PEMANFAATAN EKSTRAK KULIT JERUK (*Citrus x sinensis*) SEBAGAI BIOKOAGULAN PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH RUMAH POTONG HEWAN (RPH)

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh :

MUHAMMAD FABYAN AKBAR
NIM. 220702022

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

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

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN EKSTRAK KULIT JERUK (*Citrus x sinensis*) SEBAGAI BIOKOAGULAN PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH RUMAH POTONG HEWAN (RPH)

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Diajukan oleh:
MUHAMMAD FABYAN AKBAR
NIM. 220702022
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 7 Juli 2026
Disetujui untuk dimunaqasyah kan oleh :

Pembimbing I	Pembimbing II
Arief Rahman, M.T.	**Dr. Khairun Nisah, S.T., M.Si.**
NIDN. 2019038901	NIDN. 2016027902

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

Husnawati Yahya, S.Si, M.Sc.
NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN EKSTRAK KULIT JERUK (*Citrus x sinensis*) SEBAGAI BIOKOAGULAN PADA PENGOLAHAN 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 : Kamis, 16 Juli 2026
Kamis, 1 Safar 1448 H
di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir

Ketua,	Sekretaris,
Arief Rahman, M.T.	**Dr. Khairun Nisah, S.T., M.Si.**
NIDN. 2010038901	NIDN. 2016027902
Penguji I,	Penguji II,
Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.	**Aulia Rohendi, S.T., M.Sc.**
NIDN. 2002028301	NIDN. 2010048202

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh

Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Fabyan Akbar

NIM : 220702022

Program Studi : Teknik Lingkungan

Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh

Judul Skripsi : Pemanfaatan Ekstrak Kulit Jeruk (*Citrus x sinensis*) sebagai Biokoagulan pada Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH)

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebitkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

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, 21 Juli 2026

Muhammad Fabyan Akbar

ABSTRAK

Nama	: Muhammad Fabyan Akbar
NIM	: 220702022
Program Studi	: Teknik Lingkungan
Judul	: Pemanfaatan Ekstrak Kulit Jeruk (*Citrus x sinensis*) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH)
Tanggal Sidang	: 16 Juli 2026
Jumlah Halaman	: 86 Halaman
Pembimbing I	: Arief Rahman, M.T.
Pembimbing II	: Dr. Khairun Nisah, S.T, M.Si.
Kata Kunci	: Air limbah rumah potong hewan, ekstrak kulit jeruk, biokoagulan, koagulasi-flokulasi, COD, TSS, dan pH.

Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) mengandung COD dan TSS tinggi yang berpotensi mencemari lingkungan. Biokoagulan alami dari ekstrak kulit jeruk (*Citrus x sinensis*) menjadi alternatif pengolahan yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan menguji efektivitas variasi konsentrasi ekstrak kulit jeruk dalam menurunkan COD, TSS, dan menstabilkan pH air limbah RPH UPTD Kota Banda Aceh. Metode pengolahan menggunakan koagulasi-flokulasi (*jar test*). Biokoagulan dibuat melalui maserasi dengan pelarut etanol 96%, kemudian diuji pada konsentrasi 0,2%, 0,3%, dan 0,4% dengan variasi dosis 5-20 mL. Hasil penelitian menunjukkan penurunan TSS paling optimal mencapai 99,2% pada konsentrasi 0,2% dengan dosis 15 mL. Nilai pH tergolong stabil pada rentang 7,51–7,82. Namun, biokoagulan ini belum mampu menurunkan kadar parameter COD, dengan dosis optimum COD yaitu 886 mg/L pada konsentrasi 0,4% dosis 5 mL. Kesimpulannya, biokoagulan ekstrak kulit jeruk sangat efektif menurunkan TSS dan menstabilkan pH, tetapi kurang efektif untuk menurunkan parameter COD.

ABSTRACT

Name	*: Muhammad Fabyan Akbar*
NIM	*: 220702022*
Department	*: Environmental Engineering*
Title	*: Utilization of Orange Peel Extract (Citrus x sinensis) as a Biocoagulant in Slaughterhouse Wastewater Treatment*
Date of Session	*: 16 July 2026*
Number of Pages	*: 86 Pages*
Advisor I	*: Arief Rahman, M.T.*
Advisor II	*: Dr. Khairun Nisah, S.T, M.Si.*
Keywords	*: Slaughterhouse wastewater, orange peel extract, biocoagulant, coagulation-flocculation, COD, TSS, and pH.*

Slaughterhouse wastewater contains high levels of COD and TSS, posing a potential risk of environmental pollution. A natural biocoagulant derived from orange peel (Citrus x sinensis) extract offers an eco-friendly treatment alternative. This study aimed to evaluate the effectiveness of varying concentrations of orange peel extract in reducing COD and TSS levels and stabilizing the pH of wastewater from the Banda Aceh City Slaughterhouse (UPTD RPH). The treatment process employed coagulation-flocculation (jar test). The biocoagulant was prepared via maceration using 96% ethanol and subsequently tested at concentrations of 0.2%, 0.3%, and 0.4%, with dosage variations ranging from 5 to 20 mL. The results demonstrated that the most effective TSS reduction reaching 99.2% was achieved at a concentration of 0.2% with a 15 mL dosage. pH values remained stable within the 7.51–7.82 range. However, the biocoagulant was ineffective at reducing COD levels; the optimal COD result (886 mg/L) was obtained at a concentration of 0.4% with a 5 mL dosage. In conclusion, the orange peel extract biocoagulant is highly effective for reducing TSS and stabilizing pH but is less effective for reducing COD levels.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kepada Allah Swt. atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Pemanfaatan Ekstrak Kulit Jeruk (*Citrus x sinensis*) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH)". Tidak lupa pula *shalawat* beriringkan salam kepada baginda Nabi Muhammad saw. utusan dan manusia pilihan yang membawa umat-Nya dari zaman *Jahiliyah* menuju ke zaman *Islamiyah*.

Adapun maksud dan tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat wajib pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh untuk meraih gelar Sarjana Teknik Lingkungan.

Kepada Ibunda Isra Maisarra dan Ayahanda Halim Akbar. Terima kasih senantiasa memberikan doa, menjadi pendengar, sumber kekuatan bagi saya dalam berbagai keadaan sehingga saya dapat berada pada tahap penyusunan proposal ini. Terima kasih untuk setiap waktu, usaha, fasilitas terbaik, serta motivasi agar saya tetap berjuang dalam keadaan apapun. terima kasih atas doa, dukungan, sandaran, serta menjadi panutan bagi saya dalam menyelesaikan tanggung jawab ini.

Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini sangat sulit terbentuk tanpa adanya dukungan, bimbingan, serta doa dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Maka dari itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak atas segala dukungan, bimbingan, serta doa selama penyusunan tugas akhir ini. Terima kasih disampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU, selaku Dekan di Fakultas Sains dan teknologi.
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc. selaku Ketua Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc. selaku Sekretaris Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar -

Raniry Banda Aceh dan Penguji II pada Pelaksanaan Sidang Tugas Akhir Penulis.

4. Bapak Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc., IPM, APEC Eng. selaku Dosen Pembimbing Akademik Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry atas segala arahan dan bimbingannya.
5. Bapak Arief Rahman, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
6. Ibu Dr. Khairun Nisah, S.T., M.Si. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Teuku Muhammad Ashari, M.Sc. selaku Penguji I pada Pelaksanaan Sidang Tugas Akhir Penulis.
8. Seluruh Dosen dan Staf di Fakultas Sains dan Teknologi yang telah memberikan Bantuan serta arahan selama penulis melaksanakan proses perancangan penelitian ini.
9. Ibu Firda Elvisa, S.E, Ak selaku staf administrasi program studi Teknik lingkungan yang telah membantu dalam hal administrasi.
10. Ibu Nurul Huda, S.Pd selaku laboran program studi Teknik lingkungan yang membantu dalam hal pelaksanaan di laboratorium.
11. Bapak Risky Kurniawan, S.Si selaku laboran Fakultas Sains dan Teknologi yang membantu dalam hal analisis Tugas akhir penulis.
12. Muhammad Alfin Mubarak, Mauditya Mellisa, Fitri Anggriani yang telah memberikan inspirasi dan bantuan dalam penulisan Tugas Akhir ini
13. Teman-teman mahasiswa Angkatan 2022 dan kepada semua pihak yang memberikan dukungan baik berupa kritik dan saran yang bersifat membangun dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis berharap Allah SWT akan membalas segala kebaikan dari semua pihak yang telah membantu. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan serta informasi bagi pihak yang berkepentingan.

Banda Aceh, 1 Juli 2026

Penulis

Muhammad Fabyan Akbar

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN ..... **v**
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR ..... **vi**
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR ..... **vii**
ABSTRAK ..... **vi**
ABSTRACT ..... **vii**
KATA PENGANTAR ..... **viii**
DAFTAR ISI ..... **x**
DAFTAR TABEL ..... **xii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiiiiii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xivv**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Penelitian 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **6**
2.1 Air Limbah Rumah Potong Hewan 6
2.2 Baku Mutu Air Limbah Rumah Potong Hewan 7
2.3 Karakteristik Air Limbah Rumah Potong Hewan 8
2.4 Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan dengan Metode Koagulasi-Flokulasi 10
2.5 Biokoagulan 12
2.6 Kulit Jeruk 13
2.7 Penelitian Terdahulu 13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN **17**
3.1 Tahapan Penelitian 17
3.2 Variabel Penelitian 19
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian 20
3.3.1 Lokasi Pengambilan Sampel 20

3.3.2 Waktu Penelitian 20
3.3.3 Jadwal Rencana Penelitian 20
3.4 Alat dan Bahan 23
3.4.1 Alat Penelitian 23
3.4.2 Bahan Penelitian 23
3.5 Tahapan Eksperimen 24
3.6 Uji Pendahuluan 25
3.7 Preparasi Biokoagulan Ekstrak Kulit Jeruk 26
3.8 Pengujian Koagulasi dan Flokulasi 27
3.8 Pengujian Parameter 28
3.8.1 Pengujian COD 28
3.8.2 Pengujian TSS 29
3.8.3 Pengujian pH 30
3.9 Analisis Data 30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 32
4.1 Karakterisasi Biokoagulan Ekstrak Kulit Jeruk 32
4.2 Pengaruh Variasi Konsentrasi Ekstrak Kulit Jeruk setelah Tahapan Koagulasi-Flokulasi terhadap Air Limbah Rumah Potong Hewan 33
4.2.1 Pengaruh Konsentrasi Biokoagulan terhadap Perubahan *Chemical Oxygen Demand* (COD) 36
4.2.2 Pengaruh Konsentrasi Biokoagulan terhadap Perubahan *Total Suspended Solid* (TSS) 40
4.2.3 Pengaruh Konsentrasi Biokoagulan terhadap Perubahan pH 43
4.3 Efektivitas Biokoagulan Ekstrak Kulit Jeruk Setelah Proses Koagulasi-Flokulasi Terhadap Air Limbah Rumah Potong Hewan 46
4.3.1 Efektivitas Biokoagulan terhadap Penurunan Kadar TSS 47
4.3.2 Efektivitas Biokoagulan terhadap Penurunan Kadar COD 49
BAB V PENUTUP 52
5.1 Kesimpulan 52
5.2 Saran 53
DAFTAR PUSTAKA 54
LAMPIRAN 61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Rumah Potong Hewan 8
Tabel 2.2 Klasifikasi Buah Jeruk 13
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu 14
Tabel 3.1 Jadwal Rancangan Penelitian 22
Tabel 3.2 Alat yang Digunakan pada Proses Penelitian 23
Tabel 3.3 Bahan yang Digunakan pada Proses Penelitian 23
Tabel 3.4 Bahan bahan yang Digunakan pada Pengujian Parameter 24
Tabel 3.5 Hasil Uji Pendahuluan Air Limbah RPH 26
Tabel 3.6 Desain Eksperimen Penelitian 28
Tabel 4.1 Hasil Uji FTIR Biokoagulan Ekstrak Kulit Jeruk 32
Tabel 4.2 Hasil Uji Awal Air Limbah Rumah Potong Hewan 34
Tabel 4.3 Variasi Perlakuan Penelitian 35
Tabel 4.4 Pengaruh Variasi Konsentrasi Biokoagulan dan Variasi Dosis terhadap Penurunan Nilai COD pada Air Limbah 37
Tabel 4.5 Pengaruh Variasi Konsentrasi Biokoagulan dan Variasi Dosis terhadap Penurunan Nilai TSS pada Air Limbah 40
Tabel 4.6 Pengaruh Variasi Konsentrasi Biokoagulan dan Variasi Dosis terhadap Penurunan Nilai pH pada Air Limbah 44
Tabel 4.7 Pengaruh Variasi Dosis dan Konsentrasi Ekstrak Biokoagulan terhadap Penurunan Nilai TSS pada Air Limbah RPH 48
Tabel 4.8 Pengaruh Variasi Dosis dan Konsentrasi Ekstrak Biokoagulan terhadap Penurunan Nilai COD pada Air Limbah RPH 50

AR-RANIRY

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme Proses Koagulasi dan Flokulasi 11
Gambar 2.2 Kulit Buah Jeruk (*Citrus x sinensis*) 13
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian 17
Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengambilan Sampel..... 21
Gambar 3.3 Diagram Tahapan Eksperimen..... 25
Gambar 3.4 Kurva Pengaruh Penambahan Dosis Biokoagulan terhadap Kadar TSS 31
Gambar 4.1 Kurva perbandingan pengaruh variasi konsentrasi dan dosis biokoagulan terhadap penurunan kadar COD. 39
Gambar 4.2 Kurva perbandingan pengaruh variasi konsentrasi dan dosis biokoagulan terhadap penurunan kadar TSS 42
Gambar 4.3 Kurva perbandingan pengaruh variasi konsentrasi dan dosis biokoagulan terhadap penurunan kadar pH 45
Gambar 4.4 Grafik perbandingan pengaruh konsentrasi biokoagulan dan variasi dosis terhadap penurunan kadar pH 45
Gambar 4.5 Grafik pengaruh penambahan dosis biokoagulan terhadap efektivitas penurunan kadar TSS 48
Gambar 4.6 Grafik pengaruh penambahan dosis biokoagulan terhadap efektivitas penurunan kadar COD 50

جامعة الرانري
AR-RANIRY

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Rumus perhitungan TSS 61
Lampiran 2 Perhitungan Efektivitas Pada Dosis Optimum..... 67
Lampiran 3 Perhitungan Konsentrasi Ekstrak..... 68
Lampiran 4 Dokumentasi Penelitian 69
Lampiran 5 Hasil Grafik FTIR..... 74
Lampiran 6 Uji Determinasi Tumbuhan..... 75

جامعة الرانري
AR-RANIRY

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jumlah penduduk Indonesia menunjukkan tren kenaikan yang konsisten seiring berjalannya waktu. Menurut proyeksi data dari Badan Pusat Statistik (BPS) untuk periode 2010 hingga 2025, populasi negara ini terus meningkat dengan tingkat pertumbuhan tahunan sebesar 1,7 persen (Yuliani & Asrofani, 2024). Peningkatan jumlah penduduk ini, yang diiringi dengan peningkatan kualitas hidup masyarakat Indonesia, telah mendorong peningkatan kebutuhan bahan pangan serta konsumsi hidangan sehari-hari di tingkat rumah tangga. Secara bertahap, hal ini turut berkontribusi pada peningkatan konsumsi protein hewani, termasuk produk-produk peternakan (Anggraini dkk., 2021).

Air limbah yang dihasilkan oleh rumah potong hewan (RPH) terutama berasal dari aktivitas pemotongan hewan dan merupakan limbah organik yang mudah terdegradasi secara biologis. Limbah ini terdiri dari darah, sisa isi pencernaan, urin, serta berbagai bahan pencemar yang terbawa selama proses pembilasan. Proses pembersihan termasuk pencucian area pemotongan, pembilasan saluran pencernaan, dan pembersihan kendang menjadi sumber utama keluarnya air limbah, dengan darah menyumbang proporsi kontaminasi terbesar (Lubis dkk., 2020).

Limbah hasil pemotongan hewan yang tidak ditangani secara memadai memiliki risiko tinggi untuk mengkontaminasi lingkungan sekitar. Dampak negatif ini sering kali dialami oleh penduduk yang tinggal berdekatan dengan rumah potong hewan (RPH). Mayoritas penduduk tersebut, yakni sekitar 98 persen, mengaku merasa tidak nyaman dengan adanya RPH di dekat tempat tinggal mereka. Penimbunan limbah RPH di lahan terbuka maupun perairan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan memicu timbulnya berbagai penyakit, yang pada akhirnya mempengaruhi kesehatan masyarakat setempat (Gading dkk., 2021).

Air limbah yang dihasilkan dari aktivitas UPTD RPH Kota Banda Aceh, mengandung bahan organik, partikel tersuspensi, dan unsur koloid dalam jumlah tinggi, termasuk lemak, protein, dan selulosa. Berdasarkan hasil analisis

pendahuluan yang telah dilakukan, air limbah RPH ini memiliki kadar COD sebesar 1.626 mg/L, TSS 250 mg/L, dan pH 7,77. Nilai ini menunjukkan bahwa sebagian besar parameter air limbah tidak sesuai dengan standar baku mutu sebagaimana diatur dalam Lampiran XLV Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, yang menetapkan standar COD maksimum 200 mg/L, TSS 100 mg/L, dan pH antara 6-9. Saat ini, belum ada sistem yang diterapkan di UPTD RPH Kota Banda Aceh, maka dari itu, dibutuhkan metode pengolahan air limbah lanjutan yang lebih efektif untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan.

Pengolahan air limbah dapat dilakukan melalui pendekatan fisika, kimia, biologi, atau gabungan dari berbagai metode tersebut. Pada dasarnya, tujuan pengolahan ini adalah untuk melancarkan kembali air buangan yang merupakan hasil sampingan dari proses produksi, yang telah tercemar oleh zat-zat sisa produksi. Salah satu metode pengolahan air limbah yang dapat diterapkan adalah koagulasi. Proses ini melibatkan penambahan senyawa koagulan ke dalam udara atau air limbah guna menetralkan partikel-partikel yang terdapat di dalamnya (Sari dkk., 2025).

Koagulasi-flokulasi merupakan salah satu metode pengolahan limbah yang diterapkan dalam penelitian ini. Koagulasi melibatkan penambahan koagulan ke dalam larutan dengan tujuan untuk mengkondisikan suspensi, koloid, serta bahan tersuspensi sebagai langkah awal menuju proses flokulasi selanjutnya. Sementara itu, flokulasi adalah tahap pengumpulan partikel-partikel yang tidak stabil yang saling mengganggu, sehingga terbentuk gumpalan partikel dengan ukuran lebih besar, yang dikenal sebagai flokulan atau flok (Kinanti dkk., 2023). Upaya pengembangan koagulan organik yang ramah lingkungan dan efektif telah dilakukan secara luas. Koagulan jenis ini, yang sering disebut biokoagulan, berasal dari bahan-bahan alami seperti cangkang udang, kulit buah, biji-bijian, atau kayu. Biokoagulan mampu mengurangi dampak buruk proses koagulasi-flokulasi terhadap lingkungan dan kesehatan manusia jika dibandingkan dengan koagulan anorganik (Rahman dkk., 2023).

Jeruk termasuk salah satu jenis buah yang dapat dinikmati langsung atau diubah menjadi berbagai produk pangan. Namun, proses pengolahan tersebut

seringkali menghasilkan limbah berupa kulit jeruk yang biasanya dibuang tanpa pemanfaatan lebih lanjut, padahal bagian ini masih mengandung senyawa-senyawa bernilai, seperti pektin, minyak atsiri, dan limonen. Kandungan pektin dalam kulit jeruk berkisar antara 35 hingga 40 persen, sehingga dapat disimpulkan bahwa kulit jeruk memiliki kadar pektin yang cukup tinggi dan berpotensi besar sebagai bahan dasar dalam produksi pektin. Disisi lain, penggunaan kulit jeruk juga merupakan langkah penting untuk meningkatkan nilai ekonomi jeruk secara keseluruhan (Pulungan & Embun, 2017).

Penelitian yang dilakukan oleh Putri dkk. (2025), menunjukkan bahwa penggunaan biokoagulan berbahan dasar kulit jeruk tanpa proses ekstraksi efektif dalam menurunkan kandungan TSS serta COD pada air limbah kantin. Kondisi pH asam (pH 3) terbukti memberikan efisiensi penyisihan terbaik, baik untuk parameter TSS maupun COD. Pada pH 3 dengan dosis 2 g/L dan waktu pengendapan 45 menit, diperoleh efisiensi penyisihan TSS sebesar 30,48% dan COD sebesar 29,29%. Penelitian yang dilakukan oleh Ramadani dkk. (2025) menggunakan koagulan alami berupa pektin dari kulit pisang kepok untuk mengolah air limbah industri penatu skala kecil. Penelitian ini memvariasikan dosis koagulan dan waktu pengendapan untuk menguji efektivitas penyisihan polutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi terbaik diperoleh pada dosis 7 mg/L dengan waktu pengendapan 15 menit. Pada kondisi tersebut, penelitian ini mampu menurunkan parameter *Total Suspended Solid* (TSS) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) masing-masing sebesar 90,45% dan 44,89%.

Berdasarkan permasalahan tersebut, dilakukan penelitian tentang kemampuan ekstrak kulit jeruk yang dimanfaatkan sebagai biokoagulan dalam menurunkan parameter pH, COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan TSS (*Total Suspended Solid*) pada pengolahan air limbah Rumah Potong Hewan (RPH).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan sebelumnya, maka dapat dirumuskan rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana kemampuan ekstrak kulit jeruk (*Citrus x sinensis*) sebagai biokoagulan dalam menurunkan parameter COD (*Chemical Oxygen*

Demand), TSS (*Total Suspended Solid*), dan menstabilkan pH pada air limbah Rumah Potong Hewan (RPH)?

2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi ekstrak kulit jeruk (*Citrus x sinensis*) terhadap efektivitas penurunan kadar COD, TSS, serta perubahan pH pada air limbah Rumah Potong Hewan (RPH)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka didapat tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini yaitu :

1. Mendapatkan efektivitas biokoagulan ekstrak kulit jeruk (*Citrus x sinensis)* dalam menurunkan kadar pencemar pada air limbah RPH.
2. Mendapatkan pengaruh variasi konsentrasi biokoagulan ekstrak kulit jeruk (*Citrus x sinensis)* untuk menurunkan kadar pencemar pada air limbah RPH.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan mengetahui tujuan penelitian, maka dapat ditentukan manfaat penelitian yaitu :

1. Memberikan gambaran mengenai kemampuan ekstrak kulit jeruk sebagai biokoagulan dalam menurunkan kadar pencemar pengolahan air limbah RPH.
2. Menyajikan informasi mengenai pengaruh variasi konsentrasi biokoagulan dari ekstrak kulit jeruk dalam menurunkan parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), dan pH pada pengolahan air limbah RPH.
3. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya, khususnya penelitian terkait dengan pemanfaatan ekstrak kulit jeruk dalam pengolahan air limbah rumah potong hewan.

AR-RANIRY

1.5 Batasan Penelitian

Adapun Batasan dari penelitian ini yaitu :

1. Parameter yang diteliti pada penelitian ini berfokus pada COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), dan pH.
2. Dalam pemilihan kulit jeruk sebagai biokoagulan tidak ada kriteria tertentu, namun yang harus diperhatikan yaitu kulit buah yang digunakan dalam keadaan baik dan bersih.
3. Variabel dalam penelitian ini meliputi variasi konsentrasi biokoagulan (0,2%, 0,3%, dan 0,4%) serta variasi dosis biokoagulan (5 mL, 10 mL, 15, dan 20 mL) dan dosis 0 mL sebagai sebagai *control*.

جامعة الرانري
AR-RANIRY

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah Rumah Potong Hewan

Rumah Potong Hewan (RPH) merupakan sebuah bangunan atau kompleks bangunan yang dirancang dengan spesifikasi khusus, difungsikan sebagai lokasi pemotongan hewan untuk keperluan konsumsi umum masyarakat (Gading dkk., 2021). Penempatan RPH wajib mematuhi sejumlah ketentuan, yakni tidak boleh menyebabkan gangguan atau kontaminasi terhadap lingkungan sekitar, serta harus memiliki akses yang mampu terhadap sumber air bersih guna mendukung proses pemotongan hewan serta aktivitas pembersihan dan desinfeksi. Setiap kabupaten atau kota diwajibkan memiliki RPH yang sesuai dengan standar teknis yang telah ditetapkan oleh Menteri Pertanian. Dalam upaya menyediakan daging yang Aman, Sehat, Utuh, dan Halal (ASUH), RPH harus memenuhi persyaratan teknis yang mencakup aspek fisik seperti bangunan dan peralatan, sumber daya manusia, serta prosedur teknis operasionalnya (Lubis dkk., 2020).

Selama proses operasionalnya, Rumah Potong Hewan (RPH) menghasilkan dua kategori utama residu, yakni limbah berwujud padat dan limbah berwujud cair. Limbah padat umumnya mencakup isi rumen, feses, serta sisa-sisa pakan hijauan. Di sisi lain, limbah cair dari RPH mengandung campuran darah, protein, lemak, dan partikel tersuspensi yang memperkaya kadar bahan organik serta unsur hara. Keberagaman senyawa dan residu terlarut ini menjadikan limbah RPH sebagai sumber pencemar potensial bagi sungai dan badan air penerima lainnya (Sinaga dkk., 2021). Limbah cair yang dihasilkan oleh Rumah Pemotongan Hewan memiliki beban bahan organik yang tinggi, disertai dengan padatan tersuspensi dan material koloid seperti protein, lemak, dan selulosa. Kandungan organik tersebut dapat memicu gangguan ekologis yang serius apabila langsung dialirkan ke perairan tanpa pengelolaan terlebih dahulu. Lebih jauh, limbah RPH-yang meliputi darah, urin, tinja, isi rumen, potongan daging, lemak, serta air bekas pencucian-menyediakan lingkungan yang subur bagi pertumbuhan mikroorganisme. Kondisi ini pada akhirnya turut mempermudah jalur penularan agen penyakit ke lingkungan sekitar (Arifani & Ali, 2019).

Efluen yang berasal dari kegiatan operasional Rumah Potong Hewan (RPH) tergolong sebagai limbah cair dengan karakteristik yang kompleks. Kondisi ini tidak hanya berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap kelestarian ekosistem, tetapi juga dapat menyediakan media yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme patogen. Tingginya risiko ekologis ini dipicu oleh tingkat kontaminasi dalam air buangannya yang mencatatkan konsentrasi cemaran jauh melampaui beban polutan limbah cair domestik konvensional. Secara komposisi materialnya, limbah cair yang dihasilkan oleh fasilitas tersebut terdiri atas sekitar 45% fraksi organik terlarut dan 55% padatan tersuspensi dari total padatan yang dapat disaring. Adapun sumber utama pencemar dalam efluen tersebut berasal dari darah dan feses yang terbawa saat proses penyembelihan ternak serta kegiatan sanitasi area kerja. Secara kuantitatif, residu darah yang dihasilkan dari proses pemotongan dapat meningkatkan beban *Chemical Oxygen Demand* (COD) hingga mencapai 218.300 mg/L, sedangkan limbah padat yang berasal dari isi saluran pencernaan dan rumen memberikan kontribusi cemaran COD sekitar 177.300 mg/L. Selain itu, buangan darah segar juga berperan besar dalam meningkatkan akumulasi padatan tersuspensi di badan air, yang umumnya diikuti oleh peningkatan tajam pada parameter COD maupun *Biochemical Oxygen Demand* (BOD). (Wulandari dkk., 2022).

2.2 Baku Mutu Air Limbah Rumah Potong Hewan

Penumpukan beban pencemar yang terlepas ke badan air penerima maupun terakumulasi pada komponen ekosistem lainnya membawa implikasi yang jauh lebih luas daripada sekadar penurunan kualitas visual lingkungan. Secara ekologis, lonjakan polutan ini berpotensi mendisrupsi proses asimilasi alami perairan yang pada puncaknya menghadirkan ancaman dan risiko serius bagi derajat kesehatan manusia, terutama bagi masyarakat yang kehidupannya bersinggungan erat dengan sumber daya air tersebut. Mengingat krusialnya dampak yang ditimbulkan, keberadaan polutan mutlak untuk dikendalikan melalui sistem pengelolaan yang terukur dan berkelanjutan, guna memastikan bahwa beban limbah yang dilepaskan tidak melampaui daya dukung serta ambang batas aman yang dapat ditoleransi oleh alam. Sebagai wujud instrumen perlindungan lingkungan sekaligus jaminan

kepastian hukum, ketentuan esensial mengenai baku mutu air limbah secara spesifik untuk menaungi efluen yang bersumber dari kegiatan rumah potong hewan telah diatur secara komprehensif dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 sebagaimana tercantum dalam Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Baku Mutu Limbah Rumah Potong Hewan

Parameter	Satuan	Kadar Paling Tinggi
BOD	mg/L	100
COD	mg/L	200
TSS	mg/L	100
Minyak dan Lemak	mg/L	15
NH_3-N	mg/L	25
pH	-	6-9
Volume air limbah paling tinggi untuk sapi, kerbau, dan kuda : 1,5 m^3/ekor/hari Volume air limbah paling tinggi untuk kambing dan domba : 0,15 m^3/ekor/hari Volume air limbah paling tinggi untuk babi : 0,65 m^3/ekor/hari		

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014

2.3 Karakteristik Air Limbah Rumah Potong Hewan

Rumah Potong Hewan (RPH) menghasilkan limbah cair yang berasal dari berbagai aktivitas, seperti pembersihan pemotongan hewan, pembersihan kandang, campuran udara, darah, isi rumen, isi usus, kotoran hewan, serta lemak. Jika limbah ini dialirkan langsung ke badan air, maka dapat memicu terjadinya eutrofikasi, yang pada akhirnya mengancam kelangsungan hidup biota perairan (Kholif dkk., 2022). Operasi RPH tanpa adanya sistem pengolahan air limbah berpotensi menghasilkan limbah cair yang mengandung zat-zat berbahaya bagi lingkungan sekitar (Hidayatullah & Rachmanto, 2024). Berikut ini adalah parameter-parameter yang terdapat dalam Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH), sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk Usaha dan/atau Kegiatan Rumah Potong Hewan (RPH).

1. *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

Parameter *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) merepresentasikan besaran oksigen terlarut yang secara aktif dikonsumsi oleh mikroorganisme guna mendegradasi senyawa organik secara biologis pada lingkungan aerobik. Angka pengujian ini sejatinya tidak menakar akumulasi total materi organik secara mutlak di dalam efluen, melainkan spesifik bertindak sebagai indikator laju konsumsi oksigen selama fase dekomposisi tersebut berlangsung (Andika dkk., 2020).

2. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) mendefinisikan total kebutuhan oksigen yang esensial untuk mendegradasi seluruh material organik di dalam efluen melalui reaksi kimiawi, mencakup senyawa yang mudah terurai hingga fraksi yang paling persisten sekalipun. Lonjakan angka pada indikator ini secara definitif merepresentasikan tingginya akumulasi beban cemaran organik beserta masifnya populasi mikroba yang mendominasi suatu perairan (Wulandari dkk., 2022).

3. *Total Suspended Solid* (TSS)

Parameter *Total Suspended Solid* (TSS) merujuk pada akumulasi material tak larut yang secara persisten melayang di dalam air, di mana fraksi berdimensi lebih besar dari fase koloid ini secara mekanis tertahan oleh membran penyaring berukuran maksimal 2 μm. Karakteristik padatan tersuspensi tersebut mencakup beragam entitas partikulat yang profil berat dan ukurannya berada di bawah ambang batas material sedimen yang mampu mengendap (Devy & Haryanto, 2021).

4. Amonia (NH_3-N)

Sebagai senyawa kimia dengan rumus NH_3, amonia kerap dijadikan penanda pencemaran udara karena karakteristik baunya yang tajam. Gas ini tidak berwarna dan umumnya dihasilkan dari aktivitas mikroba dalam proses industri maupun dari limbah rumah tangga. Dalam kondisi pH rendah, amonia (NH_3) akan berubah menjadi bentuk ionnya, yakni amonium (NH_4^+). Di lingkungan perairan, keberadaan amonia bersumber dari urin, feses, serta proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme, baik yang berasal dari alam maupun dari limbah industri dan domestik. Senyawa ini bersifat toksik dan dapat mengganggu kelangsungan hidup organisme akuatik (Widyayanti dkk., 2023).

5. Minyak dan Lemak

Senyawa lipid seperti minyak dan lemak tergolong sebagai polutan perairan yang menuntut pengendalian ketat terkait ambang batas pelepasannya. Mengingat massa jenisnya yang lebih rendah dibandingkan air, material ini secara alamiah akan mengapung dan menciptakan lapisan film yang mengisolasi permukaan badan air. Keberadaan lapisan penutup tersebut secara nyata mereduksi kadar oksigen terlarut di dalam ekosistem akuatik akibat terhalangnya mekanisme

difusi gas dari atmosfer. Di samping itu, terblokirnya intensitas pancaran cahaya matahari menuju zona bawah air akan memicu disrupsi fatal terhadap produktivitas primer dan keseimbangan jaring-jaring makanan. Ditambah lagi, karakteristik struktural minyak dan lemak yang sangat persisten menjadikannya senyawa yang sukar didegradasi secara biologis oleh komunitas mikroba pengurai (Ulvi & Harmawan, 2022).

6. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau lazim dikenal sebagai pH merupakan parameter fundamental yang difungsikan untuk merepresentasikan tingkat keasaman maupun kebasaan suatu medium pelarut. Secara kuantitatif, nilai parameter ini ditetapkan melalui pembacaan rentang skala numerik yang membentang dari angka 0 sampai dengan 14. Secara prinsip, instrumen pengukuran ini bekerja dengan mendeteksi perbedaan potensial elektrokimia yang terbentuk antara larutan sampel uji yang belum teridentifikasi dan batas membran pada elektroda kaca. (Orlando & Kasoep, 2020). Menjaga stabilitas derajat keasaman pada media perairan menjadi hal yang sangat krusial, mengingat mayoritas vegetasi secara fisiologis menuntut kondisi lingkungan dengan trayek pH spesifik antara 5,5 hingga 6,5. Sebagai indikator umum atas sifat kimiawi suatu efluen, spektrum nilai keasaman dan kebasaan ini secara praktis sering dipetakan dalam jangkauan interval 1 hingga 14. Berdasarkan jenjang konsentrasinya, parameter ukur ini diklasifikasikan secara sistematis ke dalam lima tingkatan utama, yang meliputi fase asam kuat (0-3), asam lemah (4-6), kondisi netral, basa lemah (8-10), hingga basa kuat di kisaran 11-14 (Alviansyah dkk., 2024).

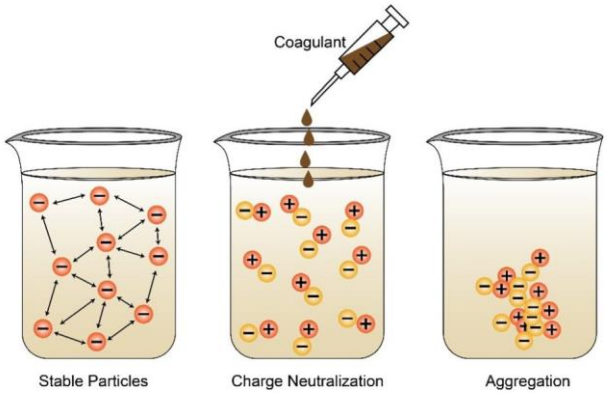
2.4 Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan dengan Metode Koagulasi-Flokulasi

Upaya remediasi efluen cair ini menjadi suatu keharusan agar karakteristik air buangan dapat memenuhi baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan. Di antara berbagai alternatif pengolahan, aplikasi sistem koagulasi-flokulasi merupakan salah satu pendekatan teknis yang paling lazim diadopsi. Implementasi metode ini difokuskan pada eliminasi material tersuspensi, padatan terlarut, hingga beban polutan organik yang mencemari air limbah (Yuniarita dkk., 2022). Secara

spesifik, limbah cair yang bersumber dari operasional rumah potong hewan membawa ancaman degradasi ekologis yang sangat serius. Pelepasan efluen tersebut tanpa pengolahan berisiko memicu defisit oksigen terlarut pada perairan penerima, intrusi kontaminan ke sistem air tanah, sekaligus menghadirkan ancaman sanitasi dan kesehatan bagi komunitas di sekitarnya (Herman dkk., 2023).

Koagulasi merupakan proses penambahan bahan kimia ke dalam air yang memicu pemisahan partikel. Partikel dalam sumber air umumnya berada dalam kondisi stabil. Tujuan utama penerapan proses koagulasi adalah untuk mendestabilisasi partikel tersebut dan memungkinkan mereka melekat pada partikel lain, sehingga dapat dihilangkan pada tahap berikutnya. Selain itu, koagulan berperan sebagai media penggumpalan bahan dalam air limbah, yang kemudian membentuk flok yang mudah dipisahkan dan diendapkan (Ekoputri dkk., 2024).

Flokulasi pada dasarnya merupakan mekanisme penjernihan air yang bekerja dengan cara mengagregasi partikel-partikel koloid tersuspensi menjadi gumpalan bermassa lebih besar. Keberhasilan fase ini sangat bergantung pada dinamika pengadukan lambat, sebuah parameter kritis yang memfasilitasi probabilitas tumbukan antar partikel guna memicu terjadinya proses aglomerasi. Intensitas pengadukan tersebut wajib dikontrol secara presisi, mengingat struktur flok makroskopis yang telah terbentuk memiliki kerentanan tinggi untuk terdispersi kembali apabila terpapar gaya geser dari putaran agitator yang terlalu cepat. Dalam praktiknya, agen pengikat yang diaplikasikan pada rangkaian sistem koagulasi-flokulasi ini secara umum diklasifikasikan ke dalam dua golongan utama, yakni bahan kimia sintetik dan material organik alami (Yuniarita dkk., 2022).



Gambar 2. 1 Mekanisme Proses Koagulasi dan Flokulasi

Sumber : REDA Water

2.5 Biokoagulan

Dalam proses koagulasi, penambahan koagulan berupa zat kimia ke dalam air merupakan langkah krusial untuk mengendapkan partikel koloid yang sulit dihilangkan secara efisien. Hal ini dicapai melalui mekanisme pengadukan cepat yang mendestabilisasi partikel tersebut. Oleh karena itu, pemilihan koagulan menjadi faktor penting yang perlu dievaluasi dengan teliti selama pengolahan air. Koagulan kimiawi yang umum digunakan meliputi aluminium sulfat dan feri klorida. Namun, residu kimiawi yang tersisa sering kali menimbulkan risiko terhadap kesehatan dan lingkungan. Dengan demikian, penting untuk mengeksplorasi bahan-bahan alami yang berkelanjutan dan memiliki potensi besar sebagai alternatif koagulan, seperti biokoagulan dari tanaman (Fitrah dkk., 2025).

Biokoagulan melibatkan pemanfaatan bahan-bahan alami sebagai pengganti koagulan sintetik seperti tawas, yang berasal dari biji-bijian tanaman pangan atau cangkang organisme hewan, dengan tujuan mengurangi kekeruhan air. Penggunaan koagulan alami bukanlah hal baru, karena telah diterapkan oleh masyarakat dunia sejak puluhan tahun lalu (Risnawati, 2024). Sebagai bahan alami berbasis tumbuhan, kulit jeruk dapat berfungsi sebagai biokoagulan. Berdasarkan komposisinya, kulit jeruk mengandung senyawa aktif seperti tanin dan pektin yang berpotensi sebagai koagulan alami. Penelitian oleh Putri dkk. (2025) menunjukkan bahwa penerapan biokoagulan berbahan dasar kulit jeruk tanpa ekstraksi efektif dalam menurunkan kadar TSS dan COD pada air limbah kantin. Kondisi pH asam (pH 3) terbukti memberikan efisiensi penyisihan terbaik untuk kedua parameter tersebut. Pada pH 3 dengan dosis 2 g/L dan waktu pengendapan 45 menit, diperoleh efisiensi penyisihan TSS sebesar 30,48% dan COD sebesar 29,29%.

Sebagai salah satu kelompok metabolit sekunder turunan fenol, tanin tersebar melimpah pada berbagai organ tumbuhan, mulai dari dedaunan, kulit batang, hingga struktur buah. Ditinjau dari karakteristik strukturalnya, senyawa polifenol ini secara garis besar diklasifikasikan ke dalam dua fraksi utama, yakni tanin terhidrolisis dan tanin terkondensasi. Kelompok tanin terhidrolisis memiliki kecenderungan untuk terdegradasi menjadi asam galat maupun elagat, berbeda dengan varian terkondensasi yang jauh lebih stabil mengingat asal usulnya dari

polimerisasi flavonoid semacam katekin. Berkat keunikan profil kimiawinya tersebut, material organik ini memiliki daya guna yang sangat aplikatif, baik sebagai agen pengikat pada industri penyamakan kulit maupun sebagai biokoagulan dalam sistem pengolahan air limbah. (Aldriansah dkk., 2025).

2.6 Kulit Jeruk

Kulit jeruk mengandung senyawa pektin dan flavonoid. Flavonoid yang ada dalam jeruk serta kulitnya memiliki khasiat sebagai antioksidan, penghambat enzim tirosinase, dan berperan pada tahap akhir jalur oksidatif melanogenesis (Sari dkk., 2022). Klasifikasi buah jeruk menurut Diniya (2021) dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Klasifikasi Buah Jeruk

Tingkatan Takson	Nama Ilmiah
Kerajaan	*Plantae*
Divisi	*Tracheophyta*
Kelas	*Magnoliopsida*
Ordo	*Sapindales*
Famili	*Rutaceae*
Genus	*Citrus*
Spesies	*Citrus x sinensis*

Gambar 2. 2 Kulit Buah Jeruk (*Citrus x sinensis*)
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2026)

2.7 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan metode koagulasi-flokulasi dengan berbagai biokoagulan dan sampel air limbah menunjukkan variasi efektivitas. Ringkasan hasil disajikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu

No	Judul, Nama, Tahun, Jurnal	Metode Penelitian	Hasil
1.	Pembuatan Koagulan Alami dengan Proses Maserasi untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Robiah, dkk. (2026) *Jurnal Teknologi Kimia Mineral*	1. **Bahan** : Biji Alpukat 2. **Jenis Limbah** : Limbah cair industri tahu 3. **Parameter** : pH, kekeruhan, COD, dan TSS 4. **Variabel** : - Waktu maserasi : 60, 72, dan 84 jam - Volume koagulan : 3 mL, 4 mL, 5 mL, dan 6 mL. - Koagulasi (150 rpm selama 5 menit) dan sedimentasi selama 60 menit	Kadar tanin tertinggi pada maserasi 84 jam (6,373 mg/L). Kondisi optimum pada dosis 6 mL mampu menurunkan COD menjadi 221 mg/L dan TSS menjadi 166 mg/L.
2.	Pengaruh Dosis, pH, dan waktu Pengendapan dalam Penyisihan TSS dan COD pada Air Limbah Kantin Menggunakan Biokoagulan Kulit Jeruk Putri, M. A., dkk. (2025) *Jurnal Serambi Engineering*	1. **Bahan** : Kulit Jeruk (*Citrus sinensis*) 2. **Jenis Limbah** : Air limbah kantin 3. **Parameter** : TSS dan COD 4. **Variabel** : - Variasi pH : 3, 5, dan 7 - Variasi Dosis : 1, 2, dan 3 g/L - Waktu pengendapan : 30, 45, dan 60 menit	Kondisi optimum dicapai pada pH 3, dosis 2 g/L, dan waktu pengendapan 45 menit. Efisiensi penyisihan TSS sebesar 30,48% dan COD sebesar 29,29%

3.	Biokoagulan dari Daun Mangrove sebagai Koagulan Limbah Cair Industri Tahu Aldriansah, A. N., dkk. (2025) *Jurnal Fisika Unand*	1. **Bahan** : Daun Mangrove 2. **Jenis Limbah** : Limbah cair industri tahu 3. **Parameter** : BOD, COD, TSS, dan pH 4. **Variabel** : - Berat daun : 10, 20, 30, 40, dan 50 gram - Waktu sonikasi : 20, 40, 60, 80, dan 100 menit	Kadar tanin tertinggi 10,78% pada berat 50 gram dan sonikasi 100 menit. Menurunkan BOD 24,7%, COD 29,1%, namun meningkatkan TSS sebesar 49,3%.
4.	Pemanfaatan Biji Pepaya Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan Kadar Pencemar Pada Limbah Cair Batik Dewi, A. B., Chumaidi, & Marsono, B. D. (2025) *Jurnal Enviro (Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan)*	1. **Bahan** : Serbuk biji pepaya (*Carica papaya L.*). 2. **Jenis Limbah** : Limbah cair industri batik 3. **Parameter** : BOD, COD, dan TSS. 4. **Variabel** : - Variasi dosis : 1,5 gram, 3 gram, dan 6 gram - Variasi Pengadukan : pengadukan cepat 100 rpm (1 menit) dan pengadukan lambat 45 rpm (15 menit) - Waktu pengendapan : 60 menit	Dosis optimum adalah 1,5 gram. Persentase penurunan parameter pencemar: 1. BOD: Menurun 87,7% (menjadi 18,91 mg/L). 2. COD: Menurun 89,5% (menjadi 63,04 mg/L). 3. TSS: Menurun 90,8% (menjadi 23,2 mg/L). Penurunan TSS telah memenuhi baku mutu air sungai kelas 3 menurut PP No. 22 Tahun 2021.
5.	Pemanfaatan Pektin dari Limbah Kulit Pisang sebagai Biokoagulan	1. **Bahan** : Pektin kulit pisang kepok 2. **Jenis Limbah** : Limbah Cair Rumah Potong Hewan (RPH) lokal.	Dosis optimum 300 mg/L pada pH 5 mampu menurunkan kekeruhan sebesar 84% dan TSS sebesar 79%.

جامعة الرانري
AR-RANIRY

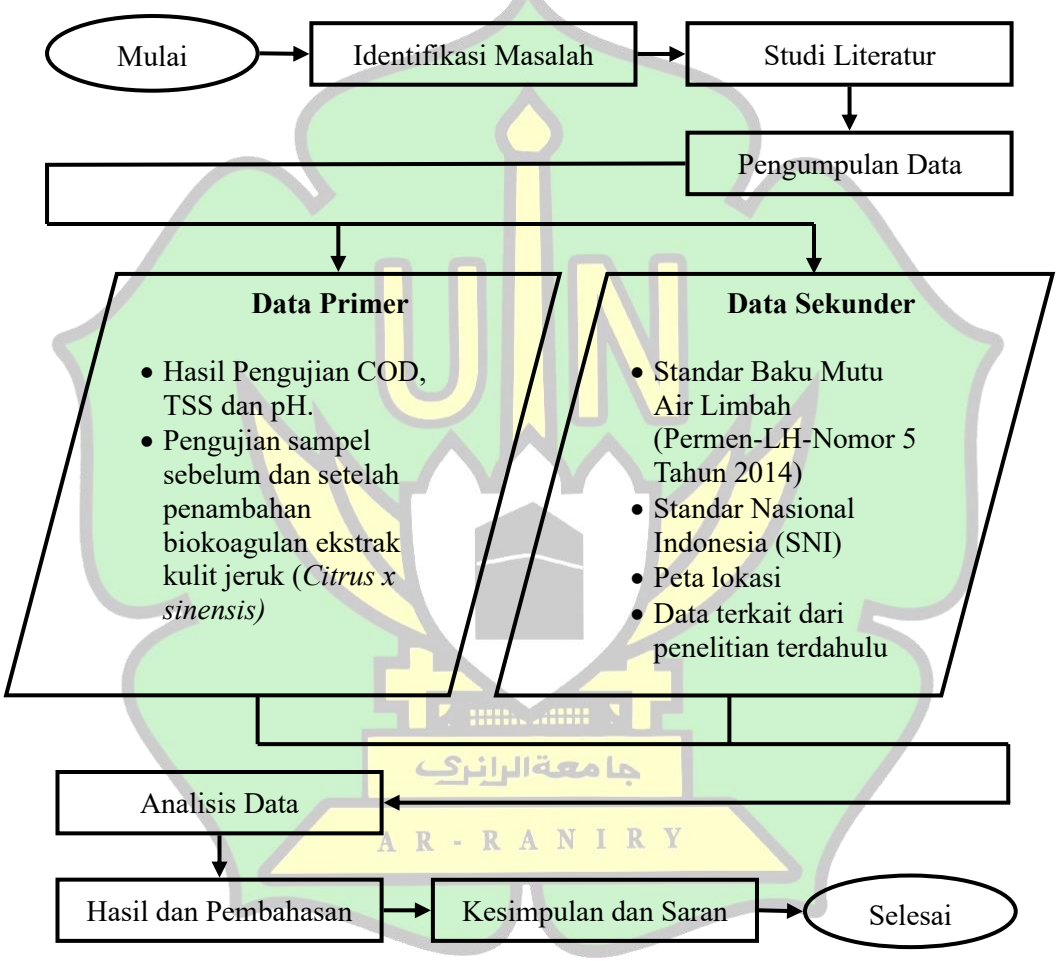
	dalam Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan Ramadhani, A. & Fitriani, S. (2021) *Jurnal Teknik Lingkungan*	3. **Parameter** : Kekeruhan (*turbidity*) dan TSS 4. **Variabel** : - Variabel dosis : 100, 200, 300, 400, dan 500 mg/L - Variasi pH : 5, 6, dan 7	
6.	Pemanfaatan Ekstrak dan Serbuk Kulit Jeruk Bali (Citrus Maxima Merr) untuk Mereduksi Kadar Krom(VI) dan Kadmium(II) pada Limbah Cair Artifisial Bugis, M. F. U., dkk. (2019) *Jurnal Biomedika*	1. **Bahan :** Kulit Jeruk Bali (*Citrus Maxima Merr*) dalam bentuk ekstrak dan serbuk. 2. **Jenis Limbah :** Limbah cair artifisial. 3. **Parameter :** Kadar krom(VI) dan kadmium(II). 4. **Variabel :** - Variasi konsentrasi : 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2%.	Serbuk kulit jeruk bali lebih baik dalam menurunkan kadar logam krom dan logam kadmium pada limbah cair artifisial. Konsentrasi penurunan yang paling optimal pada kadar logam krom(VI) didapatkan dengan konsentrasi 0,5% menggunakan serbuk kulit jeruk bali. Konsentrasi penurunan yang paling optimal pada logam kadmium(II) didapatkan pada konsentrasi 1,5% dengan pemberian serbuk kulit jeruk bali.

جامعة الرانري
AR-RANIRY

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Langkah-langkah penelitian merujuk pada serangkaian proses yang dilakukan dari awal hingga akhir penelitian. Tahapan dan urutan proses penelitian tersebut ditampilkan dalam 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 merupakan langkah awal penelitian yang dilaksanakan melalui pengumpulan informasi secara komprehensif mengenai problematika pengolahan air limbah. Tahapan ini berfungsi

untuk memetakan akar permasalahan dan menetapkan fokus utama penelitian secara tepat.

2. Tahap Studi Literatur merupakan tahapan yang dilakukan melalui penelusuran referensi secara sistematis, meliputi pengkajian jurnal ilmiah, publikasi resmi, dan tesis terkait. Tahapan ini bertujuan untuk memperdalam pemahaman mengenai metodologi serta kerangka penelitian yang relevan dengan topik yang dikaji.
3. Tahap Uji Pendahuluan merupakan analisis awal yang dilakukan terhadap sampel air limbah Rumah Potong Hewan sebelum diberikan perlakuan. Parameter yang diuji meliputi pH, COD, dan TSS. Data hasil pengujian akan digunakan sebagai acuan untuk membandingkan hasil akhir setelah penambahan biokoagulan.
4. Tahap Preparasi Biokoagulan Ekstrak Kulit Jeruk meliputi pengumpulan dan pencucian kulit jeruk hingga bersih, pengeringan melalui penjemuran dan penggunaan oven dengan suhu 50°C selama 16 jam, pengayakan dengan ukuran 100 mesh, maserasi serbuk menggunakan etanol *Pro Analysis* (*p.a*) 96%, serta penyaringan menggunakan *Rotary Evaporator* (RE) untuk menghasilkan ekstrak kental.
5. Tahap Pengambilan Sampel Air Limbah merupakan proses pengambilan sampel dari UPTD RPH Kota Banda Aceh. Sampel diambil dari bak penampungan akhir menggunakan metode grab sampling dan disimpan dalam wadah jerigen berkapasitas 5 liter.
6. Tahap Penambahan Biokoagulan dan Koagulasi-Flokulasi meliputi penambahan ekstrak kulit jeruk dengan variasi konsentrasi 0,2%, 0,3%, dan 0,4% serta dosis 0 mL, 5 mL, 10 mL, 15 mL, dan 20 mL. Proses meliputi pengadukan cepat selama 1 menit, pengadukan lambat selama 30 menit, dan sedimentasi selama 60 menit.
7. Tahap Uji Akhir Sampel merupakan proses analisis ulang terhadap sampel air limbah setelah melalui proses koagulasi dan flokulasi. Parameter yang diukur meliputi COD, TSS, dan pH.

8. Tahap Analisis Data dan Hasil merupakan tahapan yang dilakukan secara sistematis untuk menghasilkan informasi kredibel sebagai dasar penarikan kesimpulan. Analisis meliputi evaluasi pengaruh variasi konsentrasi biokoagulan terhadap efisiensi penurunan parameter COD, TSS, dan pH. Dosis optimum ditentukan melalui kurva hubungan antara dosis yang ditambahkan dengan efektivitas penurunan polutan. Evaluasi akhir mencakup penilaian berdasarkan persentase penurunan limbah dan kesesuaian dengan standar baku mutu.
9. Tahap Penarikan Kesimpulan merupakan tahapan akhir yang merangkum seluruh temuan penelitian untuk menjawab rumusan masalah serta memberikan penjelasan atas hasil yang diperoleh.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel tetap.

1. Variabel bebas (*Independent Variable*), pada penelitian ini ada 2 yang digunakan yaitu variasi dosis (0 mL, 5 mL, 10 mL, 15 mL, dan 20 mL) dan variasi konsentrasi ekstrak yaitu 0,2%, 0,3%, dan 0,4%.
2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*), pada penelitian ini parameter yang diuji yaitu *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), dan Derajat Keasaman (pH).
3. Variabel Tetap (*Control Variable*), pada penelitian ini yang menjadi variabel tetap yaitu Ekstrak Kulit Jeruk (*Citrus x sinensis*), limbah yang digunakan air limbah UPTD RPH Kota Banda Aceh, ukuran ayakan 100 mesh, pengadukan cepat (*Rapid Mixing*) dengan kecepatan 120 rpm selama 1 menit serta pengadukan lambat (*Slow Mixing*) dengan kecepatan 30 rpm selama 30 menit, dan waktu pengendapan (*Sedimentation*) selama 60 menit.

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.3.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Sampel air limbah penelitian ini diperoleh dari UPTD RPH Kota Banda Aceh yang berlokasi di Gampong Pande, Kecamatan Kutaraja, Kota Banda Aceh. Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada gambar 3.2.

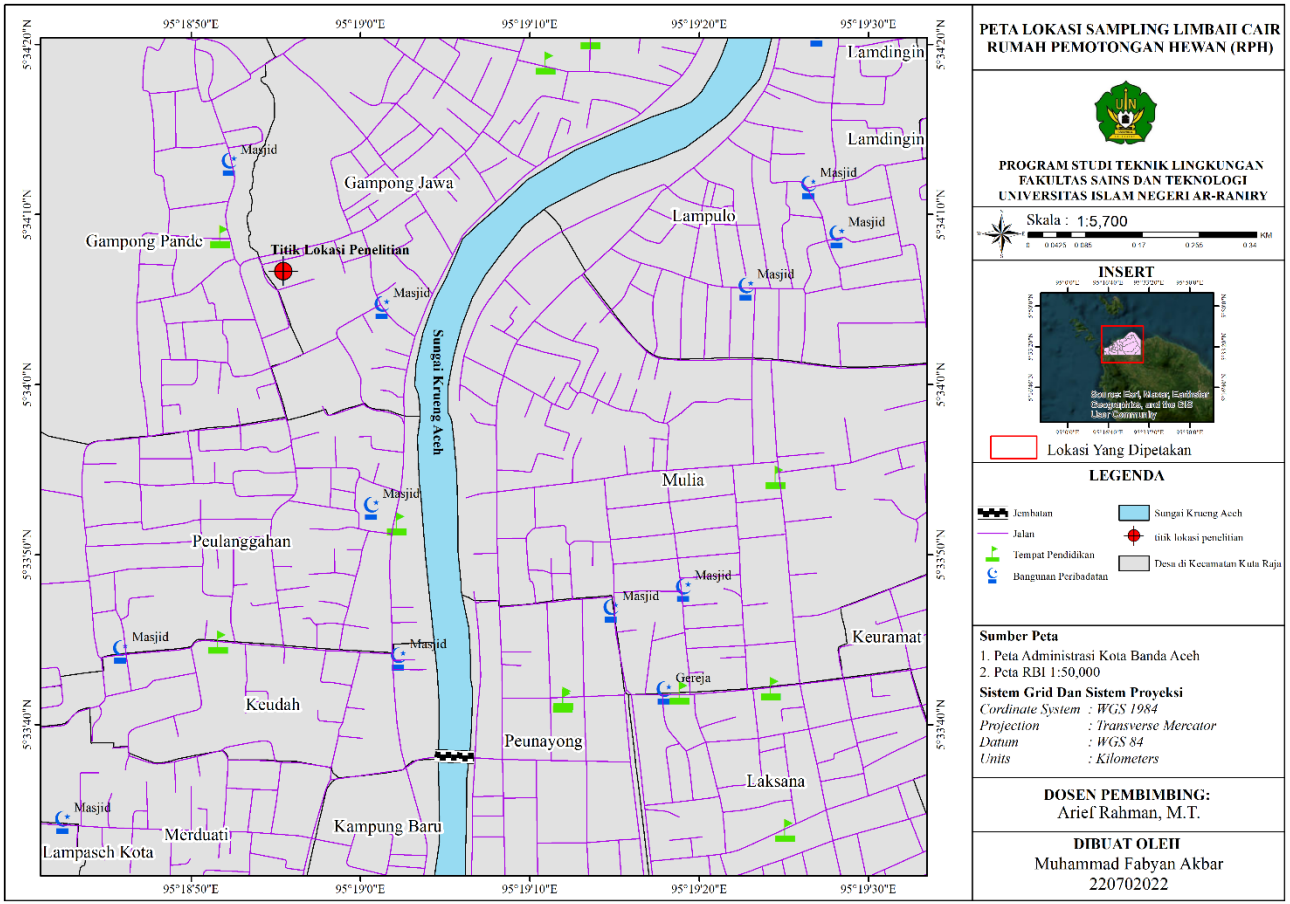
Teknik pengambilan sampel mengacu pada SNI 6989.59:2008 dengan metode grab sampling. Metode ini dipilih untuk menggambarkan kondisi kualitas air limbah pada waktu dan lokasi pengambilan tertentu secara langsung. Pengambilan sampel dilakukan di bak pengendapan menggunakan peralatan yang tidak mempengaruhi kondisi sampel, sehingga keakuratan hasil pengujian tetap terjaga. Secara prosedur, air limbah diambil sekitar 5 liter menggunakan gayung bergagang panjang, kemudian disimpan dalam jerigen steril sebagai wadah penampungan. Seluruh sampel diangkut ke Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh untuk dianalisis parameter COD, TSS, dan pH. Pengujian dilaksanakan dalam dua tahap, yaitu sebelum perlakuan (karakteristik awal) dan sesudah perlakuan dengan metode jar test.

3.3.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini direncanakan dalam kurun waktu April 2026 sampai Juni 2026. Seluruh rangkaian pengujian dan eksperimen dilaksanakan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

3.3.3 Jadwal Penelitian

Jadwal penelitian disusun untuk merencanakan serta mengarahkan jalannya kegiatan penelitian. Jadwal ini berperan sebagai pedoman temporal yang membantu penelitian dalam langkah langkah di setiap tahapan kegiatan, melihat progress secara berkala, dan menjamin bahwa penelitian selesai di waktu yang telah ditentukan. Jadwal rencana penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1.



Gambar 3. 2 Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian

No.	Kegiatan	Jadwal Pelaksanaan Kegiatan																													
		Desember				Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Observasi Awal																																
2.	Pengajuan Judul																																
3.	Penyusunan Pra-Proposal																																
4.	Studi Literatur																																
5.	Penyusunan Proposal																																
6.	Seminar Proposal																																
7.	Revisi Proposal																																
8.	Pengurusan Izin Penelitian																																
9.	Pengurusan Izin Sampling																																
10.	Pengumpulan Data																																
11.	Pengolahan dan Analisis Data																																
12.	Penyusunan Laporan Analisis																																
13.	Sidang Tugas Akhir																																

جامعة الرانري
AR-RANIRY

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat Penelitian

Alat alat yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Alat yang Digunakan pada Proses Penelitian

Nama Alat	Kegunaan
Jar Test	Alat utama simulasi koagulasi dan flokulasi.
Beaker glass	Wadah ekstraksi dan wadah sampel saat *jar test.*
Erlenmeyer	Wadah untuk membuat larutan dan ekstraksi.
Tabung reaksi	Wadah khusus untuk destruksi COD.
stopwatch	Mengukur durasi pengadukan dan pengendapan.
Desikator	Mendinginkan kertas saring TSS sebelum ditimbang.
Timbangan analitik	Menimbang serbuk, kertas saring, dan *reagen.*
Vakum filtrasi	Mempercepat penyaringan pada uji TSS.
Spatula	Mengambil bahan kimia padat atau serbuk.
Ayakan 100 mesh	Menyeragamkan ukuran serbuk kulit.
Gayung tangkai	Mengambil sampel air limbah RPH.
Jerigen	Menampung dan membawa sampel air limbah.
Botol sampel	Menyimpan sampel air limbah untuk analisis.
Blender	Menghaluskan kulit jeruk hingga menjadi serbuk
Pipet volume/ Pipet Ukur	Menambahkan dosis ekstrak.
Penjepit	Memindahkan alat panas (cawan, tabung reaksi).
Gunting	Memotong Kulit Jeruk.
Oven	Mengeringkan Kulit Jeruk dan kertas saring TSS.
Inkubator COD	Memanaskan sampel uji COD.
COD meter	Mengukur konsentrasi COD sampel.
Multiparameter	Mengukur nilai pH sampel.
Magnetic stirrer	Mengaduk ekstrak kulit jeruk
Hot plate	Untuk memanaskan ekstrak kulit jeruk

3.4.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Bahan yang Digunakan pada Proses Penelitian

Bahan	Volume	Satuan
Limbah cair Rumah Potong Hewan	13	Liter
Kulit Jeruk	160	Gram
Aquades	1	Liter
Etanol *Pro Analysis* (*p.a*) 96%	1250	mL

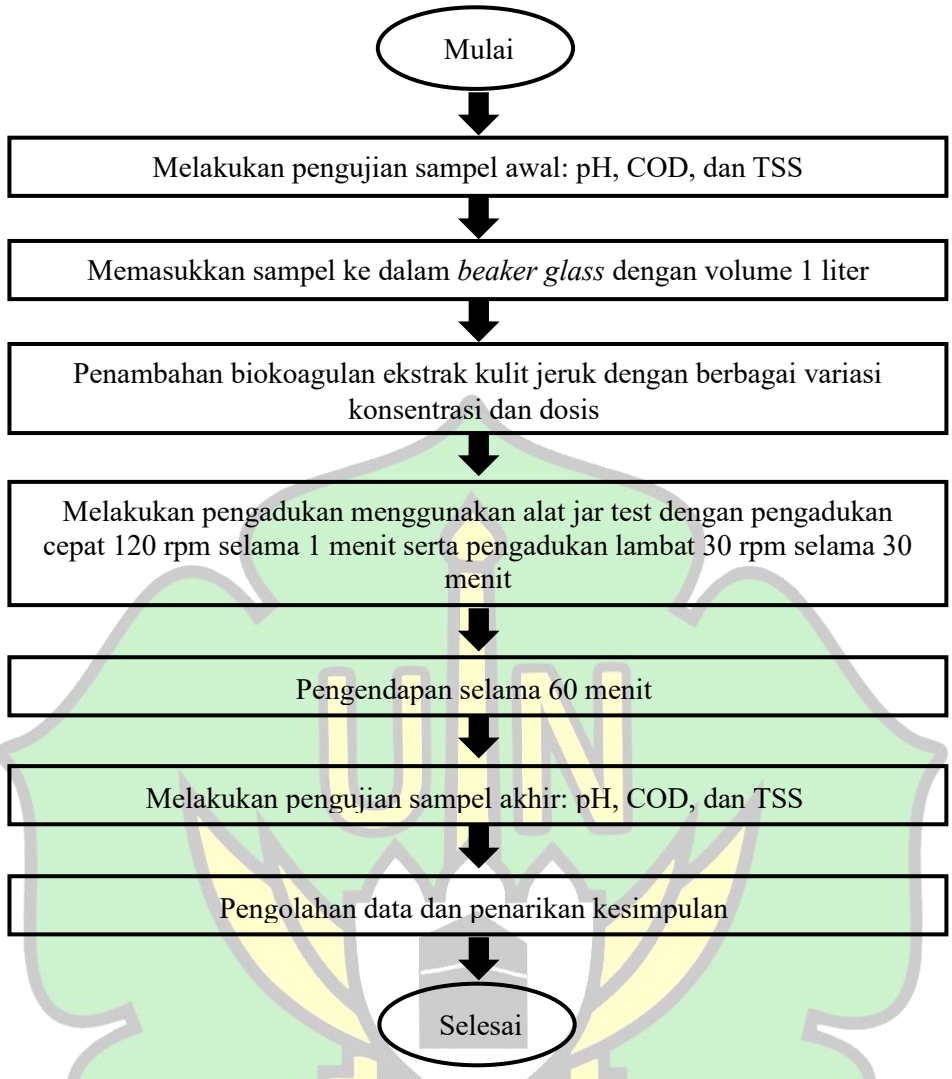
Adapun bahan-bahan yang digunakan untuk menguji parameter pH, COD, dan TSS dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Bahan bahan yang Digunakan pada Pengujian Parameter

Bahan	Volume	Satuan
I. pH		
Larutan penyangga 4	20	mL
Larutan penyangga 7	20	mL
Larutan penyangga 10	20	mL
II. COD		
Larutan kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$)	19	mL
Larutan asam sulfat (H_2SO_4)	45	mL
III. TSS		
Kertas saring Whatman No. 42	13	lembar
Aquades	1.000	mL

3.5 Tahapan Eksperimen

Eksperimen ini diawali dengan proses pengambilan sampel air limbah dari Rumah Potong Hewan (RPH). Selanjutnya, dilakukan preparasi ekstrak biokoagulan yang akan digunakan sebagai agen pengolah. Ekstrak tersebut disiapkan dengan menggunakan beberapa variasi dosis dan konsentrasi untuk mencari hasil yang paling optimal. Proses pengolahan kemudian dilanjutkan melalui pengadukan menggunakan metode *jar test* yang mencakup tahap koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi. Sebagai penutup, dilakukan pengukuran terhadap parameter air limbah hasil olahan yang keseluruhan alurnya diilustrasikan pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Diagram Tahapan Eksperimen

3.6 Uji Pendahuluan

Tahap awal penelitian dilakukan melalui uji pendahuluan untuk mengidentifikasi karakteristik fisik dan kimia air limbah yang bersumber dari UPTD RPH Kota Banda Aceh. Pengujian sampel awal ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Analisis ini bertujuan untuk memperoleh data dasar mengenai kadar pencemar sampel. Data ini diperlukan untuk menjamin seberapa jauh kondisi air limbah tersebut telah melewati standar baku mutu yang berlaku, sekaligus menjadi

parameter pembanding untuk mengukur efektivitas proses pengolahan secara akurat. Data mengenai uji pendahuluan dapat dilihat pada tabel 3.5.

Tabel 3. 5 Hasil Uji Pendahuluan Air Limbah RPH

Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu	Keterangan
pH	-	7,77	6-9	Memenuhi
TSS	mg/L	250	100	Tidak Memenuhi
COD	mg/L	1626	200	Tidak Memenuhi

3.7 Preparasi Biokoagulan Ekstrak Kulit Jeruk

Prosedur persiapan biokoagulan dalam penelitian ini mengikuti metode yang dikembangkan oleh Bugis dkk. (2019) dan Risdayanti dkk. (2024) dengan beberapa modifikasi, yaitu :

a. Proses Pengeringan

1. Sampel kulit jeruk diperoleh dari penjual buah di Kawasan Desa Lambaro, Kecamatan Ingin Jaya, Kabupaten Aceh Besar. Kulit tersebut kemudian dibersihkan dari sisa daging buah, dicuci hingga bersih, lalu dikeringkan.
2. Kulit jeruk dipotong menjadi bagian-bagian kecil dan dikeringkan melalui penjemuran di bawah sinar matahari. Proses pengeringan dilanjutkan menggunakan oven pada suhu 50° C selama 16 jam hingga mencapai tingkat kekeringan yang konstan.

b. Proses Ekstraksi

1. Kulit jeruk yang telah mengering dihaluskan menggunakan mortar alu hingga menjadi bentuk serbuk, kemudian dilakukan pengayakan menggunakan saringan berukuran 100 *mesh*.
2. Sebanyak 160 gram serbuk kulit jeruk ditimbang dan direndam dalam 1250 mL pelarut etanol *Pro Analysis* (*p.a*) 96%, lalu diaduk menggunakan spatula. Proses maserasi dilakukan selama 3 x 24 jam.
3. Filtrat hasil ekstraksi disaring dengan kertas saring, kemudian dilakukan penguapan menggunakan *Rotary Evaporator* (RE) pada suhu 50° C hingga diperoleh ekstrak kulit jeruk.

4. Ekstrak kental ditimbang sebanyak 0,2 gram, 0,3 gram, dan 0,4 gram menggunakan timbangan analitik, lalu dilarutkan ke dalam 100 mL aquades untuk menghasilkan konsentrasi larutan 0,2%, 0,3%, dan 0,4%. Perhitungan konsentrasi ekstrak biokoagulan tersebut didasarkan pada rumus berikut :

$$C = \frac{m}{v}\ x\ 100\%$$

Keterangan :

C = Konsentrasi larutan biokoagulan (%)

m = Massa ekstrak kental kulit jeruk (gram)

v = Volume aquades pelarut (mL)

5. Biokoagulan ini diaplikasikan ke dalam sampel air limbah dengan variasi volume 5 ml, 10 ml, 15 mL, dan 20 mL.
6. Penambahan volume akan terus disesuaikan hingga ditemukan dosis optimum koagulasi.

3.8 Pengujian Koagulasi dan Flokulasi

Pelaksanaan uji koagulasi dan flokulasi dilakukan berdasarkan standar SNI 19-6449-2000 tentang metode koagulasi dan flokulasi menggunakan jar test. Mengingat terdapat total 13 variasi perlakuan (1 sampel *control* dan 12 sampel uji), pengujian dilakukan secara bertahap (*running*) menggunakan perangkat Jar Test berkapasitas 6 pengaduk (*paddle*) dengan kondisi operasional yang konsisten. Tahapan pengujian dijelaskan sebagai berikut :

1. Mempersiapkan gelas kimia (*beaker glass*) bersih berkapasitas 1.000 mL dan diisikan dengan sampel air limbah Rumah Potong Hewan (RPH) sebanyak 1.000 mL.
2. Biokoagulan ekstrak kulit jeruk ditambahkan ke dalam *beaker glass* dengan variasi sebagai berikut :
   a. Variasi Dosis : 0 mL, 5 mL, 10 mL, 15 mL, dan 20 mL.
   b. Variasi Konsentrasi : 0,2%, 0,3%, dan 0,4%.
   c. 1 *beaker glass* dipersiapkan sebagai *control* (tanpa penambahan biokoagulan) berfungsi untuk sebagai pembanding

3. Pengadukan cepat (koagulasi) menggunakan jar test yang dioperasikan pada kecepatan 120 rpm selama 1 menit. Tahapan ini bertujuan untuk mendestabilisasi muatan koloid serta memastikan biokoagulan terdistribusi secara merata di dalam limbah.
4. Setelah pengadukan cepat, kecepatan diturunkan menjadi 30 rpm selama 30 menit. Langkah ini memberikan ruang bagi partikel untuk saling bertumbukan hingga membentuk gumpalan flok yang lebih besar (makroflok).
5. Pengadukan dihentikan dan paddle diangkat dari beaker glass. Sampel didiamkan selama 60 menit untuk membiarkan flok mengendap secara gravitasi ke dasar gelas.
6. Tahapan diatas diulangi secara sistematis hingga seluruh variasi konsentrasi dan dosis selesai diuji.

Data pengujian penelitian koagulasi dan flokulasi dapat dilihat pada tabel 3.6.

Tabel 3. 6 Desain Eksperimen Penelitian

	Konsentrasi Biokoagulan (%)	**Dosis (mL)**	**Pengadukan Cepat**	**Pengadukan Lambat**	**Pengendapan**
Sampel air limbah RPH 1 liter	0,2% 0,3% 0,4%	0 5 10 15 20	120 rpm (selama 1 menit)	30 rpm (selama 30 menit)	60 menit

3.8 Pengujian Parameter

3.8.1 Pengujian COD

Prosedur pengujian COD dilaksanakan dengan mengacu pada standar SNI 6989.2:2019. Tahapan awal dilakukan dengan memasukkan 2,5 mL sampel air limbah ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 1,5 mL larutan $K_2Cr_2O_7$ dan 3,5 mL larutan H_2SO_4, lalu tabung ditutup hingga rapat. Proses destruksi dilakukan menggunakan COD inkubator yang telah dipanaskan hingga suhu 150° C selama kurang lebih 2 jam. Setelah pemanasan selesai, tabung reaksi dikeluarkan dan didinginkan hingga mencapai suhu sekitar 60° C agar siap untuk dianalisis.

Tahap pengukuran dimulai dengan melakukan kalibrasi pada alat COD meter menggunakan aquades hingga alat menunjukkan nilai 0,0 mg/L. Selanjutnya, sampel dihomogenkan melalui pengadukan ringan, lalu dipindahkan ke dalam tabung reaksi untuk dianalisis, dan tabung reaksi ditempatkan pada COD meter. Nilai COD diperoleh dengan menekan tombol *read* pada alat tersebut, dan hasil yang muncul pada layar kemudian dicatat sebagai data pengukuran akhir.

3.8.2 Pengujian TSS

Penentuan kadar padatan tersuspensi total (TSS) dilakukan mengacu pada prosedur standar SNI 6989.3:2019. Tahapan pengujian diawali dengan penyiapan kertas saring Whatman No. 42 berdiameter 48 mm sebagai media penyaring. Kertas saring tersebut terlebih dahulu ditimbang menggunakan neraca analitik untuk memperoleh massa awalnya. Selanjutnya, kertas saring dipasang pada perangkat filtrasi vakum dan dibilas dengan 80 mL akuades guna memastikan kertas merekap sempurna pada permukaan corong. Kertas saring kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 103–105°C selama satu jam, lalu didinginkan didalam desikator berisi silika gel selama lebih kurang 15 menit hingga mencapai suhu ruang yang stabil. Setelah dingin, kertas saring ditimbang kembali untuk mendapatkan massa awal setelah pengeringan.

Tahap berikutnya adalah proses filtrasi sampel air limbah. Sebanyak 80 mL sampel disaring menggunakan kertas saring yang telah melalui tahap persiapan tersebut. Setelah seluruh sampel tersaring, kertas saring yang mengandung residu padatan dikembalikan ke dalam oven pada suhu 103–105°C selama satu jam. Tahap pengeringan ini bertujuan menghilangkan kandungan air yang tersisa. Kertas saring kemudian kembali didinginkan dalam desikator hingga kondisinya stabil, dilanjutkan dengan penimbangan untuk memperoleh massa akhir. Kadar TSS dalam satuan miligram per liter dihitung berdasarkan selisih antara massa kertas saring sesudah dan sebelum penyaringan, sesuai dengan rumus yang tercantum dalam SNI.

$$TSS\ (mg/L) = \frac{(W_1 - W_0)\ x\ 1.000}{v}$$

Keterangan :

W_1 = berat kertas saring + residu kering (mg)

W_0 = berat kertas saring (mg)

v = volume contoh uji (mL)

3.8.3 Pengujian pH

Pengukuran nilai pH dilakukan dengan berpedoman pada standar SNI 6989.11:2019. Prosedur diawali dengan melakukan kalibrasi pada alat pH meter menggunakan minimal dua jenis larutan penyangga (*buffer solution*) yang rentangnya telah disesuaikan dengan pH sampel. Setelah proses kalibrasi selesai, elektroda dibilas menggunakan air suling dan dikeringkan secara perlahan dengan tisu halus untuk memastikan tidak ada larutan yang tertinggal.

Tahap selanjutnya adalah pengukuran sampel, di mana elektroda dicelupkan ke dalam air limbah dan didiamkan hingga angka yang ditampilkan pada layar alat mencapai kondisi stabil. Hasil pembacaan tersebut dicatat sebagai nilai pH sampel. Sebagai langkah akhir, elektroda Kembali dibilas dengan air suling guna menjaga kebersihan sensor agar tetap optimal untuk penggunaan pada pengujian berikutnya.

3.9 Analisis Data

Persentase efektivitas penurunan parameter COD, TSS, dan pH dihitung dengan membandingkan nilai konsentrasi sebelum dan sesudah penambahan biokoagulan ekstrak kulit jeruk. Data yang diperoleh diolah menggunakan persamaan berikut :

$$P\ (\%) = \frac{c\ awal - c\ akhir}{c\ awal}\ x\ 100$$

Keterangan :

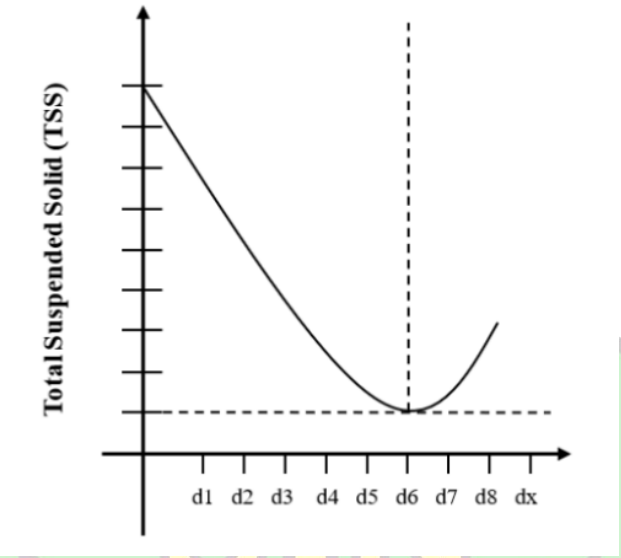
P (%) = Persentase penurunan konsentrasi

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

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

Penelitian ini menerapkan variasi dosis ekstrak kulit jeruk yaitu 5 mL, 10 mL, 15 mL, dan 20 mL dengan ketentuan bahwa dosis akan terus ditambah apabila titik optimum belum ditemukan. Penentuan dosis optimum tersebut dilakukan metode *jar test* yang diikuti dengan analisis parameter air limbah guna mengamati tren pada kurva koagulasi. Secara teknis, efektivitas koagulan dalam menurunkan

kekeruhan bergantung pada kemampuannya mengikat partikel polutan menjadi flok yang lebih besar dan berat sehingga mudah mengendap. Grafik pola kurva koagulasi dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Kurva Pengaruh Penambahan Dosis Biokoagulan terhadap Kadar TSS

Berdasarkan grafik, penurunan kekeruhan *Total Suspended Solid* (TSS) mencapai titik terbaiknya pada dosis d7, terjadi kenaikan kadar *Total Suspended Solid* (TSS) Kembali akibat penggunaan koagulan yang berlebihan (*overdosing*). Hal ini terjadi karena penambahan zat yang melampaui batas jenuh justru menyebabkan partikel yang telah terbentuk pecah Kembali menjadi butiran yang tetap tersuspensi di dalam air, sehingga proses pengendapan menjadi terhambat.

AR-RANIRY

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi Biokoagulan Ekstrak Kulit Jeruk

Sebelum melangkah pada tahap aplikasi pengolahan air, pemahaman yang mendalam terhadap karakteristik biokoagulan menjadi sangat penting. Untuk itu, ekstrak kulit jeruk terlebih dahulu diuji menggunakan instrumen FTIR guna mengkarakterisasi gugus fungsi dari senyawa kulit jeruk. Interpretasi dari hasil pembacaan spektrum FTIR tersebut dapat dicermati pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 Hasil Uji FTIR Biokoagulan Ekstrak Kulit Jeruk

Frekuensi (cm-1)	Gugus Fungsi	Tipe Senyawa	Klasifikasi
3350,86	O-H	Fenol	Polisakarida/Flavonoid
2933,49	C-H	Alkana	Lemak/Minyak atsiri alifatik
1733,13	C=O	Ester	Metil ester/Pektin
1627,80	COO^-	Karboksilat	Garam karboksilat/Pektin
1600,62	C=C	Alkena	Flavonoid/Aromatik fenolik
1513,12	C=C	Alkena	Senyawa aromatik/Flavonoid
1461,53	C-H	Alkana	Lipid/Senyawa alifatik
1365,76	C-H	Alkana	Alkil rantai lurus (minyak atsiri)
1226,30	C-O	Alkohol	Polifenol/Senyawa aromatik hidroksil
1179,47	C-O	Eter	Ikatan glikosidik/Pektin
1015,10	C-O	Alkohol	Karbohidrat/Pektin utama
912,94	C-H	Karbohidrat	Cincin piranosa/Pektin
410,99	C-C	Rangka Karbon	Kerangka molekul minor

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Rizki & Reza (2026), jika terlihat adanya gugus hidroksil, gugus ester dan karbon siklik serta gugus fungsi pendukung lainnya dalam sampel kulit jeruk. Untuk gugus fungsi dari senyawa pektin terlihat pada bilangan gelombang 1733,13, hal ini menandakan terdapat senyawa pektin di dalam ekstrak kulit jeruk yang digunakan. Sesuai dengan data pada tabel 4.1, hasil dari karakterisasi FTIR untuk senyawa polisakarida

ditunjukkan oleh serapan lebar gugus O-H fenolik pada frekuensi 3350,86 cm^{-1}. Di sisi lain, eksistensi komponen lipid atau senyawa alifatik dikonfirmasi oleh vibrasi gugus C-H pada frekuensi 2933,49 cm^{-1}. Lebih dari itu, spektrum juga secara spesifik mengidentifikasi gugus-gugus fungsional penyusun rantai pektin, seperti metil ester (C=O) pada 1733,13 cm^{-1} dan ion karboksilat (COO^-) pada 1627,80 cm^{-1}. Secara kumulatif, pembuktian ini mengonfirmasi bahwa ekstrak kulit jeruk menyimpan kekayaan senyawa bioaktif yang ideal untuk dioptimalkan sebagai biokoagulan alami dalam sistem pengolahan air limbah rumah potong hewan. Namun demikian, sebagai bahan evaluasi, karakterisasi menggunakan instrumen FTIR pada penelitian ini hanya difokuskan pada hasil akhir berupa ekstrak kulit jeruk. Hal ini menjadi salah satu keterbatasan karena belum tersedianya data pengujian pada serbuk kulit jeruk, sehingga perbandingan karakteristik senyawa pektin antara serbuk kulit jeruk sebelum diekstraksi dan sesudah menjadi ekstrak belum dapat dianalisis secara komprehensif.

4.2 Pengaruh Variasi Konsentrasi Ekstrak Kulit Jeruk setelah Tahapan Koagulasi-Flokulasi terhadap Air Limbah Rumah Potong Hewan

Penelitian ini menerapkan proses koagulasi dan flokulasi untuk menurunkan nilai *Total Suspended Solid* (TSS) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada air limbah Rumah Potong Hewan (RPH). Pengolahan dilakukan menggunakan alat flokulator dengan metode *jar test*. Untuk memperoleh dosis optimal, dilakukan pengujian terhadap variasi konsentrasi biokoagulan sebesar 0,2%, 0,3%, dan 0,4%, serta variasi dosis sebesar 0 mL, 5 mL, 10 mL, 15 mL, dan 20 mL. Proses ini meliputi pengadukan cepat (120 rpm selama 1 menit), pengadukan lambat (30 rpm selama 30 menit), dan tahap sedimentasi (pengendapan selama 60 menit).

Sebelum pelaksanaan proses koagulasi-flokulasi, sampel air limbah RPH diuji terlebih dahulu untuk menentukan kondisi awal parameter pH, COD, dan TSS. Nilai-nilai awal tersebut kemudian dibandingkan dengan batas baku mutu yang berlaku untuk Rumah Potong Hewan sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2014. Hasil pengukuran awal disajikan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil Uji Awal Air Limbah Rumah Potong Hewan

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu
1.	COD	mg/L	1.626	200
2.	TSS	mg/L	250	100
3.	pH	-	7,77	6-9

Sumber : PERMEN LH No 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah

Berdasarkan data pada Tabel 4.2, nilai pH awal tercatat 7,77, sehingga masih berada dalam rentang yang diizinkan (6–9). Namun, parameter COD dan TSS melebihi ambang batas yang ditetapkan. Pengukuran menunjukkan COD sebesar 1.626 mg/L dan TSS sebesar 250 mg/L, sementara batas maksimum menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 masing-masing adalah 200 mg/L untuk COD dan 100 mg/L untuk TSS. Kondisi ini menjukkan bahwa air limbah Rumah Potong Hewan di UPTD RPH Kota Banda Aceh belum memenuhi standar untuk pembuangan langsung ke lingkungan. Dengan demikian, perlu dilaksanakan pengolahan terlebih dahulu guna mencegah potensi pencemaran dan melindungi kualitas lingkungan.

Kandungan senyawa organik yang tinggi umum terkandung pada limbah cair pembuangan, seperti limbah rumah potong hewan. Kegiatan RPH membuang limbah cair yang mengandung bahan-bahan padat, lemak, darah, tinja hewan, isi rumen, serta air cucian. Limbah ini dapat menjadi media pertumbuhan mikroorganisme dan mudah mengalami pembusukan. Dalam proses pembusukannya di dalam air, kandungan NH_3 dan H_2S yang tinggi akan menimbulkan bau yang tidak sedap (Butler dkk., 2022). Akibatnya, kadar oksigen terlarut menurun, sehingga kehidupan organisme akuatik menjadi terancam. Senyawa organik yang besar juga menyebabkan permintaan oksigen yang tinggi, memicu timbulnya bau tak sedap, defisit oksigen bagi biota perairan, peningkatan nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada limbah cair, serta keruhnya warna air sebagai indikasi tingginya *Total Suspended Solid* (TSS) (Wulandari dkk., 2022). Air limbah rumah potong hewan (RPH) termasuk kelompok limbah industri yang kaya senyawa organik dan mudah terurai (biodegradable), berasal dari proses pencucian seperti darah, sisa pencernaan, urin, dan kontaminan lainnya. Sebagian besar volume limbah ini bersumber dari pembersihan ruang pemotongan, pembilasan

saluran pencernaan, serta pembersihan kandang, dengan darah sebagai komponen pencemar utama. Dampak tersebut meliputi keberadaan bakteri patogen penyebab penyakit, kenaikan konsentrasi COD, BOD, TSS, minyak dan lemak, perubahan pH, serta peningkatan kadar amonia (NH_3) (Ledoh dkk., 2022).

Setelah uji awal terhadap karakteristik air limbah RPH, prosedur koagulasi flokulasi selanjutnya dilakukan menggunakan metode *jar test* dengan biokoagulan yang berasal dari ekstrak kulit jeruk. Dalam prosedur ini, biokoagulan digunakan dalam tiga konsentrasi pektin yang berbeda, yaitu konsentrasi 0,2%, 0,3%, dan 0,4% yang kemudian dimasukkan ke dalam 1 liter air limbah dalam gelas *beaker*. Setiap konsentrasi diberikan dalam 4 dosis berbeda, yaitu 5 mL, 10 mL, 15 mL, dan 20 mL. Proses koagulasi-flokulasi dimulai dengan pengadukan cepat selama 1 menit pada 120 rpm, kemudian dilanjutkan dengan pengadukan lambat selama 30 menit pada 30 rpm. Setelah pengadukan selesai, sampel dibiarkan mengendap selama 60 menit untuk menyisihkan flok.

Pengujian dilakukan terhadap parameter pH, COD, dan TSS untuk melihat perubahan yang terjadi sesudah perlakuan. Perbandingan nilai parameter sebelum dan setelah pengolahan digunakan sebagai indikator efektivitas ekstrak kulit jeruk dalam menurunkan tingkat pencemaran air limbah.

Tabel 4. 3 Variasi Perlakuan Penelitian

	Konsentrasi Biokoagulan (%)	**Dosis (mL)**	**Pengadukan Cepat**	**Pengadukan Lambat**	**Pengendapan**
Sampel air limbah RPH 1 liter	0,2% 0,3% 0,4%	0 5 10 15 20	120 rpm (selama 1 menit)	30 rpm (selama 30 menit)	60 menit

Limbah dari rumah potong hewan tergolong mudah terdegradasi karena kaya akan bahan organik protein, karbohidrat, lemak, dan mineral yang menjadi substrat bagi pertumbuhan mikroba patogen. Air limbah tersebut dapat meningkatkan kebutuhan oksigen *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD), kadar amonia (NH_3), dan hidrogen sulfida (H_2S), mengubah pH, serta menimbulkan bau tidak sedap seperti belerang dan amonia. Dampak lingkungan dan kesehatan yang dilaporkan termasuk

meningkatnya insiden gangguan pernapasan, diare, demam tifoid, dan malaria pada penduduk di sekitar RPH, serta penurunan kesehatan dan produktivitas pada ternak yang mengkonsumsi air terkontaminasi (Herman dkk., 2023).

4.2.1 Pengaruh Konsentrasi Biokoagulan terhadap Perubahan *Chemical Oxygen Demand* (COD)

COD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi limbah organik di dalam air melalui reaksi kimia (Wismaningtyas, 2019). Nilai COD yang tinggi mencerminkan tingginya beban pencemar yang dapat mengancam keseimbangan dan keberlanjutan ekosistem perairan. Berdasarkan karakterisasi awal yang mengacu pada SNI 6989.2:2019, sampel air limbah menunjukkan nilai COD yang mengkhawatirkan sebesar 1.626 mg/L. Nilai ini jauh melampaui ambang batas lingkungan sebesar 200 mg/L sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri LH Nomor 5 Tahun 2014, sehingga menuntut langkah pengolahan yang efektif.

Sebagai upaya perbaikan kualitas lingkungan, dilakukan tahapan koagulasi-flokulasi menggunakan agen penjernih berbahan dasar alami (biokoagulan) melalui serangkaian uji jar test dengan konsentrasi biokoagulan 0,2%, 0,3%, dan 0,4%. Hasil pengamatan mengungkapkan interaksi kompleks antara material alami tersebut dan karakteristik limbah. Pada kontrol tanpa biokoagulan (dosis 0 mL) terjadi penurunan COD menjadi 677 mg/L, yang sebagian besar merupakan efek pengendapan partikel secara alami.

Namun, penambahan biokoagulan justru menunjukkan respons yang berbeda. Peningkatan dosis dari 5 mL hingga 20 mL cenderung memicu kenaikan nilai COD. Pada konsentrasi 0,2%, nilai COD berfluktuasi antara 1.266 mg/L hingga 1.608 mg/L. Pola serupa tercatat pada konsentrasi 0,3% dengan rentang 1.050 mg/L hingga 1.693 mg/L. Kenaikan paling signifikan terjadi pada konsentrasi 0,4%, di mana dosis 20 mL menghasilkan COD hingga 1.964 mg/L, sebuah angka yang melampaui kadar awal limbah sebelum perlakuan.

Faktor utama yang memicu kenaikan nilai COD secara drastis ini adalah bertambahnya beban polutan organik sekunder dari biokoagulan itu sendiri. Ekstrak kulit jeruk merupakan material organik murni yang kaya akan senyawa hidroksil,

karbohidrat, dan pektin. Ketika pemberian dosis berlebih (*overdosing*), proses pengikatan menjadi tidak optimal sehingga senyawa-senyawa organik dari biokoagulan justru terurai dan melarut ke dalam air limbah. Lepasnya senyawa organik terlarut ini secara langsung meningkatkan kebutuhan oksigen kimiawi (COD) di dalam air.

Penurunan nilai COD pada dosis optimal sejatinya terjadi melalui mekanisme netralisasi muatan (*charge neutralization*) dan adsorpsi, di mana partikel pencemar organik saling terikat menjadi flok dan berhasil diendapkan. Akan tetapi, faktor utama yang memicu kenaikan nilai COD secara drastis pada dosis berlebih adalah munculnya beban polutan organik sekunder (*secondary organic load*) yang bersumber dari biokoagulan itu sendiri. Karena ekstrak kulit jeruk merupakan polimer organik murni yang kaya akan senyawa pektin, karbohidrat, dan gugus hidroksil, penambahan dosis yang melampaui titik jenuh (*overdosing*) justru menyebabkan terurainya senyawa organik biokoagulan yang kemudian melarut ke dalam fasa cair air limbah. Pelarutan polimer alami ini menyumbang beban karbon organik tambahan di dalam air, sehingga secara langsung memicu lonjakan kebutuhan oksigen kimiawi (COD) yang nilainya bahkan melampaui kadar awalnya (Mendrofa dkk., 2025)

Lebih lanjut, karakteristik senyawa aktif berupa gugus hidroksil pada kulit jeruk tidak selalu berkontribusi positif. Sebagaimana diungkapkan oleh Putri dkk. (2025), pada dosis yang tidak tepat, gugus hidroksil justru meningkatkan jumlah muatan negatif dalam larutan. Hal ini menyebabkan pembalikan muatan partikel dan re-stabilisasi flok, sehingga partikel polutan gagal mengendap dan efisiensi penyisihan COD menjadi sangat rendah. Hasil fluktuasi dan penurunan COD setelah perlakuan secara lengkap ditampilkan pada Tabel 4.4.

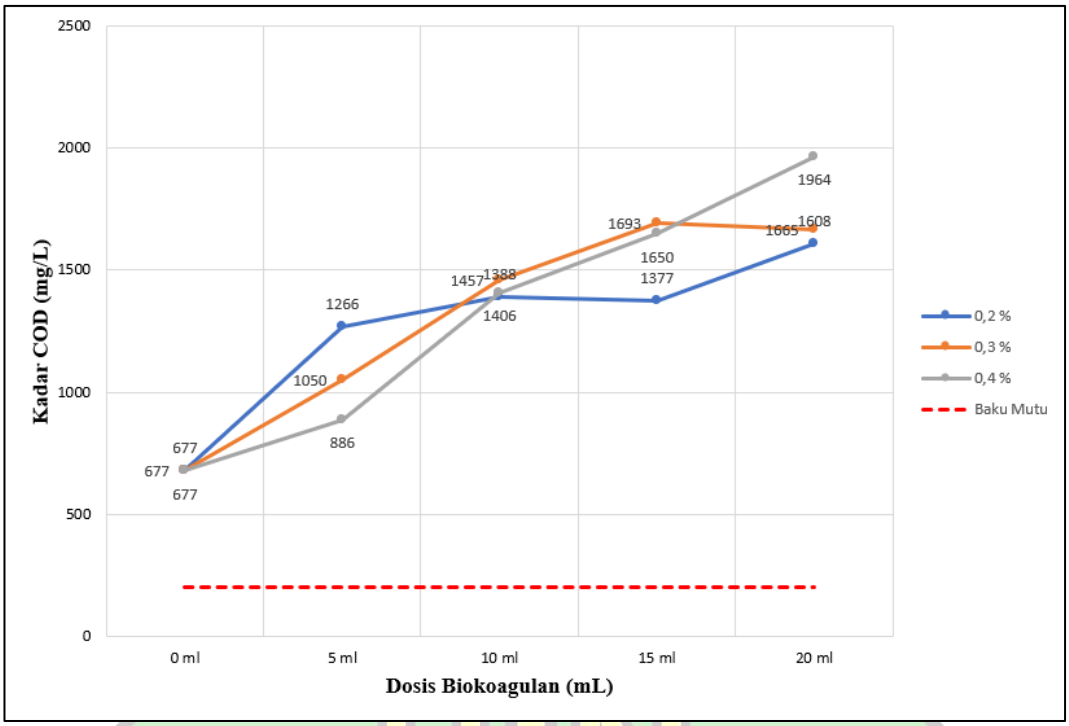
Tabel 4. 4 Pengaruh Variasi Konsentrasi Biokoagulan dan Variasi Dosis terhadap Penurunan Nilai COD pada Air Limbah

Dosis (mL)	Nilai Awal	Konsentrasi 0,2%	Konsentrasi 0,3%	Konsentrasi 0,4%	Baku Mutu
0	1626	677	677	677	200
5		1266	1050	**886**	
10		1388	1457	1406	
15		1377	1693	1650	
20		1608	1665	1964	

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2026

Berdasarkan data pada Tabel 4.4, fluktuasi penurunan kadar COD secara langsung dipengaruhi oleh variasi konsentrasi dan dosis koagulan. Observasi awal menunjukkan sampel dengan kadar COD sebesar 1.626 mg/L mengalami penurunan alami hingga menyentuh 677 mg/L ketika tidak diberikan koagulan atau dosis 0 mL. Akan tetapi, pada konsentrasi 0,2% dan 0,3% memicu peningkatan kadar COD jika disandingkan dengan hasil tanpa koagulan. Pada konsentrasi 0,2%, pemberian dosis 5, 10, 15, dan 20 mL menghasilkan kadar COD secara berturut-turut sebesar 1.266 mg/L, 1.388 mg/L, 1.377 mg/L, dan 1.608 mg/L. Pola yang berulang juga terjadi pada konsentrasi 0,3%, di mana dosis 5, 10, 15, dan 20 mL menghasilkan kenaikan beruntun menjadi 1.050 mg/L, 1.457 mg/L, 1.693 mg/L, dan 1.665 mg/L.

Di sisi lain, perlakuan dengan konsentrasi 0,4% menghadirkan temuan yang spesifik. Kadar COD paling optimum pada konsentrasi ini tercapai di dosis 5 mL dengan capaian 886 mg/L. Sebaliknya, aplikasi dosis maksimum 20 mL pada konsentrasi yang sama justru memberikan hasil yang bertolak belakang, di mana kadar COD melonjak tajam mencapai angka tertinggi pada penelitian ini, yaitu 1.964 mg/L yang menandakan adanya kelebihan dosis (*overdosing*). Menurut Ramadani dkk., 2025, peningkatan dosis koagulan berpengaruh pada proses koagulasi-flokulasi dalam penyisihan *chemical oxygen demand*. Namun, jika kita meningkatkan dosis dan lama waktu pengendapan, hal ini akan memberikan efek yang berlawanan. Hal ini disebabkan oleh peningkatan bahan organik di dalam air dan waktu interaksi antara bahan organik dan mikroorganisme. Bahan-bahan organik ini mengalami proses degradasi oleh organisme yang berdampak negatif pada efisiensi penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD).



Gambar 4. 1 Kurva perbandingan pengaruh variasi konsentrasi dan dosis biokoagulan terhadap penurunan kadar COD.

Pengujian koagulasi flokulasi Gambar 4.1 menunjukkan bahwa COD meningkat seiring kenaikan dosis biokoagulan; kontrol (0 mL) memiliki COD terendah 677 mg/L, sementara kenaikan tertinggi tercatat pada konsentrasi 0,4% dengan dosis 20 mL mencapai 1964 mg/L. Terdapat titik dosis optimum di mana COD 886 mg/L, namun tidak ada perlakuan yang berhasil menurunkan COD hingga memenuhi baku mutu yang berlaku.

Peningkatan persentase efektivitas penurunan pada perlakuan dengan senyawa aktif pektin berbanding terbalik dengan besaran dosis yang ditambahkan. Fenomena ini dapat dijelaskan oleh kontribusi senyawa organik yang larut dari pektin ketika dosisnya meningkat, sehingga menambah beban COD dalam air limbah dan mengurangi efisiensi penghapusan senyawa organik (Mendrofa dkk., 2025). Pada penelitian Mendrofa dkk. (2025), dihasilkan semakin banyak serbuk biji pepaya yang ditambahkan, maka semakin meningkat konsentrasi COD dalam air sampel. Hal ini dikarenakan serbuk biji pepaya merupakan senyawa organik yang tentunya akan meningkatkan kebutuhan oksigen kimia untuk menguraikan bahan organik tambahan dari serbuk biji pepaya sehingga konsentrasi COD menjadi naik (Kumalasari & Widestri, 2026). Pada penambahan dosis 5 mL dengan

konsentrasi 0,4%, kadar COD tercatat sebesar 886 mg/L, menjadikannya titik dengan kenaikan paling minimal dibandingkan perlakuan konsentrasi lainnya. Meskipun nilainya masih lebih tinggi dari kondisi awal 677 mg/L dan jauh dari baku mutu, titik ini dapat dikategorikan sebagai kondisi paling optimal dari seluruh rangkaian uji karena memiliki tingkat *overdosing* organik terendah. Hal ini mengindikasikan bahwa pada volume aplikasi yang rendah, konsentrasi ekstrak yang lebih tinggi 0,4% relatif lebih efektif dalam menahan laju pelarutan polutan sekunder ke dalam air limbah.

4.2.2 Pengaruh Konsentrasi Biokoagulan terhadap Perubahan *Total Suspended Solid* (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) atau total padatan tersuspensi adalah segala macam zat padat dari padatan total yang tertahan pada saringan dengan ukuran partikel maksimal 2,0 µm dan dapat mengendap (Rahayu & JAR, 2019). Limbah cair yang dihasilkan oleh UPTD RPH Kota Banda Aceh pada uji awal memiliki kandungan *Total Suspended Solids* (TSS) sebesar 250 mg/L. Angka ini secara signifikan melampaui ambang batas baku mutu yang diizinkan, yakni 100 mg/L, sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014. Untuk mengurangi kadar TSS, dilakukan pengolahan melalui proses koagulasi-flokulasi dengan metode jar test. Penelitian ini menguji beragam variasi konsentrasi serta dosis biokoagulan. Hasil penurunan TSS pasca perlakuan dapat dilihat secara lengkap pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Pengaruh Variasi Konsentrasi Biokoagulan dan Variasi Dosis terhadap Penurunan Nilai TSS pada Air Limbah

Dosis (mL)	Nilai Awal	Konsentrasi 0,2%	Konsentrasi 0,3%	Konsentrasi 0,4%	Baku Mutu
0	250	90	90	90	100
5		6	3	23	
10		15	5	24	
15		**2**	28	29	
20		6	10	12	

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2026

Berdasarkan hasil pengujian, kadar TSS awal tercatat sebesar 250 mg/L, yang menunjukkan nilai tersebut jauh melebihi baku mutu yang ditetapkan, yaitu 100 mg/L. Pada perlakuan tanpa penambahan biokoagulan atau dosis 0 mL, kadar TSS

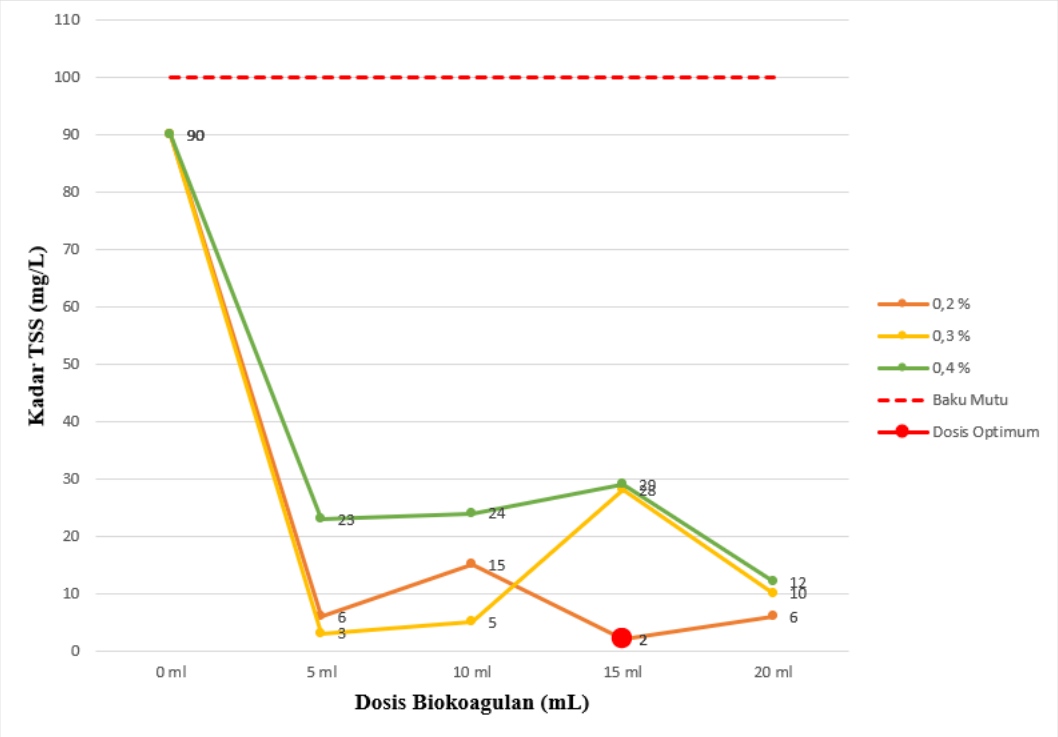
menurun menjadi 90 mg/L. Meskipun angka ini sudah berada sedikit di bawah ambang batas baku mutu, penggunaan biokoagulan tetap menunjukkan efektivitas yang lebih tinggi dalam menurunkan TSS secara signifikan.

Penurunan kadar TSS paling optimal ditemukan pada konsentrasi biokoagulan 0,2%. Pada konsentrasi ini, seluruh variasi dosis mampu menurunkan TSS hingga di bawah 20 mg/L, dengan hasil terbaik diperoleh pada dosis 15 mL yang menghasilkan kadar TSS terendah, yaitu 2 mg/L. Pada konsentrasi yang sama, dosis 5 mL dan 20 mL masing-masing menghasilkan TSS sebesar 6 mg/L, sedangkan dosis 10 mL menghasilkan 15 mg/L. Hasil ini menunjukkan bahwa mekanisme koagulasi dan flokulasi bekerja dengan sangat efektif dalam mengikat serta mengendapkan partikel tersuspensi.

Pada konsentrasi 0,3%, penurunan TSS juga tergolong sangat baik, khususnya pada dosis rendah, yakni 3 mg/L pada dosis 5 mL dan 5 mg/L pada dosis 10 mL. Namun, ketika konsentrasi biokoagulan ditingkatkan menjadi 0,4%, kadar TSS cenderung mengalami sedikit peningkatan, yaitu berada pada rentang 12 mg/L-29 mg/L. Walaupun seluruh hasil tersebut masih jauh dibawah baku mutu, temuan ini memberikan tanda bahwa peningkatan konsentrasi biokoagulan secara berlebihan tidak selalu menghasilkan efisiensi yang lebih baik, dan justru dapat memicu restabilisasi partikel flok.

Konsentrasi biokoagulan dan flokulan berperan penting dalam menghilangkan koloid serta padatan tersuspensi dari air limbah. Hal ini sesuai dengan pektin dalam ekstrak kulit jeruk yang berfungsi sebagai biokoagulan. Pektin tersebut bekerja dengan cara mengikat partikel tersuspensi di dalam air sehingga membentuk gumpalan yang mudah diendapkan. Namun, peningkatan konsentrasi hingga titik tertentu justru meningkatkan kekeruhan dan mengurangi efektivitas penghilangan padatan tersuspensi. Ketika konsentrasi melebihi batas optimum, efisiensi proses menurun. Hal ini disebabkan oleh kelebihan koagulan yang memicu suspensi ulang padatan dan pendispersian partikel kembali ke dalam air (Lucas et al., 2025). Menurut penelitian Risdayanti dkk., 2024, menunjukkan bahwa kulit jeruk efektif menurunkan kadar Total Suspended Solids (TSS) pada limbah air tahu. Efektivitas ini disebabkan kandungan pektin, flavonoid, dan asam sitrat dalam kulit jeruk. Ketiga senyawa tersebut berperan dalam proses koagulasi dan flokulasi

sehingga membantu mengendapkan partikel tersuspensi dalam limbah. Kurva penurunan TSS berdasarkan variasi konsentrasi dan dosis terlihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Kurva perbandingan pengaruh variasi konsentrasi dan dosis biokoagulan terhadap penurunan kadar TSS

Berdasarkan data pada Gambar 4.2, penerapan metode koagulasi-flokulasi dengan biokoagulan terbukti efektif dalam menurunkan kadar *Total Suspended Solids* (TSS) pada air limbah. Seluruh variasi perlakuan berhasil menurunkan nilai TSS hingga jauh di bawah baku mutu yang ditetapkan, yaitu 100 mg/L. Sebagai nilai awal, TSS tanpa penambahan biokoagulan atau pada dosis 0 mL tercatat sebesar 90 mg/L. Efektivitas penurunan TSS paling optimal terjadi pada penggunaan biokoagulan dengan konsentrasi 0,2%. Pada konsentrasi ini, dosis 15 mL menghasilkan kadar TSS terendah, yaitu 2 mg/L, sehingga dapat dikategorikan sebagai dosis optimum. Selain itu, pada konsentrasi 0,3% juga diperoleh hasil yang sangat baik, yakni 3 mg/L pada dosis 5 mL dan 5 mg/L pada dosis 10 mL. Hasil ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi tertentu, biokoagulan mampu bekerja secara efektif dalam mengikat serta mengendapkan partikel tersuspensi.

Sebaliknya, peningkatan konsentrasi biokoagulan hingga 0,4% justru diikuti oleh kenaikan kadar TSS, yang berada pada 12 mg/L hingga 29 mg/L.

Walaupun angka tersebut masih memenuhi baku mutu, kecenderungan ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi tidak selalu sejalan dengan peningkatan efektivitas. Menurut penelitian (Hidayanti & Damajanti, 2022), Penambahan dosis koagulan tidak selalu diikuti oleh penurunan konsentrasi TSS. Pada dosis yang paling tinggi, justru nilai TSS cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan dosis sebelumnya. Kondisi ini diduga terjadi karena partikel-partikel limbah kembali tersuspensi akibat pemberian koagulan dalam konsentrasi yang berlebihan. Konsentrasi yang terlalu tinggi dapat memberikan muatan positif pada permukaan partikel limbah, sehingga menyebabkan partikel tersebut terdispersi kembali. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pengaturan konsentrasi dan dosis biokoagulan sangat menentukan keberhasilan proses penjernihan. Kombinasi konsentrasi 0,2% dengan dosis 15 mL merupakan kondisi paling optimal karena mampu menghasilkan penurunan TSS paling besar tanpa memicu restabilisasi partikel.

Tingginya efektivitas penurunan kadar TSS pada konsentrasi 0,2% didorong oleh mekanisme penjembatan polimer (*polymer bridging*) dan netralisasi muatan. Rantai panjang polimer pektin dari ekstrak kulit jeruk mampu menangkap, mengikat, dan menjembatani partikel-partikel koloid tersuspensi, sehingga membentuk gumpalan (*makroflok*) yang padat dan mudah mengendap secara gravitasi. Sebaliknya, peningkatan kadar TSS pada konsentrasi 0,4% terjadi akibat fenomena restabilisasi partikel (*particle restabilization*). Menurut Hidayanti & Damajanti (2022), pemberian dosis koagulan yang terlampau tinggi akan menyebabkan molekul polimer menyelimuti seluruh permukaan partikel koloid pencemar secara berlebihan. Kondisi jenuh ini memicu munculnya kembali gaya tolak-menolak elektrostatik antar partikel, sehingga flok yang semula terbentuk hancur dan partikel kembali terdispersi (melayang) ke dalam air, yang pada akhirnya menurunkan efisiensi penyisihan padatan tersuspensi.

4.2.3 Pengaruh Konsentrasi Biokoagulan terhadap Perubahan pH

Ukuran konsentrasi ion hidrogen dalam air dinyatakan pada skala 1 sampai 14, dimana pH 7 bersifat netral dan menunjukkan kestabilan kimiawi medium. Nilai di bawah 7 menunjukkan kondisi asam, yang dapat memengaruhi kelarutan zat dan reaksi kimia dalam air. Nilai di atas 7 menunjukkan kondisi basa (alkali), yang juga

berpengaruh terhadap spesies organisme dan proses biologis di perairan. Oleh karena itu, pengukuran pH menjadi parameter penting karena memengaruhi jumlah dan jenis organisme serta sering dipakai sebagai petunjuk untuk menilai baik atau buruknya kualitas suatu perairan (Hulu & Amalia, 2025). Sebelum pengolahan, pH air limbah dari rumah pemotongan hewan di UPTD RPH Kota Banda Aceh tercatat sebesar 7,77, nilai yang masih memenuhi kisaran 6 sampai 9 sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk kegiatan rumah pemotongan hewan. Tabel 4.6 memperlihatkan hasil pengukuran parameter pH yang diperoleh melalui percobaan jar test pada rangkaian proses koagulasi-flokulasi.

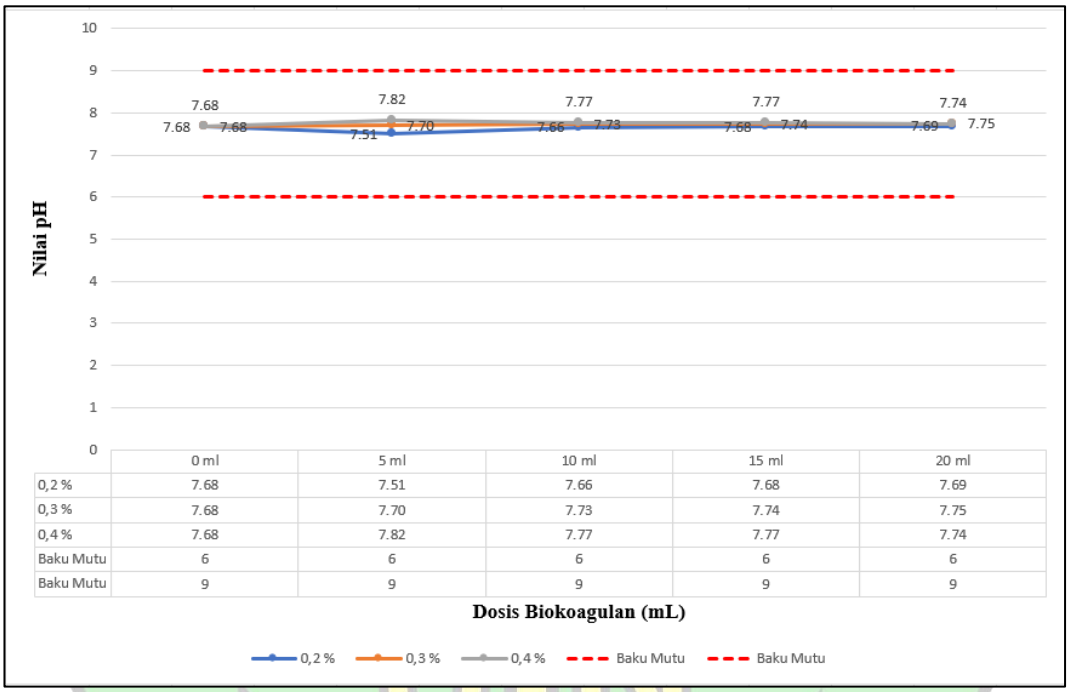
Tabel 4. 6 Pengaruh Variasi Konsentrasi Biokoagulan dan Variasi Dosis terhadap Penurunan Nilai pH pada Air Limbah

Dosis (mL)	Nilai Awal	Konsentrasi 0,2%	Konsentrasi 0,3%	Konsentrasi 0,4%	Baku Mutu
0	7,77	7,68	7,68	7,68	6-9
5		7,51	7,70	7,82	
10		7,66	7,73	7,77	
15		7,68	7,74	7,77	
20		7,69	7,75	7,74	

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2026

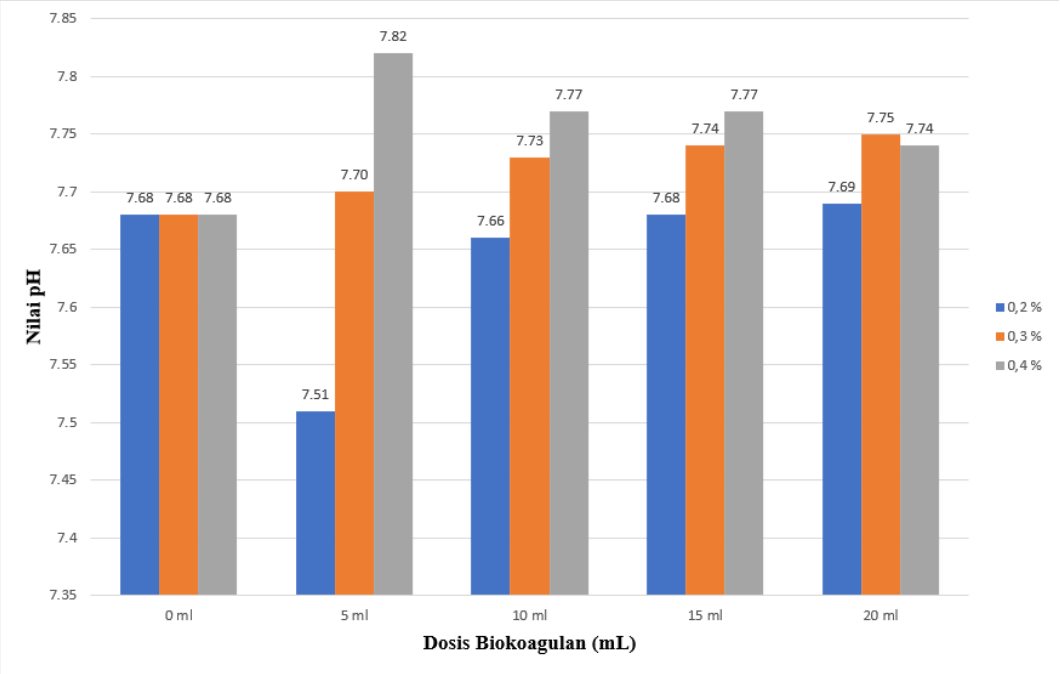
Hasil penelitian memberikan tanda adanya penurunan pH setelah penambahan biokoagulan, yang diuraikan secara rinci pada Tabel 4.6. Pada sampel air limbah dengan pH awal 7,77, pemberian biokoagulan sebanyak 10 mL pada konsentrasi 0,2% menurunkan pH menjadi 7,66, menunjukkan perubahan keasaman yang terukur akibat perlakuan tersebut. Menurut penelitian Ramadani dkk., 2025, Gugus karboksil (-COOH) dan hidroksil (-OH) pada struktur pektin berperan dalam menurunkan efektivitas proses koagulasi-flokulasi. Kelompok hidroksil terutama menghambat kegiatan adsorpsi pada permukaan partikel pencemar serta dalam proses sebagai penghubung antar-polutan dalam air limbah, sehingga memperkuat pembentukan agregat yang mudah diendapkan. Perubahan pH pada sampel air limbah RPH setelah koagulasi-flokulasi, yang dilakukan dengan variasi konsentrasi dan dosis biokoagulan, disajikan dalam Gambar 4.3 dan 4.4.

Kedua gambar tersebut menggambarkan respons perubahan keasaman terhadap kombinasi perlakuan biokoagulan yang diterapkan.



	0 ml	5 ml	10 ml	15 ml	20 ml
0,2 %	7.68	7.51	7.66	7.68	7.69
0,3 %	7.68	7.70	7.73	7.74	7.75
0,4 %	7.68	7.82	7.77	7.77	7.74
Baku Mutu	6	6	6	6	6
Baku Mutu	9	9	9	9	9

Gambar 4. 3 Kurva perbandingan pengaruh variasi konsentrasi dan dosis biokoagulan terhadap penurunan kadar pH



Gambar 4. 4 Grafik perbandingan pengaruh konsentrasi biokoagulan dan variasi dosis terhadap penurunan kadar pH

Berdasarkan Gambar 4.3 dan 4.4, terlihat bahwa penerapan biokoagulan tidak menimbulkan perubahan pH yang signifikan selama proses pengolahan air. Data pengujian menunjukkan kestabilan pH, dengan nilai berkisar antara 7,51 sampai 7,82. Rentang ini tetap memenuhi baku mutu lingkungan yang mensyaratkan pH antara 6 hingga 9. Menurut penelitian Ramadani dkk., 2025, Gugus hidroksil (-OH) membantu proses adsorpsi pada permukaan partikel kontaminan dan menjembatani antar polutan dalam air limbah. Oleh karena itu, mempertahankan pH pada rentang aman sesuai standar kualitas lingkungan merupakan hal penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan kelangsungan hidup organisme perairan. Di samping itu, pengujian variasi konsentrasi biokoagulan ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Nilai konsentrasi absolut dari ekstrak kulit jeruk yang diaplikasikan belum diuji secara kuantitatif menggunakan instrumen spektrofotometer untuk benar-benar memastikan presisi konsentrasinya. Selain itu, rentang variasi konsentrasi dan kelipatan dosis yang digunakan tergolong cukup lebar. Titik optimum yang dihasilkan berpotensi menjadi jauh lebih presisi apabila rentang variasi konsentrasi serta kelipatan dosis biokoagulan tersebut diperkecil pada penelitian selanjutnya.

4.3 Efektivitas Biokoagulan Ekstrak Kulit Jeruk Setelah Proses Koagulasi-Flokulasi Terhadap Air Limbah Rumah Potong Hewan

Efektivitas penggunaan senyawa pektin dari ekstrak kulit jeruk dinilai melalui perubahan parameter kualitas air, yaitu *Total Suspended Solid* (TSS) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Kedua parameter ini berfungsi sebagai indikator keberhasilan pengolahan, TSS menggambarkan jumlah padatan tersuspensi, sedangkan COD mengukur konsentrasi bahan organik yang sulit terurai dalam air limbah. Dengan memvariasikan konsentrasi pektin, dapat ditentukan dosis optimal untuk menurunkan polutan. Dalam hasil saya, ekstrak kulit jeruk menunjukkan penurunan TSS namun justru meningkatkan nilai COD, sehingga perlu evaluasi lebih lanjut terhadap mekanisme kerja dan kemungkinan efek sampingnya sebagai koagulan alami. Dosis koagulan berperan penting dalam menentukan stabilitas partikel koloid di dalam air. Dosis yang terlalu rendah membuat koagulasi tidak berjalan secara efektif, sementara dosis yang berlebih berisiko menyebabkan

restabilisasi partikel sehingga menurunkan efisiensi pengolahan. Oleh karena itu, penentuan dosis koagulan yang optimal menjadi faktor krusial dalam desain dan operasi sistem pengolahan air (Khairati & Sutri, 2025).

4.3.1 Efektivitas Biokoagulan terhadap Penurunan Kadar TSS

Tingkat keberhasilan proses koagulasi-flokulasi dalam mereduksi *Total Suspended Solid* (TSS) pada air limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Kota Banda Aceh sangat dipengaruhi oleh takaran dosis dan konsentrasi biokoagulan yang diaplikasikan. Karakteristik awal limbah ini mencatatkan beban TSS sebesar 250 mg/L, angka yang secara signifikan melampaui ambang batas aman 100 mg/L yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014. Sebagai solusi pengolahan, penggunaan kulit jeruk terbukti secara ilmiah mampu memperbaiki kualitas air tersebut. Berdasarkan penelitian Risdayanti dkk., 2024, kemampuan ini berasal dari kekayaan senyawa bioaktif di dalamnya seperti pektin, limonen, flavonoid, dan asam askorbat yang bertindak sebagai agen pengikat untuk menggumpalkan dan memisahkan partikel polutan yang tersuspensi.

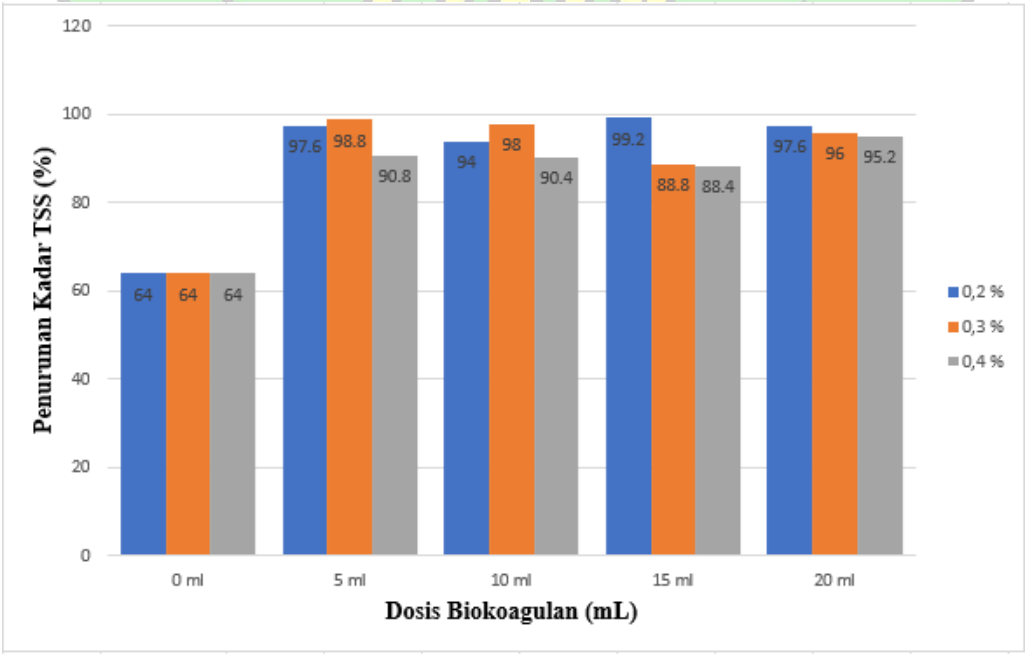
Efektivitas koagulan alami dalam proses pengolahan air ditentukan oleh tiga faktor utama yaitu karakteristik koagulan itu sendiri, sifat fisik-kimia air yang diolah, dan kondisi pencampuran selama proses. Muatan permukaan muncul sebagai parameter pengendali, koagulan bermuatan positif akan memberikan kinerja terbaik terhadap partikel bermuatan negatif demikian pula kebalikannya. Pola muatan ini berasal dari gugus fungsional pada bahan koagulan, sementara berat molekul memainkan peran penting dalam mekanisme penjembatan antar partikel-polimer bermassa molekul tinggi cenderung membentuk flok yang lebih kuat dan stabil. Selain itu, intensitas pengadukan memengaruhi dinamika koagulasi, tahap pengadukan cepat mendorong pembentukan mikroflok, yang selanjutnya dapat tumbuh menjadi agregat yang lebih besar jika diikuti oleh pengadukan yang lebih lambat (Ali dkk., 2025). Gambar 4.5 dan data pada Tabel 4.7 menunjukkan bahwa efektivitas penurunan TSS meningkat seiring peningkatan dosis koagulan hingga mencapai titik jenuh di mana penambahan dosis tidak lagi signifikan. Tabel 4.7 merangkum penurunan TSS pada berbagai dosis dan konsentrasi biokoagulan, sehingga memudahkan identifikasi dosis yang paling efisien untuk limbah RPH Kota Banda Aceh.

Tabel 4. 7 Pengaruh Variasi Dosis dan Konsentrasi Ekstrak Biokoagulan terhadap Penurunan Nilai TSS pada Air Limbah RPH

Dosis (mL)	C0 (mg/L)	K 0,2 %		K 0,3 %		K 0,4 %		Baku Mutu (mg/L)
		Kadar (mg/L)	CE (%)	Kadar (mg/L)	CE (%)	Kadar (mg/L)	CE (%)	
0	250	90	64	90	64	90	64	100
5		6	97.6	3	98.8	23	90.8	
10		15	94	5	98	24	90.4	
15		**2**	**99.2**	28	88.80	29	88.4	
20		6	97.6	10	96.00	12	95.2	

Keterangan :
C0 : nilai kadar awal
K : Konsentrasi 0,2%; 0,3%; 0,4%
CE : Efektivitas

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2026



Gambar 4. 5 Grafik pengaruh penambahan dosis biokoagulan terhadap efektivitas penurunan kadar TSS

Berdasarkan Tabel 4.6 dan Gambar 4.8, efektivitas proses koagulasi-flokulasi terhadap penurunan *Total Suspended Solid* (TSS) bervariasi sesuai kombinasi konsentrasi dan dosis biokoagulan yang diaplikasikan. Pada perlakuan kontrol tanpa biokoagulan (dosis 0 mL), pengendapan dengan gravitasi

menurunkan TSS dari 250 mg/L menjadi 90 mg/L, atau 64% efisiensi. Dosis optimum diperoleh pada konsentrasi 0,2% dengan dosis 15 mL, yang mencapai

efisiensi 99,2% sehingga TSS tersisa hanya 2 mg/L. Konsentrasi 0,3% juga menunjukkan kinerja tinggi dengan efisiensi 98,8% dan 3 mg/L bahkan pada dosis lebih rendah 5 mL. Namun, peningkatan konsentrasi hingga 0,4% menghasilkan pola yang lebih berfluktuasi dan efisiensi sedikit menurun, antara 88,4% dan 95,2%. Secara keseluruhan, penambahan biokoagulan pada berbagai kombinasi konsentrasi dan dosis terbukti efektif dalam mengagregasi partikel tersuspensi, sehingga kualitas air limbah RPH dapat dipertahankan jauh di bawah ambang batas yang ditetapkan.

4.3.2 Efektivitas Biokoagulan terhadap Penurunan Kadar COD

Penggunaan biokoagulan pada proses koagulasi-flokulasi umumnya diharapkan mampu memperbaiki kualitas air limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Kota Banda Aceh. Namun, pada pengujian parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD), data memperlihatkan kecenderungan yang berbeda. Air limbah yang pada awalnya memiliki nilai COD sebesar 1.626 mg/L jauh di atas baku mutu 200 mg/L berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 justru mencatatkan tingkat penyisihan terbaik pada perlakuan murni tanpa koagulan. Pada dosis 0 mL ini, efisiensi penurunan mencapai angka 58,36%. Sebaliknya, pemberian biokoagulan ekstrak kulit jeruk justru memperlemah efektivitas pengolahan. Semakin banyak dosis yang diaplikasikan, performa penyisihan semakin tinggi hingga menyentuh -20,79%. Kondisi ini sejalan dengan temuan Mendrofa dkk., 2025, yang menguraikan bahwa penambahan koagulan organik secara berlebih akan memicu pelarutan senyawa pektin ke dalam air. Bukannya menetralisasi agen kontaminan demi pemulihan perairan, proses pelarutan ini justru menyumbang beban organik sekunder yang memicu lonjakan kembali kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD).

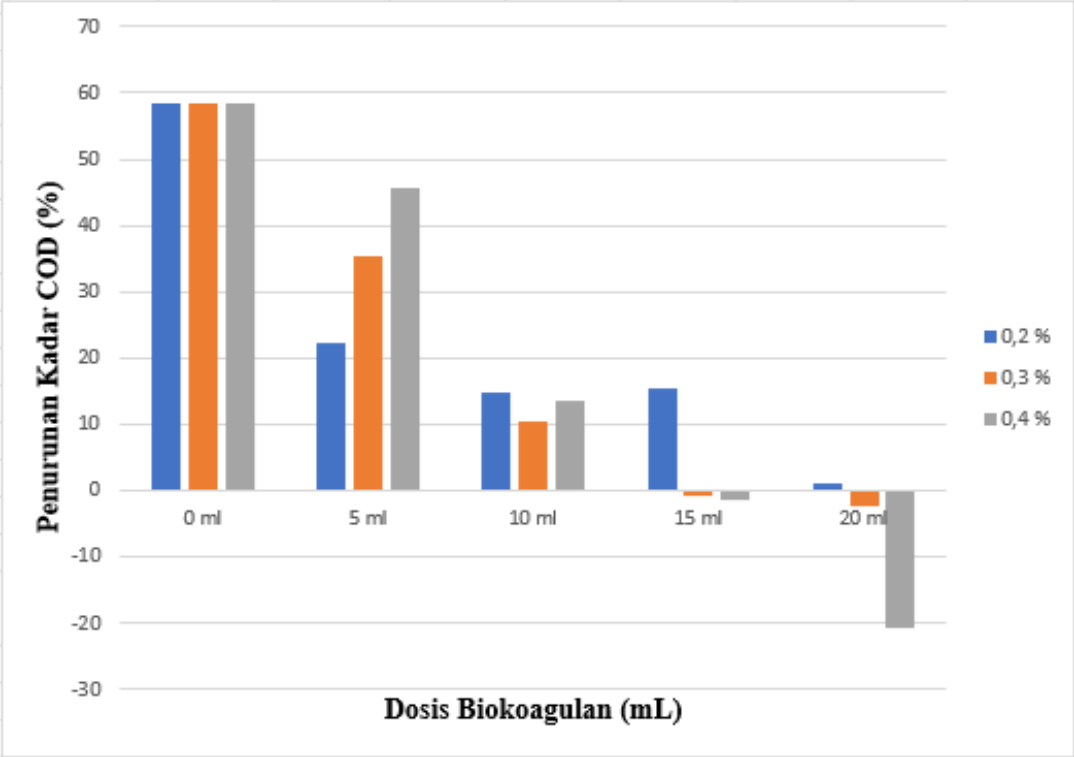
Gambar 4.6 dan Tabel 4.8 memperlihatkan hubungan antara dosis koagulan dan efektivitas penurunan COD, menegaskan pola peningkatan kinerja seiring kenaikan dosis sampai pada titik di mana penambahan lebih lanjut tidak lagi memberikan peningkatan berarti.

Tabel 4. 8 Pengaruh Variasi Dosis dan Konsentrasi Ekstrak Biokoagulan terhadap Penurunan Nilai COD pada Air Limbah RPH

Dosis (mL)	Kadar Awal (mg/L)	K 0,2 %		K 0,3 %		K 0,4 %		Baku Mutu (mg/L)
		Kadar (mg/L)	CE (%)	Kadar (mg/L)	CE (%)	Kadar (mg/L)	CE (%)	
0	1.626	677	58.36	677	58.36	677	58.36	200
5		1266	22.14	1050	35.42	**886**	**45.51**	
10		1388	14.64	1457	10.39	1406	13.53	
15		1377	15.31	1693	-0.80	1650	-1.48	
20		1608	1.11	1665	-2.40	1964	-20.79	

Keterangan :
C0 : nilai kadar awal
K : Konsentrasi 0,2%; 0,3%; 0,4%
CE : Efektivitas

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium, 2026



Gambar 4. 6 Grafik pengaruh penambahan dosis biokoagulan terhadap efektivitas penurunan kadar COD

Berdasarkan Tabel 4.7 dan Gambar 4.9, efektivitas proses koagulasi-flokulasi terhadap penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD) bervariasi sesuai

kombinasi konsentrasi dan dosis biokoagulan yang diaplikasikan. Pada perlakuan kontrol tanpa biokoagulan (dosis 0 mL), pengendapan alami menurunkan COD dari 1.626 mg/L menjadi 677 mg/L, atau 58,36% efisiensi. Kondisi optimum saat menggunakan penambahan biokoagulan hanya diperoleh pada konsentrasi 0,4% dengan dosis 5 mL, yang mencapai efisiensi 45,51% sehingga COD tersisa sebesar 886 mg/L. Konsentrasi 0,2% dan 0,3% menunjukkan kinerja yang lebih rendah dan terus menyusut seiring dengan bertambahnya dosis. Lebih lanjut, peningkatan dosis maksimal hingga 20 mL pada konsentrasi 0,4% menghasilkan pola yang sangat berfluktuasi di mana efisiensi menurun menjadi -20,79%. Secara keseluruhan, penambahan biokoagulan pada berbagai kombinasi konsentrasi dan dosis kurang efektif dalam menyisihkan bahan organik, sehingga kualitas air limbah RPH untuk parameter ini belum mampu berada di bawah ambang batas yang ditetapkan.

Kurang optimalnya efektivitas penyisihan polutan ini juga dipengaruhi oleh keterbatasan pada parameter fisik pengolahan. Penelitian ini hanya menggunakan metode pengadukan konvensional dan belum mengevaluasi pengaruh variasi pola pengadukan, seperti penggunaan jenis pengaduk *paddle*, serta belum menguji berbagai tingkat kecepatan maupun durasi pada tahap pengadukan cepat. Padahal, optimalisasi pada parameter fisik tersebut diyakini dapat memaksimalkan proses pembentukan flok sehingga efektivitas akhir dari koagulasi-flokulasi dapat dicapai.

جامعة الرانري
AR-RANIRY

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian pemanfaatan ekstrak kulit jeruk (*Citrus x sinensis*) sebagai biokoagulan pada air limbah Rumah Potong Hewan (RPH) untuk menjawab rumusan masalah adalah sebagai berikut :

1. Ekstrak kulit jeruk (*Citrus x sinensis*) memiliki kemampuan yang sangat efektif sebagai biokoagulan dalam menurunkan kadar pencemar *Total Suspended Solid* (TSS) dan menstabilkan derajat keasaman (pH), namun belum memadai untuk menurunkan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Biokoagulan ini mampu menurunkan TSS secara optimal hingga tersisa 2 mg/L (efisiensi 99,2%) dan menjaga kestabilan pH pada rentang aman 7,51–7,82. Akan tetapi, kemampuan biokoagulan ini dalam mengolah COD belum mampu memenuhi standar baku mutu lingkungan (200 mg/L), dengan capaian penurunan terbaik hanya menyentuh angka 886 mg/L.
2. Variasi konsentrasi ekstrak kulit jeruk memberikan pengaruh yang berbanding terbalik antara parameter fisik dan kimia. Terhadap parameter TSS, konsentrasi 0,2% (dengan dosis 15 mL) merupakan titik paling optimal. Peningkatan variasi konsentrasi menjadi 0,4% justru memicu restabilisasi partikel yang membuat efisiensi penyisihan TSS sedikit menurun. Terhadap parameter COD, penambahan konsentrasi dan variasi dosis yang lebih tinggi justru memberikan pengaruh negatif, yakni memicu lonjakan kadar COD hingga mencapai 1.964 mg/L akibat adanya tambahan beban organik terlarut dari pektin biokoagulan itu sendiri. Sementara itu, seluruh variasi konsentrasi yang diuji terbukti aman karena tidak memicu fluktuasi ekstrem pada perubahan nilai pH air limbah.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dan keterbatasan penelitian yang telah diuraikan pada bagian pembahasan, berikut adalah beberapa saran yang dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi dan pengembangan untuk penelitian selanjutnya:

1. Disarankan untuk melakukan uji *Fourier Transform Infrared* (FTIR) guna menganalisis kandungan pektin yang terdapat pada serbuk kulit jeruk, serta membandingkan karakteristik pektin antara serbuk kulit jeruk dan ekstrak kulit jeruk.
2. Disarankan untuk melakukan pengujian menggunakan spektrofotometer guna mengetahui dan memastikan nilai konsentrasi dari ekstrak kulit jeruk yang diaplikasikan.
3. Disarankan untuk memperkecil rentang variasi konsentrasi biokoagulan serta kelipatan variasi dosis biokoagulan yang diuji untuk mendapatkan titik optimum yang lebih presisi.
4. Disarankan untuk memvariasikan pola pengadukan, seperti menggunakan pengaduk jenis *paddle*, serta menguji beberapa tingkat kecepatan pengadukan cepat dengan durasi yang berbeda untuk mengoptimalkan proses pembentukan flok.

جامعة الرانري
AR-RANIRY

DAFTAR PUSTAKA

Aldriansah, A. N., Junardokham, A. A. Y. S., Astuti, D. H., & Wahyusi, K. N. (2025). Biokoagulan Dari Daun Mangrove Sebagai Koagulan Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Fisika Unand*, *14*(3), 291–297.

Ali, S. K., Abdou, M. M., Emara, M. M., Farag, R. S., & Mubarak, M. F. (2025a). Eco-Friendly Solutions: A Comprehensive Review Of Natural Coagulants For Sustainable Water Treatment. *Environmental Geochemistry And Health*, *47*(12), 1–26.

Alviansyah, A. R., Musafa, S. A., Az, N., & Fath, N. (2024). Sistem Kendali Derajat Keasaman Dan Kandungan Nutrisi Pada Sistem Nutrient Film Technique Menggunakan Fuzzy Logic Sugeno. *Jurnal Maestro*, *7*(2), 35–46.

Andika, B., Wahyuningsih, P., & Fajri, R. (2020). Penentuan Nilai BOD Dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan. *Quimica: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, *2* (April), 14–22.

Anggraini, D. A., Fahmi, N. F., Putri, D. A., & Hakiki, M. S. (2021). Kebijakan Pemotongan Sapi Di RPH (Rumah Potong Hewan) Dalam Kaitannya Dengan Prinsip Manajemen Halal Dan HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point). *Halal Research Journal*, *1*(1), 20–38.

Arifani, A., & Ali, M. (2019). Biokonversi Bahan Organik Pada Limbah Cair Rumah Menggunakan Microbial Fuel Cell. *Jurnal Envirotek*, *11*(2), 30–37.

Badan Standardisasi Nasional. (2000). *SNI 19-6449-2000 Metode Pengujian Koagulasi-Flokulasi Dengan Cara Jartest*. Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI 6989.59:2008 Air Dan Air Limbah - Bagian 59: Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah*. Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 6989.11:2019 Air Dan Air Limbah - Bagian 11: Cara Uji Derajat Keasaman (pH) Dengan Menggunakan pH*

Meter. 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*. 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*. Badan Standardisasi Nasional.

Bugis, M. F. U., Hidayati, N., & Kresnadipayana, D. (2019). Pemanfaatan Ekstrak Dan Serbuk Kulit Jeruk Bali (Citrus Maxima Merr) Untuk Mereduksi Kadar Krom(VI) Dan Kadmium(II) Pada Limbah Cair Artifisial Utilization Of Grapefruit (Citrus Maxima Merr) Extract And Powder For Reducing Levels. *Jurnal Biomedika*, *12*(2), 251–258.

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 (Journal Of Chemistry)*, *16*(2), 174–181.

Devy, B. L., & Haryanto, A. R. (2021). Pengaruh Beda Potensial Dan Waktu Kontak Terhadap Penurunan Kadar COD Dan TSS Pada Limbah Batik Menggunakan Metode Elektrokagulasi. *Jurnal Teknik Kimia Usu*, *10*(2), 63–69.

Dewi, A. B., Wulandari, C. D., & Setyobudiarso, H. (2021). Pemanfaatan Biji Pepaya Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan Kadar Pencemar Pada Limbah Cair Batik. *Jurnal Enviro Prodi Teknik Lingkungan*, *1*(1), 1–5.

Diniya, I. S. (2021). *Infeksi Penicillium Spp. Pada Buah Jeruk Lemon (Citrus Limon) Dan Jeruk Manis Citrus Sinensis (L. Osbeck) Pascapanen*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Ekoputri, S. F., Rahmatunnissa, A., Nulfaidah, F., Ratnasari, Y., Djaeni, M., & Sari, D. A. (2023). Pengolahan Air Limbah Dengan Metode Koagulasi Flokulasi

AR-RANIRY

Pada Industri Kimia. *Jurnal Serambi Engineering*, *9*(1), 7781–7787.

Ekoputri, S. F., Rahmatunnissa, A., Nulfaidah, F., Ratnasari, Y., Djaeni, M., & Sari, D. A. (2024). Pengolahan Air Limbah Dengan Metode Koagulasi Flokulasi Pada Industri Kimia. *Jurnal Serambi Engineering*, *9*(1), 7781–7787.

Fitrah, M. A., Kasim, S., Saleh, M., & Thohira, M. C. (2025). Biokoagulan Sebagai Teknologi Koagulasi Untuk Pengendalian Kekeruhan Pada Pengolahan Air : Sebuah Tinjauan Sistematis. *Jurnal Sulolipu : Media Komunikasi Sivitas Akademika Dan Masyarakat*, *25*(2).

Gading, B. M. W. T., Respati, A. N., & Suryanto, E. (2021). Studi Kasus: Permasalahan Limbah Di Tempat Pemotongan Hewan (TPH) Amessangeng, Kota Sengkang. *Jurnal Triton*, *12*(1), 68–77.

Herman, Setianto, Y. A., & Sulistyowati, L. (2023). Analisis Pengelolaan Air Limbah Rumah Potong Hewan Dan Dampaknya Terhadap Lingkungan Ditinjau Dari Perspektif One Health (Studi Kasus Pada Uptd Rumah Potong Hewan Jone). *Al Qalam: Jurnal Ilmiah Keagamaan Dan Kemasyarakatan*, *17*(4), 2784.

Hidayanti, S. D. A., & Damajanti, N. (2022). Reduction Of Chemical Oxygen Demand (COD) And Total Suspended Solids (TSS) From Wastewater Of Tapioca Plant Using Aluminium Sulfate And Poly Aluminium Chloride (Pac) As A Coagulant. *Research In Chemical Engineering (Rice)*, *1*(1), 14–21.

Hidayatullah, N. N., & Rachmanto, T. A. (2024). Pengaruh Penerapan Sistem Ipal Terhadap Kulitas Air Buangan Rumah Pemotongan Hewan. *Jurnal Konstruksi: Publikasi Ilmu Teknik, Perencanaan Tata Ruang Dan Teknik Sipil*, *2*(3).

Hulu, I. M. D., & Amalia, A. (2025). *Analysis Of Ph Changes At The Wastewater Treatment Plant After Addition Of Ultilox Effluent*. *9*(2), 301–306.

Kementrian Lingkungan Hidup. (2014). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah* (Nomor 5 Tahun 2014). Kementerian Lingkungan Hidup.

Khairati, M., & Sutri, R. (2025). *Analisis Penentuan Koagulan Dan Dosis Optimum Pada Proses Koagulasi – Flokulasi Dalam Pengolahan Air Analysis Of Coagulant Type And Optimum Dosage In The Coagulation – Flocculation Process For Water*. *22*(1), 27–36.

Kholif, M. A., Rohmah, M., Nurhayati, P. I., Walujo, D. A., & Majid, D. (2022). Penurunan Beban Pencemar Rumah Potong Hewan (RPH) Menggunakan Sistem Biofilter Anaerob. *Jurnal Sains Dan Teknologi Lingkungan*, *14*(72), 100–113.

Kinanti, U., Rahman, A., & Harahap, J. (2023). Pemanfaatan Biji Trembesi (Samanea Saman) Sebagai Koagulan Alami Pada Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH). *Amina*, *5*(2), 63–71.

Kumalasari, V., & Widestri, E. (2026). *Efektivitas Biji Pepaya (Carica Papaya L.) Sebagai Biokoagulan Untuk Menurunkan COD, BOD, Nitrit Pada Air Sungai*. *5*(1), 48–55.

Ledoh, S. M. F., R.T.Dasul, A., D.Ola, P., & Ola, A. R. B. (2022). Penurunan Kadar TSS Dan COD Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan Menggunakan Elektrolisis. *Chemistry Notes*, *4*(2), 56–65.

Lubis, I., Soesilo, T. E. B., & Soemantojo, R. W. (2020). Pengelolaan Air Limbah Rumah Potong Hewan Di RPH X, Kota Bogor, Provinsi Jawa Barat (Wastewater Management Of Slaughterhouse In Slaughterhouse X, Bogor City, West Java Province). *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, *25*(1), 33.

Lucas, M. S., Teixeira, A. R., Jorge, N., & Peres, J. A. (2025a). Industrial Wastewater Treatment By Coagulation–Flocculation And Advanced Oxidation Processes: A Review. *Water (Switzerland)*, *17*(13).

Marfu'ah, S., Fajaroh, F., Romadhona, W. A., & Taufina, D. D. (2020). *Aktivitas Ekstrak Kulit Jeruk Manis Sebagai Antioksidan Dan Toksisitasnya Terhadap Artemia Salina*. *4*(2), 7–14.

Mendrofa, C. A. E., Adzillah, W. N., & Mentari, O. D. N. (2025). Komparasi Efektivitas Pac Dengan Biokoagulan Musa Paradisiaca L. Pada Limbah Cair

Industri Tahu. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, *13*(2), 212–221.

Orlando, M., & Kasoep, W. (2020). Sistem Monitoring Dan Penjernihan Air Berdasarkan Derajat Keasaman (pH) Dan Kekeruhan Pada Bak Penampungan Air Berbasis Internet Of Things. *Chipset*, *1*(01), 17–22.

Pulungan, A. F., & Embun. (2017). Sebagai Biosorben Dalam Menurunkan Kadar Tembaga (Cu) Pada Limbah Cair Industri Elektroplating. *Jifi (Jurnal Ilmiah Farmasi Imelda)*, *1*(1), 10–17.

Putri, M. A., Ali, M., & Sitogasa, P. S. A. (2025). Pengaruh Dosis, Ph, Dan Waktu Pengendapan Dalam Penyisihan TSS Dan COD Pada Air Limbah Kantin Menggunakan Biokoagulan Kulit Jeruk. *Jurnal Serambi Engineering*, *X*(3), 14055–14064.

Putri, R. A., Santjoko, H., Suyanto, A., & Suwerda, B. (2024). Pemanfaatan Limbah Bulu Ayam Sebagai Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Amonia (NH3) Dan Total Suspended Solid (TSS) Limbah Cair Rumah Pemotongan Ayam. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kesehatan Terpadu*, *4*(2), 69–78.

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.

Rahman, M. S., Isnawati, & As, Z. A. (2023). Kemampuan Biokoagulan Kulit Jeruk (Citrus Nobilis) Dan Biji Durian (Durio Zibethinus) Untuk Menurunkan Kekeruhan Air Sungai. *Jurnal Karya Generasi Sehat*, *Menlhk 2017*, 1–11.

Ramadani, T. A., Setiawan, S. D., Astuti, U. P., & Mayangsari, N. E. (2025). Biokoagulan Berbasis Kulit Pisang Kepok Untuk Mereduksi TSS Dan COD. *Metana: Media Komunikasi Rekayasa Proses Dan Teknologi Tepat Guna*, *21*(1), 29–38.

Risdayanti, Arninda, A., & Yusuf, A. A. I. S. (2024). Pengaruh Variasi Koagulan Kulit Jeruk Untuk Menurunkan Total Suspended Solid (TSS) Pada Limbah Air Tahu. *Jurnal Teknologi Kimia Mineral*, *3*(2), 92–96.

Risnawati, J. (2024). *Pemanfaatan Ekstrak Biji Alpukat (Persea Americana Mill)*

Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Air Limbah Industri Tahu. Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Rizki, R. F., & Reza, M. (2026). *Ekstraksi Dan Karakterisasi Pektin Dari Limbah Kulit Jeruk (Citrus Sinensis (L .)) Sebagai Material Potensial Adsorben*. *8*(1), 96–106.

Robiah, Pramito, A. I. A., & Junaidi, R. (2026). Pembuatan Koagulan Alami Dengan Proses Maserasi Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Teknologi Kimia Mineral*, *1*(1), 1–7.

Sari, H. P. K., Rosariawari, F., & Nisa, S. Q. Z. (2025). Optimasi Dosis Koagulan Dan Konsentrasi Pelarut Pada Biokoagulan Biji Asam Jawa Dan Biokoagulan Komersil Dalam Proses Pengolahan Air Limbah Laundry. *Jurnal Serambi Engineering*, *X*(4), 14892–14901.

Sari, W. Y., Yuliastuti, D., & Ulfa, M. (2022). Kandungan Fitokimia Dan Aktivitas Antioksidan Krim Fraksi Etanol Kulit Buah Jeruk Manis (Citrus Sinensis (L.) Osbeck). *Jurnal Farmasi Indonesia*, *19*(1), 69–79.

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.

Suryono, & Rama, B. (2025). Dampak Lingkungan Limbah Rumah Potong Dan Solusi Pengolahan Berbasis Teknologi. *Jurnal Buletin Peternakan Tropis*, *6*(1), 42–50.

Ulvi, S. I., & Harmawan, T. (2022). Analisis Kandungan Minyak Dan Lemak Pada Limbah Outlet Pabrik Kelapa Sawit Di Aceh Tamiang. *Quimica: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, *4*(1), 15–19.

Widyayanti, O. A., Inayah, M. N., Marwati, E., & Pratiwi, M. I. N. (2023). *Deteksi Kadar Amonia (NH3) Pada Air Limbah Domestik Di Rumah Makan Ajibarang Purwokerto*. 1 (*2)*. 1-9.

Wismaningtyas, V. P. (2019). *Pemanfaatan Biji Asam Jawa Sebagai Koagulan Dalam Penjernihan Limbah Cair Di PT. Sinar Sosro Mojokerto*.

AR-RANIRY

Wulandari, D. T., Prihatini, N. S., & Nilawati, R. I. N. (2022). Penyisihan COD Pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan Horizontal Bawah Permukaan Menggunakan Tanaman. *Jurnal Reka Lingkungan*, *10*(2), 125–134.

Yuliani, M., & Asrofani, F. W. (2024). Analisis Daya Dukung Lahan Pertanian Indonesia Pada Bonus Demografi Tahun 2025. *Social Agriculture, Food System, And Environmental Sustainability*, *1*(1), 7–19.

Yuniarita, D. P., Widiyawati, C., & Hanifah, R. N. (2022). Kemampuan Koagulan Kitosan Dalam Penurunan Konsentrasi TSS Dan COD Pengolahan Limbah Cair (Review Jurnal). *Tecnoscienza*, *6*(2).

جامعة الرانري
AR-RANIRY

LAMPIRAN

Lampiran 1 Rumus perhitungan TSS :

$$TSS\ (^{mg}/_{L}) = \frac{(W_1 - W_0)\ x\ 1000}{V}$$

Keterangan :

W_0 = berat kertas saring awal (mg)

W_1 = berat kertas saring + residu kering (mg)

V = volume contoh uji (mL)

1. Sampel Air Limbah RPH sebelum dilakukan perlakuan

Diketahui :

W_0 = 0,2960 gram = 296 mg

W_1 = 0,2710 gram = 271 mg

V = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut :

$$TSS\ (mg/L) = \frac{(296\ mg - 271\ mg)\ x\ 1000}{100\ mL}$$

$$TSS\ (mg/L) = 250\ mg/L$$

2. Sampel Air Limbah RPH setelah perlakuan

a. Konsentrasi 0,2 %

❖ Dosis 0 mL

Diketahui :

W_0 = 0,2570 gram = 257 mg

W_1 = 0,2660 gram = 266 mg

V = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut :

$$TSS\ (mg/L) = \frac{(266\ mg - 257\ mg)\ x\ 1000}{100\ mL}$$

$$TSS\ (mg/L) = 90\ mg/L$$

AR-RANIRY

❖ Dosis 5 mL

Diketahui :

W_0 = 0,2778 gram = 277,8 mg

W_1 = 0,2784 gram = 278,4 mg

V = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut :

$$TSS\ (mg/L) = \frac{(278{,}4\ mg - 277{,}8\ mg)\ x\ 1000}{100\ mL}$$

$$TSS\ (mg/L) = 6\ mg/L$$

❖ Dosis 10 mL

Diketahui :

W_0 = 0,2696 gram = 269,6 mg

W_1 = 0,2711 gram = 271,1 mg

V = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut :

$$TSS\ (mg/L) = \frac{(271{,}1\ mg - 269{,}6\ mg)\ x\ 1000}{100\ mL}$$

$$TSS\ (mg/L) = 15\ mg/L$$

❖ Dosis 15 mL

Diketahui :

W_0 = 0,2757 gram = 275,7 mg

W_1 = 0,2759 gram = 275,9 mg

V = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut :

$$TSS\ (mg/L) = \frac{(2759\ mg - 2757\ mg)\ x\ 1000}{100\ mL}$$

$$TSS\ (mg/L) = 2\ mg/L$$

❖ Dosis 20 mL

جامعة الرانري
AR-RANIRY

Diketahui :

W_0 = 0,2753 gram = 275,3 mg

W_1 = 0,2759 gram = 275,9 mg

V = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut :

$$TSS\ (mg/L) = \frac{(275{,}9\ mg - 275{,}3\ mg)\ x\ 1000}{100\ mL}$$

$$TSS\ (mg/L) = 6\ mg/L$$

b. Konsentrasi 0,3%

❖ Dosis 0 mL

Diketahui :

W_0 = 0,2570 gram = 257 mg

W_1 = 0,2660 gram = 266 mg

V = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut :

$$TSS\ (mg/L) = \frac{(266\ mg - 257\ mg)\ x\ 1000}{100\ mL}$$

$$TSS\ (mg/L) = 90\ mg/L$$

❖ Dosis 5 mL

Diketahui :

W_0 = 0,2682 gram = 268,2 mg

W_1 = 0,2685 gram = 268,5 mg

V = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut :

$$TSS\ (mg/L) = \frac{(268{,}5\ mg - 268{,}2\ mg)\ x\ 1000}{100\ mL}$$

$$TSS\ (mg/L) = 3\ mg/L$$

❖ Dosis 10 mL

Diketahui :

W_0 = 0,2661 gram = 266,1 mg

W_1 = 0,2666 gram = 266,6 mg

V = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut :

$$TSS\ (mg/L) = \frac{(266{,}6\ mg - 266{,}1\ mg)\ x\ 1000}{100\ mL}$$

$$TSS\ (mg/L) = 5\ mg/L$$

❖ Dosis 15 mL

Diketahui :

W_0 = 0,2754 gram = 275,4 mg

W_1 = 0,2782 gram = 278,2 mg

V = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut :

$$TSS\ (mg/L) = \frac{(278{,}2\ mg - 275{,}4\ mg)\ x\ 1000}{100\ mL}$$

$$TSS\ (mg/L) = 28\ mg/L$$

❖ Dosis 20 mL

Diketahui :

W_0 = 0,2745 gram = 274,5 mg

W_1 = 0,2755 gram = 275,5 mg

V = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut :

$$TSS\ (mg/L) = \frac{(275{,}5\ mg - 274{,}5\ mg)\ x\ 1000}{100\ mL}$$

$$TSS\ (mg/L) = 10\ mg/L$$

c. Konsentrasi 0,4%

❖ Dosis 0 mL

Diketahui :

W_0 = 0,2570 gram = 257 mg

W_1 = 0,2660 gram = 266 mg

V = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut :

$$TSS\ (mg/L) = \frac{(266\ mg - 257\ mg)\ x\ 1000}{100\ mL}$$

$$TSS\ (mg/L) = 90\ mg/L$$

❖ Dosis 5 mL

Diketahui :

W_0 = 0,2749 gram = 274,9 mg

W_1 = 0,2772 gram = 277,2 mg

V = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut :

$$TSS\ (mg/L) = \frac{(277{,}2\ mg - 274{,}9\ mg)\ x\ 1000}{100\ mL}$$

$$TSS\ (mg/L) = 23\ mg/L$$

❖ Dosis 10 mL

Diketahui :

W_0 = 0,2674 gram = 267,4 mg

W_1 = 0,2698 gram = 269,8 mg

V = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut :

$$TSS\ (mg/L) = \frac{(269{,}8\ mg - 267{,}4\ mg)\ x\ 1000}{100\ mL}$$

$$TSS\ (mg/L) = 24\ mg/L$$

❖ Dosis 15 mL

Diketahui :

W_0 = 0,2646 gram = 264,6 mg

W_1 = 0,2675 gram = 267,5 mg

V = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut :

$$TSS\ (mg/L) = \frac{(267{,}5\ mg - 264{,}6\ mg)\ x\ 1000}{100\ mL}$$

$$\mathrm{T}SS\ (mg/L) = 29\ mg/L$$

❖ Dosis 20 mL

Diketahui :

W_0 = 0,2815 gram = 281,5 mg

W_1 = 0,2827 gram = 282,7 mg

V = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut :

$$TSS\ (mg/L) = \frac{(282{,}7\ mg - 281{,}5\ mg)\ x\ 1000}{100\ mL}$$

$$\mathrm{T}SS\ (mg/L) = 12\ mg/L$$

جامعة الرانري
AR-RANIRY

Lampiran 2 Perhitungan Efektivitas Pada Dosis Optimum

Rumus perhitungan efektivitas :

$$P\ (\%) = \frac{c\ awal - c\ akhir}{c\ awal}\ x\ 100$$

Keterangan :

P (%) = Persentase penurunan konsetrasi

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

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

❖ COD pada konsentrasi biokoagulan 0,4% dengan dosis 5 mL

Diketahui :

C awal : 1.626 mg/L

C akhir : 886 mg/L

maka,

$$P\ (\%) = \frac{(1.626\ mg/L - 886\ mg/L)}{1.626\ mg/L}\ x\ 100$$

= 45,51%

❖ TSS pada konsentrasi biokoagulan 0,2% dengan dosis 15 mL

Diketahui :

C awal : 250 mg/L

C akhir : 2 mg/L

maka,

$$P\ (\%) = \frac{(250\ mg/L - 2\ mg/L)}{250\ mg/L}\ x\ 100$$

= 99,2%

جامعة الرانري
AR-RANIRY

Lampiran 3 Perhitungan Konsentrasi Ekstrak

$$C = \frac{m}{v}\ x\ 100\%$$

Keterangan :

C = Konsentrasi larutan biokoagulan (%)

m = Massa ekstrak kental kulit jeruk (gram)

v = Volume aquades pelarut (mL)

Diketahui :

m = 0,2 gram

v = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut :

$$C = \frac{0{,}2\ gram}{100\ mL}\ x\ 100\%$$

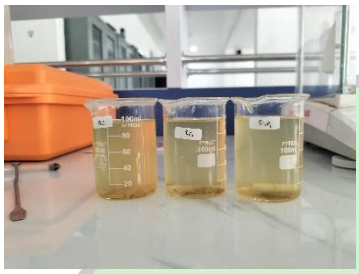
$$C = 0{,}2\ \%$$

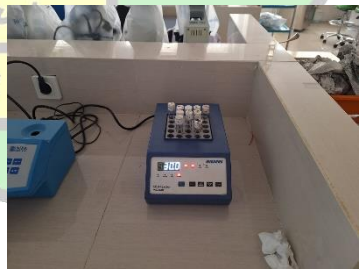
جامعة الرانري
AR-RANIRY

Lampiran 4 Dokumentasi Penelitian

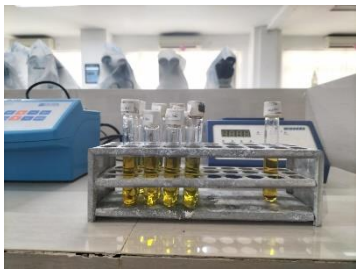
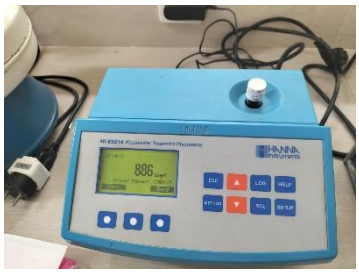
Pengambilan Jeruk di Pasar Lambaro	Pemisahan kulit jeruk dengan daging buah
Pencucian kulit jeruk yang akan digunakan	Penjemuran kulit jeruk yang sudah dicuci
Kulit jeruk ditimbang setelah penjemuran	Kulit jeruk di oven selama 16 jam dengan suhu 50°C untuk menghilangkan kadar air dalam kulit jeruk
Kulit jeruk setelah oven	Kulit jeruk di blender sampai halus menjadi serbuk

Serbuk kulit jeruk di ayak menggunakan *mesh* 100	kulit jeruk di maserasi dengan larutan etanol 96% *p.a*
Proses maserasi selama 3 x 24 jam	Selama tahap maserasi, dilakukan pengadukan secara agar serbuk dan pelarut dapat saling homogen
Kulit jeruk yang telah dimaserasi, kemudian disaring menggunakan vacum filtrasi	Filtrast kulit jeruk setelah penyaringan
Proses rotary evaporator, untuk memisahkan pelarut dengan kulit jeruk	Hasil dari rotary evaporator yaitu kulit jeruk berbentuk pasta/gel

Penimbangan ekstrak kental dengan neraca analitik	Aquades 100 mL
	
Ekstrak kental dilarutkan dengan aquades 100 ml	Pengambilan Sampel di UPTD Rumah Potong Hewan (RPH) Kota Banda Aceh
Proses penambahan ekstrak biokoagulan ke dalam Air Limbah RPH	Pengadukan cepat dengan 120 RPM selama 1 menit
Pengadukan cepat dengan 30 RPM selama 30 menit	Sedimentasi/pengendapan selama 60 menit

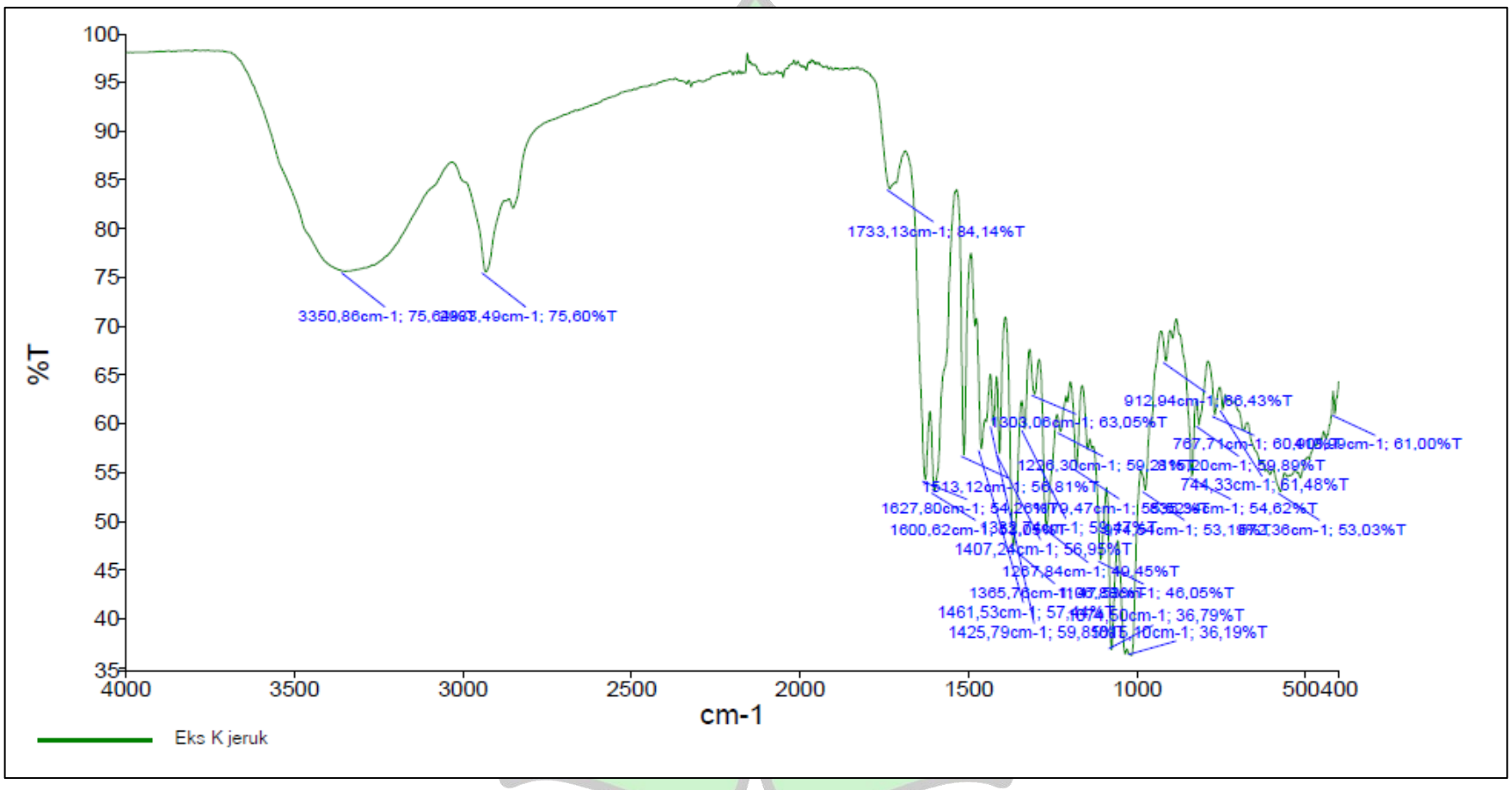
Pengecekan pH pada air limbah setelah pengadukan	Proses penyaringan air limbah dengan vacum filtrasi
Kertas saring dioven dengan suhu 105°C selama 1 jam	Setelah dioven kertas saring di masukkan kedalam desikator
Kertas saring ditimbang dengan neraca analitik	Proses pembuatan larutan untuk pengujian COD
	
Meletakkan tabung reaksi di dalam cod reaktor	Pemanasan cod reaktor dengan suhu 150°C selama 2 jam

جامعة الرانري
AR-RANIRY

	
Tabung reaksi setelah dilakukan pemanasan	Pengukuran nilai COD dengan COD Meter

جامعة الرانري
AR-RANIRY

Lampiran 5 Hasil Grafik FTIR



Lampiran 6 Uji Determinasi Tumbuhan

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SYIAH KUALA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN BIOLOGI
Jalan Syech Abdurrauf Nomor 3, Darussalam, Banda Aceh 23111, Gedung F Lt. 2
Laman: biologi.fmipa.usk.ac.id, Surel: biologi@usk.ac.id

Nomor : 371/UN11.F8.4/TA.00.03/2026 24 Maret 2026
Hal : Determinasi Sampel Herbarium

Yth. Muhammad Fabyan Akbar
Mahasiswa UIN Ar-Raniry
Sains dan Teknologi
Program Studi S-1 Biologi
Banda Aceh

Bersama ini kami sampaikan bahwa telah dilakukan identifikasi tumbuhan **Kulit Jeruk** dengan klasifikasi taksonomi sebagai berikut :

Regnum/Kingdom	: Plantae
Sub Regnum/Sub Kingdom	: Tracheobionta
Super Divisio/Super Division	: Spermatophyta
Divisio/Division	: Magnoliophyta
Classis/Class	: Magnoliopsida
Sub Classis/Sub Class	: Rosidae
Ordo/Order	: Sapindales
Familia/Family	: Rutaceae Juss.
Genus/Genus	: *Citrus* L.
Species/Species	: *Citrus x sinensis* (L.) Osbeck

Staf Pengajar yang mengidentifikasi:
Dr. Saida Rasnovi, S.Si., M.Si (NIP197111131997022002)

Demikian hasil identifikasi ini dibuat untuk dapat digunakan sesuai keperluan.

Mengetahui,
Ketua Departemen Biologi,

Prof. Dr. Lenni Fitri, S.Si., MP
NIP 198207282006042002

Laboratorium Biosistematika
Kepala,

Prof. Dr. Syaukani, S.Si., M.Sc
NIP 197307271997021001