 \text{ mL}$$

maka perhitungannya sebagai berikut:

$$TSS (mg/L) = \frac{(288 \text{ mg} - 270 \text{ mg}) \times 1.000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 180 \text{ mg/L}$$

Dosis 20 mL

Diketahui:

$$A = 0,285 \text{ gram} = 285 \text{ mg}$$

$$B = 0,268 \text{ gram} = 268 \text{ mg}$$

$$v = 100 \text{ mL}$$

maka perhitungannya sebagai berikut:

$$TSS (mg/L) = \frac{(285 \text{ mg} - 268 \text{ mg}) \times 1.000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 170 \text{ mg/L}$$

Lampiran 2 Perhitungan Efektivitas pada Dosis Optimum

Rumus perhitungan efektifitas:

$$P(\%) = \frac{(kadar\ awal(\frac{mg}{L}) - kadar\ akhir(\frac{mg}{L}))}{(kadar\ awal(\frac{mg}{L}))} \times 100\%$$

Keterangan:

P (%) = Persentase penurunan konsentrasi zat

Kadar awal (mg/L) = Konsentrasi awal zat dalam miligram per liter

Kadar akhir (mg/L) = Konsentrasi akhir zat dalam miligram per liter

— **COD pada konsentrasi 0,3% dengan dosis 10 mL**

Diketahui:

Kadar awal = 1,626 mg/L

Kadar akhir = 182 mg/L

Maka,

$$P(\%) = \frac{(1.626(\frac{mg}{L}) - 182(\frac{mg}{L}))}{(1.626(\frac{mg}{L}))} \times 100\%$$

$$P(\%) = \frac{1.626 - 182}{1.626} \times 100\%$$

$$P(\%) = \frac{1.444}{1.626} \times 100\%$$

$$P(\%) = 0,88806 \times 100\%$$

$$P(\%) = 88,81\%$$

— **TSS pada konsentrasi 0,2% dengan dosis 10 mL**

Diketahui:

Kadar awal = 250 mg/L

Kadar akhir = 10 mg/L

Maka,

$$P(\%) = \frac{(250(\frac{mg}{L}) - 10(\frac{mg}{L}))}{(250(\frac{mg}{L}))} \times 100\%$$

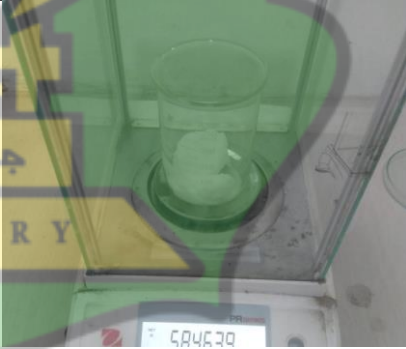
$$P(\%) = \frac{250 - 10}{250} \times 100\%$$

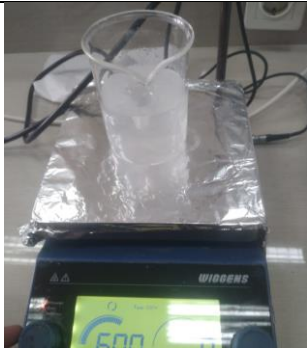
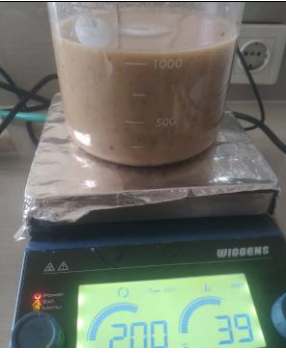
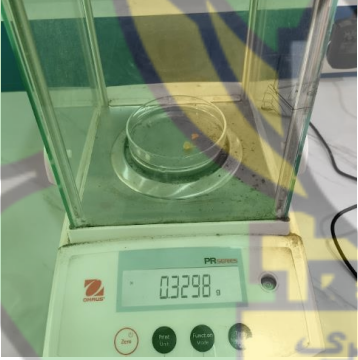
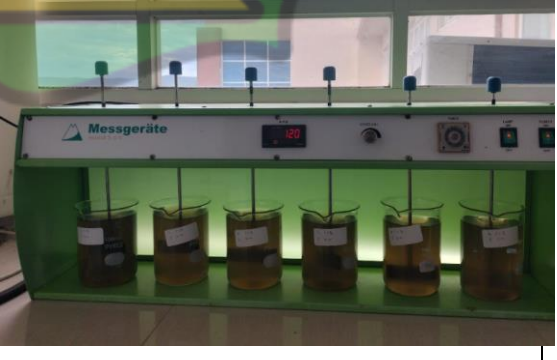
$$P(\%) = \frac{240}{250} \times 100\%$$

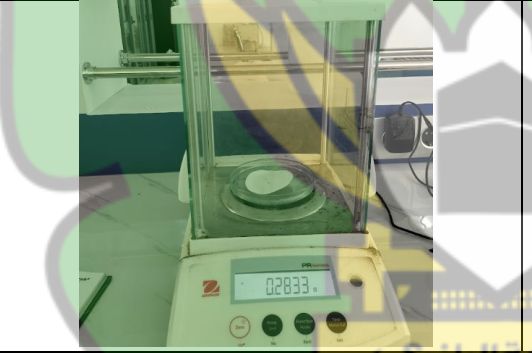
$$P(\%) = 0,96 \times 100\%$$

$$P(\%) = 96\%$$

Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian

	
Pengambilan sampel air limbah RPH	Biji trembesi di oven untuk menghilangkan kadar air nya
	
Biji trembesi dihaluskan menggunakan blender	Penyaringan ampas tebu dengan ayakan 100 mesh
	
Penimbangan serbuk biji trembesi	Penimbangan serbuk NaCl

	
Proses melarutkan NaCl dengan aquades	Proses pengadukan serbuk biji trembesi yang telah ditambahkan NaCl
	
Penyaringan ekstrak biji trembesi untuk memisahkan dari serbuk	Ekstrak di rotary evaporator untuk memisahkan dari pelarutnya
	
Penimbangan ekstrak kental sebelum pengenceran sebagai koagulan	Ekstrak kental yang sudah diencerkan dengan aquades sebanyak 100 mL
	
Penambahan ekstrak ke dalam air limbah sesuai dengan masing-masing	Proses koagulasi 120 rpm selama 1 menit

dosis	
	
Proses pengadukan lambat 30 rpm selama 30 menit	Proses pengendapan selama 60 menit
	
Pengukuran pH setelah proses koagulasi flokulasi dan sedimentasi	Proses penyaringan TSS dengan menggunakan pompa vakum
	
Penimbangan kertas saring setelah di oven	Proses pembuatan larutan COD kedalam tabung reaksi
	
Sampel COD sebelum dilakukan pengukuran	Proses pemanasan sampel menggunakan COD reaktor selama 2 jam



Pengukuran nilai COD dengan COD
meter



Lampiran 4 Hasil Uji FTIR Biokoagulan Ekstrak Biji Trembesi

