

**KEMAMPUAN KITOSAN CANGKANG KEPITING
(*Scylla serrata*) SEBAGAI KOAGULAN DALAM PENYISIHAN
PARAMETER PENCEMAR PADA AIR LIMBAH RUMAH
POTONG HEWAN (RPH)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

MAUDITYA MELLISA

NIM. 220702015

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



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

LEMBAR PERSETUJUAN

KEMAMPUAN KITOSAN CANGKANG KEPITING (*Scylla serrata*) SEBAGAI KOAGULAN DALAM PENYISIHAN PARAMETER PENCEMAR PADA AIR LIMBAH RUMAH POTONG HEWAN (RPH)

TUGAS AKHIR

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

Diajukan oleh:

MAUDITYA MELLISA

NIM. 220702015

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 7 Juli 2026

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

Arief Rahman, M.T.

NIP. 198903102019031012

Dr. Khairun Nisah, S.T., M.Si.

NIP. 197902162014032000

Mengetahui,

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



Husnawati Yahya, S.Si, M.Sc.

NIP. 198311092014032002

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

KEMAMPUAN KITOSAN CANGKANG KEPITING (*Scylla serrata*) SEBAGAI KOAGULAN DALAM PENYISIHAN PARAMETER PENCEMAR PADA AIR LIMBAH RUMAH POTONG HEWAN (RPH) TUGAS AKHIR

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

Pada Hari/Tanggal : Kamis, 16 Juli 2026
Kamis, 1 Safar 1448 H
di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir

Ketua,

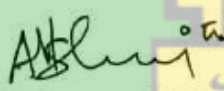
Sekretaris,


Arief Rahman, M.T.
NIDN. 2016038901


Dr. Khairun Nisah, S.T., M.Si.
NIDN. 2016027902

Penguji I,

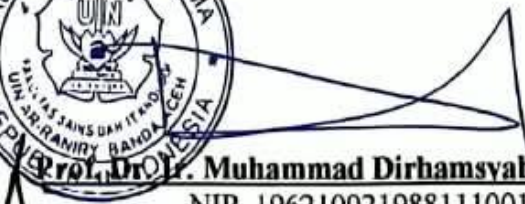
Penguji II,


Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.
NIDN. 2002028301


Aulia Rohendi, S.T., M.Sc.
NIDN. 2010048202

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




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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mauditya Mellisa

NIM : 220702015

Program Studi : Teknik Lingkungan

Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh

Judul Skripsi : Kemampuan Kitosan Cangkang Kepiting (*Scylla serrata*) Sebagai Koagulan Dalam Penyisihan Parameter Pencemar Pada 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 menyebutkan 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 Agustus 2026



Mauditya Mellisa

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur saya ucapkan kepada Allah Swt. atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul “Kemampuan Kitosan Cangkang Kepiting (*Scylla serrata*) Sebagai Koagulan Dalam Penyisihan Parameter Pencemar Pada Limbah Rumah Potong Hewan (RPH)”. Tidak lupa pula selawat beriringan salam kepada baginda Nabi Muhammad saw. utusan dan manusia pilihan yang membawa umat-Nya dari zaman *Jahiliyah* menuju ke zaman *Islamiyah*.

Penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan sebagai salah satu persyaratan dalam meraih gelar Sarjana Teknik dari Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Saya menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Namun demikian, saya telah berupaya sebaik mungkin agar proses penulisan dan penyusunan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Kepada Ibunda dan Ayahanda tercinta. Terima kasih senantiasa memberikan doa, semangat serta menjadi pendengar sekaligus sumber kekuatan bagi saya dalam berbagai keadaan sehingga saya dapat berada pada tahap penyusunan Proposal Tugas Akhir ini. Terima kasih untuk setiap waktu, cinta, usaha, fasilitas terbaik, juga motivasi agar saya tetap berjuang dalam keadaan apapun. Kepada kakak dan abang yang terkasih dan tersayang. Terima kasih atas doa, dukungan, kebersamaan serta menjadi tempat berkeluh kesah. Setiap langkah dan pencapaian yang saya raih, termasuk selesainya Tugas Akhir ini adalah bagian dari doa dan harapan kalian.

Saya menyadari bahwa dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, terdapat banyak bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. baik secara langsung maupun tidak langsung. Sehingga saya dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini. Pada kesempatan ini, saya juga menyampaikan ucapan Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc. selaku Sekretaris Prodi Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Bapak Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc., IPM., APEC Eng. selaku dosen Pembimbing Akademik Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
5. Bapak Arief Rahman, S.T., M.T. selaku dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan dan nasihat dalam penulisan Tugas Akhir ini.
6. Ibu Dr. Khairun Nisah, S.T., M.Si. selaku dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
9. Ibu Nurul Huda, S.Pd. selaku laboran Prodi Teknik Lingkungan yang telah banyak membantu dalam proses pelaksanaan kegiatan penelitian di laboratorium.
10. Bapak Rizki Kurniawan, S.Si., M.Si. selaku laboran Fakultas Sains dan Teknologi yang telah banyak membantu dan memberikan arahan dalam proses kegiatan penelitian di Laboratorium.
11. Ibu Firda Elvisa, S.E. selaku operator Prodi Teknik Lingkungan yang telah membantu kelancaran proses administrasi.
12. Kepada Fabyan, Fitri, Alfin, Nanda, Jihan, Imel, Mahdy, Nia, dan Ahmad selaku teman dekat penulis yang telah membantu dan senantiasa menemani sejak awal perkuliahan dan memberi warna dalam proses panjang ini. Terima kasih atas dukungan, pengalaman, waktu juga ilmu yang diberikan.

13. Kepada diri saya sendiri. Mauditya Mellisa. Apresiasi sebesar-besarnya karena telah berjuang untuk menyelesaikan seluruh rangkaian perkuliahan hingga di tahap ini. Terima kasih karena tidak menyerah Ketika jalan didepan terasa gelap, Ketika keraguan datang silih berganti dan ketika langkah terasa berat untuk diteruskan. Meski harus menghadapi kegagalan, kebingungan bahkan perasaan ingin menyerah. Terima kasih karena tetap memilih jujur pada rasa takut, namun tidak membiarkan rasa takut itu membatasi langkah, karena keberanian bukanlah ketiadaan rasa takut, melainkan keinginan untuk tetap bergerak meski rasa takut melekat erat, dan yang terpenting terima kasih karena sudah berani memilih. Memilih untuk mencoba, memilih untuk belajar, dan memilih untuk menyelesaikan apa yang telah engkau mulai.

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

Banda Aceh, 20 Juni 2026

Penulis,

Mauditya Mellisa



ABSTRAK

Nama : Mauditya Mellisa
NIM : 220702015
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Kemampuan Kitosan Cangkang Kepiting (*Scylla serrata*) sebagai Koagulan dalam Penyisihan Parameter Pencemar pada Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH)
Tanggal Sidang :
Jumlah Halaman : 93
Pembimbing I : Arief Rahman, M.T.
Pembimbing II : Dr. Khairun Nisah, S.T., M. Si.
Kata Kunci : Air Limbah RPH, Kitosan, Koagulan, Cangkang Kepiting (*Scylla serrata*), Derajat deasetilasi, Koagulasi-Flokulasi, parameter TSS, COD dan pH.

Aktivitas operasional Rumah Potong Hewan (RPH) menghasilkan limbah cair yang mengandung darah, protein, lemak, dan padatan tersuspensi tinggi sehingga berpotensi mencemari badan air apabila tidak diolah. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dosis optimum dan pengaruh kecepatan pengadukan biokoagulan kitosan dari cangkang kepiting (*Scylla serrata*) dalam menyisihkan Total Suspended Solids (TSS), Chemical Oxygen Demand (COD), serta menstabilkan pH air limbah RPH Gampong Pande. Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan metode koagulasi-flokulasi dengan Jar Test. Kitosan dihasilkan melalui proses deasetilasi menggunakan NaOH 60% dengan Derajat Deasetilasi (DD) sebesar 68,6%. Pengujian dilakukan menggunakan variasi dosis 0, 20, 40, 60, 80, dan 100 mg/L serta kecepatan pengadukan cepat 120 rpm dan 150 rpm yang dilanjutkan pengadukan lambat 30 rpm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan COD optimum diperoleh pada dosis 80 mg/L dengan kecepatan pengadukan 150 rpm, yaitu sebesar 68,45% (513 mg/L), sedangkan penurunan TSS tertinggi mencapai 96% (10 mg/L) pada dosis 20 mg/L untuk kedua variasi kecepatan pengadukan. Variasi kecepatan pengadukan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap pH, dengan nilai akhir berkisar 8,0–8,3 dan telah memenuhi baku mutu. Secara keseluruhan, kitosan cangkang kepiting berpotensi sebagai biokoagulan ramah lingkungan untuk pengolahan limbah cair RPH dengan kondisi optimum pada dosis 80 mg/L dan kecepatan pengadukan 150 rpm.

ABSTRACT

Name : Mauditya Mellisa
NIM : 220702015
Deartement : Environmental Engineering
Title : The Ability of Mud Crab (*Scylla serrata*) Shell Chitosan as a Coagulant in Removing Pollutant Parameters from Slaughterhouse Wastewater
Date of Sesion :
Number of Page : 93
Advisor I : Arief Rahman, M.T.
Advisor II : Dr. Khairun Nisah, S.T., M. Si.
Keyword : Slaughterhouse Wastewater, Chitosan, Coagulant, Mud Crab (*Scylla serrata*) Shells, Degree of Deacetylation, Coagulation-Flocculation, TSS, COD dan pH parameter.

Slaughterhouse (RPH) activities generate wastewater containing blood, proteins, fats, and high concentrations of suspended solids, which may pollute water bodies if discharged without proper treatment. This study aimed to determine the optimum dosage and the effect of mixing speed of crab shell (*Scylla serrata*) chitosan as a biocoagulant on the removal of Total Suspended Solids (TSS), Chemical Oxygen Demand (COD), and pH stabilization in wastewater from the Gampong Pande Slaughterhouse. The study was conducted experimentally using the coagulation–flocculation method with a Jar Test. Chitosan was produced through a deacetylation process using 60% NaOH, resulting in a Degree of Deacetylation (DD) of 68.4%. The experiments were carried out using chitosan dosages of 0, 20, 40, 60, 80, and 100 mg/L and rapid mixing speeds of 120 rpm and 150 rpm, followed by slow mixing at 30 rpm. The results showed that the optimum COD removal was achieved at a dosage of 80 mg/L and a rapid mixing speed of 150 rpm, with a removal efficiency of 68.45% (final concentration of 513 mg/L). Meanwhile, the highest TSS removal efficiency reached 96% (final concentration of 10 mg/L) at a dosage of 20 mg/L under both mixing speeds. The variation in mixing speed had no significant effect on pH, with final pH values ranging from 8.0 to 8.3, which complied with the applicable wastewater quality standard. Overall, crab shell chitosan has the potential to serve as an environmentally friendly biocoagulant for slaughterhouse wastewater treatment, with optimum operating conditions at a dosage of 80 mg/L and a rapid mixing speed of 150 rpm.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
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	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH)	6
2.2 Baku Mutu Air Limbah Rumah Potong Hewan	7
2.3 Karakteristik Air Limbah Rumah Potong Hewan	7
2.4 Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan	9
2.4.1 Koagulasi	9
2.4.2 Flokulasi	9
2.5 Koagulan	10
2.6 Cangkrang Kepiting Bakau (<i>Scylla serrata</i>)	11
2.7 Kitin dan Kitosan	12
2.8 <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	14
2.9 Penelitian Terdahulu	14

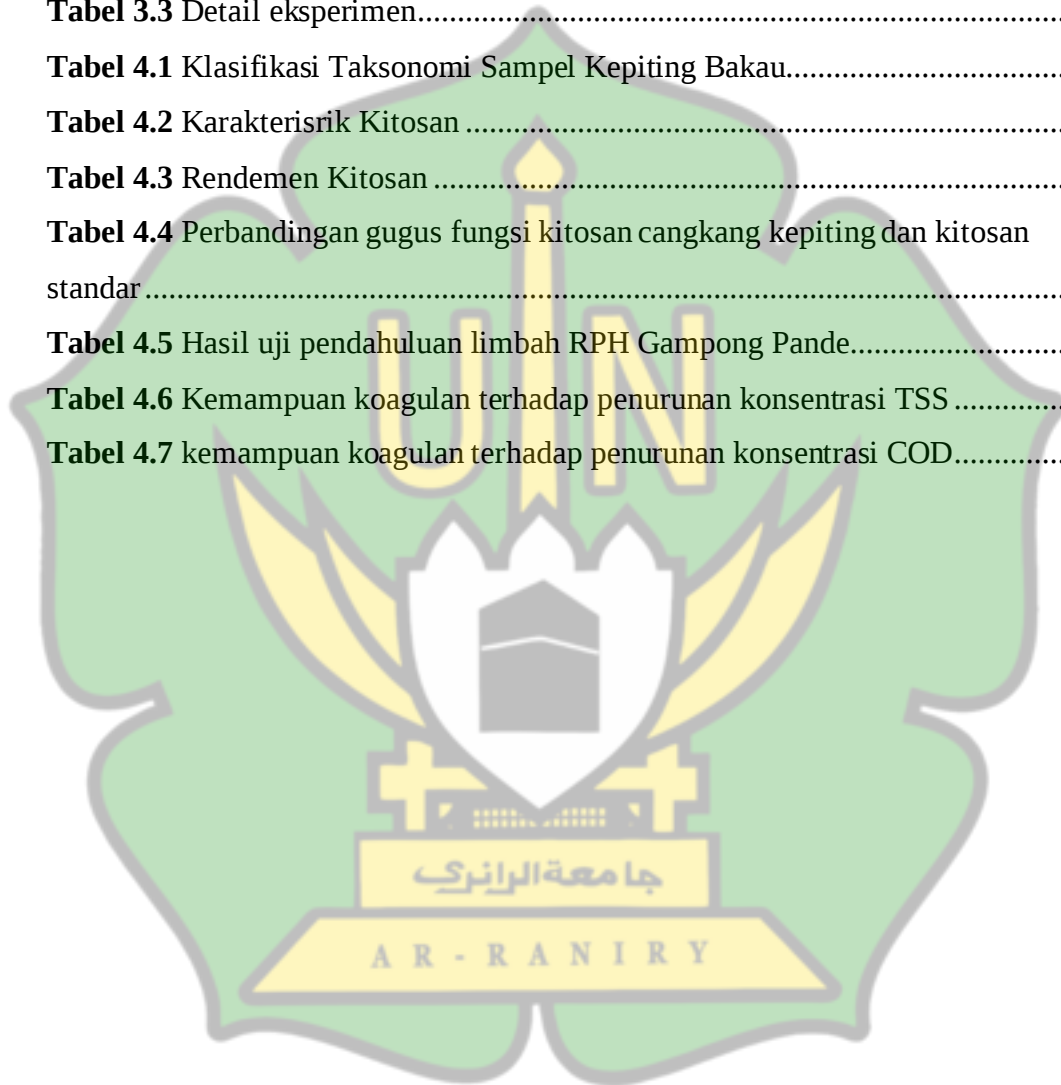
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	18
3.1 Tahapan Umum Penelitian	18
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	19
3.2.1 Tempat Pengambilan Sampel.....	19
3.2.2 Waktu Penelitian	20
3.3 Variabel Penelitian	21
3.4 Alat dan Bahan Penelitian	21
3.4.1 Alat Penelitian.....	21
3.4.2 Bahan Penelitian.....	21
3.5 Tahapan Eksperimen	22
3.6 Prosedur Kerja	23
3.6.1 Preparasi Sampel Cangkang Kepiting.....	23
3.6.2 Pembuatan Kitosan.....	24
3.6.3 Karakteristik Kitosan	25
3.6.4 Pengujian Koagulasi dan Flokulasi.....	28
3.7 Uji Parameter.....	29
3.7.1 Pengujian TSS.....	29
3.7.2 Pengujian COD	29
3.7.3 Pengujian pH.....	30
3.8 Analisis Data.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Karakteristik dan Identifikasi Bahan Baku (Kepiting Bakau).....	33
4.2 Pengujian Variasi Dosis Kitosan Cangkang Kepiting Sebagai	40
4.2.1 Penurunan Parameter <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	40
4.2.2 Penurunan Parameter <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	44
4.2.3 Parameter <i>Power Of Hydrogen</i> (pH).....	46
4.3 Pengaruh Variasi Kecepatan Pengadukan Terhadap Penurunan Parameter Limbah Rumah Potong Hewan (RPH)	49
4.3.1 Penurunan Parameter <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	49
4.3.2 Penurunan Parameter <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	50
4.3.3 Parameter <i>Power Of Hydrogen</i> (pH).....	53

BAB V PENUTUP	55
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	61



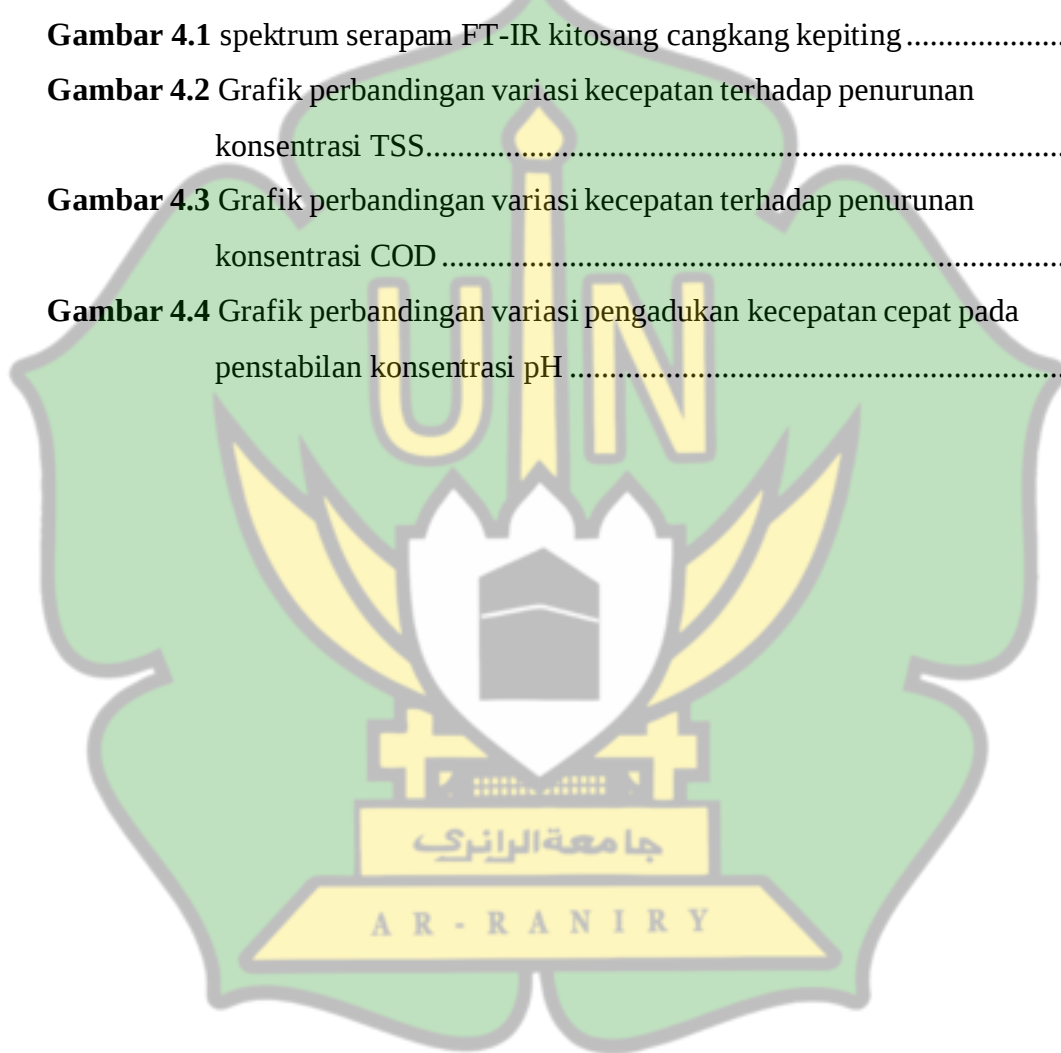
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH).....	7
Tabel 2.2 Penelitian terdahulu.....	15
Tabel 3.1 Bahan yang digunakan dalam pengujian parameter.....	22
Tabel 3.2 Karakteristik Kitosan	28
Tabel 3.3 Detail eksperimen.....	28
Tabel 4.1 Klasifikasi Taksonomi Sampel Kepiting Bakau.....	33
Tabel 4.2 Karakteristik Kitosan	34
Tabel 4.3 Rendemen Kitosan	35
Tabel 4.4 Perbandingan gugus fungsi kitosan cangkang kepiting dan kitosan standar	37
Tabel 4.5 Hasil uji pendahuluan limbah RPH Gampong Pande.....	39
Tabel 4.6 Kemampuan koagulan terhadap penurunan konsentrasi TSS	41
Tabel 4.7 kemampuan koagulan terhadap penurunan konsentrasi COD.....	44



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kepiting bakau (<i>Scylla serrata</i>).....	12
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	18
Gambar 3.2 Lokasi pengambilan sampel air limbah RPH	20
Gambar 3.3 Diagram tahapan eksperimen.....	23
Gambar 3.4 Kurva Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap kadar TSS.....	31
Gambar 4.1 spektrum serapam FT-IR kitosang cangkang kepiting	37
Gambar 4.2 Grafik perbandingan variasi kecepatan terhadap penurunan konsentrasi TSS.....	50
Gambar 4.3 Grafik perbandingan variasi kecepatan terhadap penurunan konsentrasi COD	53
Gambar 4.4 Grafik perbandingan variasi pengadukan kecepatan cepat pada penstabilan konsentrasi pH	54



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Nilai Rendemen, Kadar Air dan Derajat Deasitilasi.....	61
Lampiran 2 Hasil Perhitungan TSS.....	64
Lampiran 3 Dokumentasi Perlakuan Terhadap Pengolahan Air Limbah RPH....	69
Lampiran 4 Hasil Uji Klasifikasi Taksonomi Kepiting.....	77
Lampiran 5 Hasil FT-IR Kitosan Cangkang Kepiting	78



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai pusat ekonomi dan konsumsi di Provinsi Aceh, warga Kota Banda Aceh memiliki tingkat ketergantungan yang sangat tinggi terhadap pasokan daging sapi. Hal ini dikarenakan daging sapi mempunyai nilai gizi yang tinggi. Kondisi ini membuat keberadaan Rumah Potong Hewan (RPH) jadi sangat penting untuk memastikan daging yang beredar di pasar tetap bersih dan layak konsumsi. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Aceh tahun 2024, produksi daging sapi di Aceh tercatat sebesar 11.000 ton, mengalami penurunan dibandingkan tahun 2023 yang mencapai 15.654 ton. Meski secara angka menurun, aktivitas operasional RPH tetap menghasilkan limbah cair dalam volume yang sangat besar sehingga memerlukan penanganan yang serius. Limbah cair dari kegiatan rumah potong hewan (RPH) merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan yang sangat penting untuk diperhatikan. RPH yang beroperasi tanpa sistem pengolahan air limbah, dapat menghasilkan limbah cair yang mengandung zat-zat berbahaya bagi lingkungan (Hidayatullah dan Rachmanto, 2024).

Limbah cair RPH mengandung larutan darah, protein, lemak dan padatan tersuspensi yang menyebabkan tingginya bahan organik dan nutrisi, tingginya variasi jenis dan residu yang terlarut ini akan memberikan efek mencemari sungai dan badan air. Limbah cair yang dikeluarkan oleh RPH harus dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan agar cemaran tidak melebihi baku mutu air limbah. Baku mutu air limbah bagi usaha dan atau kegiatan RPH berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 di antaranya limbah cair memiliki kadar paling tinggi untuk BOD 100 mg/l, COD 200 mg/l, TSS 100 mg/l, minyak dan lemak 15mg/l, $\text{NH}_3\text{-N}$ 25 mg/l dan pH 6- 9 (Kementerian Lingkungan Hidup, 2014).

Berdasarkan hasil uji pendahuluan, konsentrasi parameter pencemar pada air limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Gampong Panbde tidak memenuhi baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014.

Hasil pengujian menunjukkan nilai COD sebesar 1,626 mg/L dan TSS sebesar 250 mg/L, sedangkan pH berada pada kondisi netral (7,77).

Maka dari itu pengolahan limbah cair perlu dilakukan untuk mendapatkan kualitas air yang memenuhi standar. Salah satu pengolahan limbah cair yang banyak digunakan dengan teknik koagulasi flokulasi. Teknik ini bertujuan menghilangkan suspensi, padatan terlarut, dan bahan organik dari air limbah. Flokulasi adalah pemyisihan kekeruhan air dengan cara pengumpulan partikel kecil menjadi partikel yang lebih besar. Salah satu faktor penting yang mempengaruhi keberhasilan proses flokulasi adalah pengadukan secara lambat, keadaan ini memberi kesempatan partikel melakukan kontak atau hubungan agar membentuk penggabungan (*agglomeration*). Pengadukan lambat ini dilakukan secara hati-hati karena flok-flok yang besar akan mudah pecah melalui pengadukan dengan kecepatan tinggi (Widiyawati dkk., 2022). Pada metode koagulasi – flokulasi menggunakan bahan kimia berupa koagulan. Koagulan yang digunakan pada metode koagulasi – flokulasi berfungsi sebagai penetral koloid yang mana koagulan ini dapat mengikat partikel koloid yang terdapat didalam limbah cair (Susilawati, 2018).

Salah satu metode pengolahan yang efektif dan ramah lingkungan adalah penggunaan biokoagulan alami. Kitosan yang berasal dari cangkang kepiting (*Scylla serrata*) merupakan kandidat biokoagulan yang potensial. Aceh memiliki potensi sumber daya laut yang melimpah, termasuk komoditas Kepiting Bakau (*Scylla serrata*). Limbah cangkang kepiting dari industri kuliner di Banda Aceh sering kali tidak dimanfaatkan dan hanya menjadi sampah lingkungan. Cangkang kepiting yang mengandung senyawa kimia kitin dan kitosan mudah diperoleh dan limbah tersedia dalam jumlah banyak, yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Kitosan yang diisolasi dari cangkang kepiting dapat digunakan sebagai koagulan. Kitosan memiliki dua gugus aktif yaitu $-NH_2$ dan $-OH$ pada pH tertentu. Kedua gugus aktif ini dapat mengalami protonasi atau deprotonasi yang seharusnya menghasilkan muatan yang berbeda (Mashitah dan asmura, 2017).

Pengolahan limbah cair dengan teknik koagulasi flokulasi menggunakan koagulan kitosan telah banyak dilakukan pada penelitian-penelitian terdahulu. Sumber bahan baku pembuatan kitosan sendiri juga beragam antara lain kulit

udang, cangkang kepiting, cangkang sumpil, cangkang kerang hijau, dan cangkang rajungan. (Widiyawati dkk., 2022). Pada penelitian Zainul dkk (2016) kitosan cangkang kepiting mampu menyisihkan kadar TSS dan COD pada limbah cair tahu dengan penyisihan TSS sebesar 90,846 dan penyisihan COD sebesar 73,09%. Pada penelitian Ella dkk (2020) kitosan cangkang kepiting mampu menyisihkan kadar COD dan Fe serta meningkatkan pH pada limbah cair tahu dengan penyisihan COD sebesar 25,42%, Fe sebesar 23,23% dan peningkatan pH sebesar 7,9.

Seiring dengan meningkatnya kesadaran manusia akan kesehatan lingkungan maka koagulan alami mulai banyak diteliti. Salah satu biokoagulan yang dikembangkan adalah kitosan yang berasal dari hewan crustacea, artrophod, gastrophoda, dan lain-lain. Cangkang kepiting yang mengandung senyawa kimia kitin dan kitosan merupakan limbah yang mudah didapat dan tersedia dalam jumlah yang banyak, yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal (Mashitah dkk., 2017). Kitin cangkang kepiting (*Scylla serrata*) memiliki kandungan sebesar 70% sedangkan krustasea lain sebesar 20% - 30%. Ini artinya cangkang kepiting berpotensi untuk dijadikan koagulan.

Berdasarkan permasalahan diatas, peneliti melakukan penelitian ini untuk mengetahui kemampuan kitosan dari cangkang kepiting (*Scylla serrata*) untuk menurunkan parameter pencemar pada air limbah rumah potong hewan (RPH).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dapat dirumuskan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana efektivitas kitosan cangkang kepiting (*Scylla serrata*) sebagai koagulan alami dalam menyisihkan parameter pencemar seperti, TSS (*Total Suspended solid*), COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan penstabilan pH pada air limbah rumah potong hewan dengan menggunakan metode koagulasi-flokulasi?
2. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan pengadukan koagulan kitosan cangkang kepiting (*Scylla serrata*) dalam menyisihkan parameter pencemar seperti, TSS (*Total Suspended solid*), COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan penstabilan pH pada air limbah rumah potong hewan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini yaitu:

1. Mendapatkan dosis optimum kitosan cangkang kepiting (*Scylla serrata*) sebagai koagulan alami menyisihkan parameter pencemar seperti, TSS (*Total Suspended solid*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan penstabilan pH pada pengolahan air limbah rumah potong hewan
2. Mendapatkan pengaruh kecepatan pengadukan koagulan kitosan cangkang kepiting (*Scylla serrata*) dalam menyisihkan parameter pencemar seperti, TSS (*Total Suspended solid*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan penstabilan pH pada pengolahan air limbah rumah potong hewan

1.4 Manfaat Penelitian

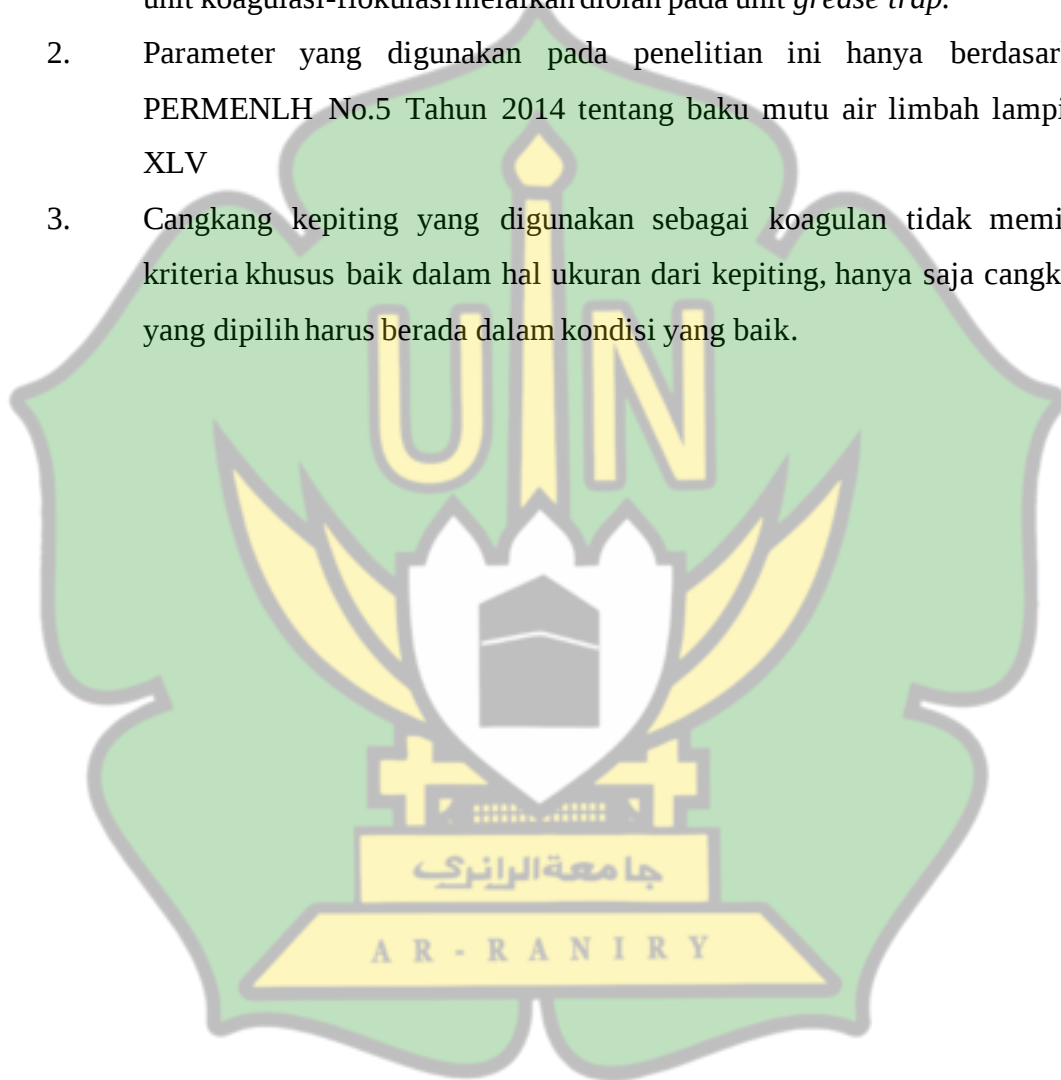
Setelah mengetahui tujuan dari penelitian ini, maka manfaat yang dapat diperoleh dari pelaksanaan penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Dengan mendapatkan efektivitas penggunaan koagulan kitosan cangkang kepiting dalam menyisihkan parameter pencemar maka dapat memberikan alternatif pengolahan air limbah yang efisien dan ramah lingkungan.
2. Dengan mendapatkan pengaruh variasi konsentrasi biokoagulan kitosan cangkang kepiting terhadap penyisihan parameter seperti TSS, COD dan penstabilan pH, maka dapat ditentukan dosis optimum yang paling efisien dalam proses koagulasi-flokulasi untuk pengolahan air limbah di RPH.
3. Dapat menghasilkan solusi pengolahan limbah RPH yang sederhana dan efektif, sekaligus mengimplementasikan konsep pemanfaatan kembali (*reuse*) limbah cangkang kepiting menjadi produk baru yang bermanfaat bagi lingkungan
4. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya dengan metode yang berbeda

1.5 Batasan Penelitian

Adapun Batasan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Parameter yang diuji pada penelitian ini berupa TSS (*Total Suspended solid*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan pH. Dalam penelitian ini parameter $\text{NH}_3\text{-N}$ tidak diteliti pada proses pengolahannya dilakukan setelah proses koagulasi dan flokulasi yaitu pada tahap aerasi, parameter BOD tidak diteliti dikarenakan keterbatasan alat, kemudian minyak dan lemak tidak diteliti karena bukan termasuk parameter yang diolah dalam unit koagulasi-flokulasi melainkan diolah pada unit *grease trap*.
2. Parameter yang digunakan pada penelitian ini hanya berdasarkan PERMENLH No.5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah lampiran XLV
3. Cangking kepiting yang digunakan sebagai koagulan tidak memiliki kriteria khusus baik dalam hal ukuran dari kepiting, hanya saja cangking yang dipilih harus berada dalam kondisi yang baik.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH)

Limbah adalah sisa produksi dari alam atau aktivitas manusia. Pencemaran limbah cair adalah perubahan fisik air, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang bersifat berbahaya atau berpotensi menyebabkan penyakit atau gangguan bagi kehidupan makhluk hidup. Limbah cair dari kegiatan rumah potong hewan (RPH) merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan yang sangat penting untuk diperhatikan. RPH yang beroperasi tanpa sistem pengolahan air limbah, dapat menghasilkan limbah cair yang mengandung zat-zat berbahaya bagi lingkungan (Hidayatullah dan Rachmanto 2024).

RPH merupakan unit pelayanan masyarakat dalam penyediaan daging yang aman, sehat, utuh dan halal, sebagai tempat pemotongan hewan yang benar, sebagai tempat pemantauan dan *surveilans* penyakit hewan serta *zoonosis* (Pakpahan, 2022). Rumah Potong Hewan (RPH) adalah suatu bangunan atau komplek bangunan dengan desain dan syarat tertentu yang digunakan sebagai tempat memotong hewan bagi konsumsi masyarakat umum. Lokasi RPH harus memenuhi persyaratan yaitu tidak menimbulkan gangguan dan pencemaran lingkungan dan mempunyai akses air bersih yang cukup untuk pelaksanaan pemotongan hewan dan kegiatan pembersihan serta disinfeksi. Secara ringkas, kegiatan pemotongan hewan di RPH terdiri atas penerimaan dan penampungan, pemeriksaan *ante-mortem*, persiapan penyembelihan, penyembelihan, pengulitan, pengeluaran jeroan, pemeriksaan *post-mortem*, pembelahan karkas, pelayuan karkas, dan pengangkutan karkas.

Kegiatan pemotongan hewan di RPH menghasilkan produk samping berupa air limbah RPH. Air limbah RPH adalah limbah organik *biodegradable* yang terdiri atas darah, sisa-sisa pencernaan, urin, dan pencemar lainnya yang dihasilkan dari proses pencucian. Air limbah RPH sebagian besar dihasilkan dari air pembersihan ruang pemotongan, air pencucian saluran pencernaan, dan air pembersihan kandang hewan dengan beban pencemaran terbesar berasal dari darah (Lubis dkk., 2018).

Limbah rumah potong hewan pada umumnya mengandung larutan darah, protein, lemak dan padatan tersuspensi yang menyebabkan beban bahan organik tinggi yang dapat mencemari sungai dan badan air. Limbah rumah potong hewan akan menyebabkan perubahan pada kualitas air yaitu warna, pH, total padatan terlarut, padatan tersuspensi, kandungan lemak, BOD, amonium, nitrogen dan fosfor yang akan mengalami peningkatan. Sehingga harus dilakukan upaya pengolahan agar tidak mencemari lingkungan (Hendrasarie dan Santosa, 2019).

2.2 Baku Mutu Air Limbah Rumah Potong Hewan

Eksistensi polutan pencemar yang berlebihan di badan air dan lingkungan dapat membahayakan kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, konsentrasi zat pencemar dalam air limbah wajib mematuhi standar kualitas. Baku mutu air limbah Rumah Potong Hewan (RPH) adalah nilai batas tertinggi unsur pencemar yang diizinkan ada dalam air limbah RPH sebelum dibuang ke lingkungan. Standar kualitas air limbah RPH ini telah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 mengenai Baku Mutu Air Limbah.

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH)

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

(Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah)

2.3 Karakteristik Air Limbah Rumah Potong Hewan

Beberapa parameter pencemar yang terkandung pada limbah cair RPH meliputi BOD, COD, TSS, NH₃-N, minyak dan lemak, serta pH, yang dapat mengubah kualitas air dan mencemari badan air. Menurut Hidayatullah dan Rachmanto (2024) Kegiatan di RPH menghasilkan limbah dengan kandungan bahan organik, padat, dan lemak yang tinggi. Limbah ini mempengaruhi kualitas dari fisik air, seperti warna dan pH, serta meningkatkan TSS, TDS, lemak, BOD, amonium, nitrogen, dan fosfor. Limbah terbesar berasal dari darah dan isi perut,

yang meningkatkan BOD dan jumlah padatan. Pencucian karkas juga menambah nilai BOD. Parameter – parameter diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk Usaha dan/atau Kegiatan Rumah Pemotongan Hewan (RPH) yaitu sebagai berikut:

1. *Total Suspended Solid (TSS)* merupakan partikel padat seperti lumpu, pasir, dan mikroba yang melayag dalam air dan memicu kekeruhan. TSS merupakan salah satu factor utama yang menurunkan kualitas air karena menyebabkan perubahan fisik menghambat penetrasi cahaya, secara kimia Jumlah TSS yang tinggi juga dapat mengurangi kadar oksigen terlarut dalam air (DO), dan secara biologi dapat merusak sistem pernapasan (insang) organisme air. Jika kadar oksigen rendah terus berlanjut perairan akan berubah menjadi anaerob yang mematikan bagi biota aerobik.
2. *Chemical Oxygen Demand (COD)* merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik. Nilai COD yang tinggi dapat mengindikasikan adanya bahan organik yang tidak terurai secara efektif, yang dapat mempengaruhi kualitas air dan biota perairan. Penguraian bahan organik dilakukan secara kimiawi menggunakan oksidator kuat seperti kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$) dalam kondisi asam dan panas. Bantuan katalis perak sulfat memastikan seluruh bahan organik baik yang sederhana maupun yang sulit didegradasi secara biologis dapat teroksidasi sepenuhnya.
3. *Power Of Hydrogen (pH)* merupakan indikator yang menentukan sifat asam atau basa dari suatu air limbah. Keberadaan nilai pH yang ekstrem (terlalu tinggi atau terlalu rendah) mencerminkan adanya kontaminasi lingkungan yang serius, biasanya diakibatkan oleh sistem pengolahan limbah yang tidak memadai sebelum dialirkan ke badan air.
4. Amonia (NH_3-N) merupakan salah satu nitrogen anorganik yang mudah larut dalam air. Di lingkungan perairan, sumber amonia dapat berasal dari dekomposisi nitrogen organik (seperti protein, urea, dan kotoran) maupun nitrogen anorganik (yang terurai dari biota mati) oleh bakteri atau jamur. Salah satu komponen air limbah RPH adalah amonia yaitu berupa gas alkali dengan bau yang kuat dan tidak berwarna. Amonia yang dihasilkan dari

pemecahan protein dapat berbahaya bagi saluran air karena membantu eutrofikasi, yang dapat menurunkan jumlah oksigen terlarut dalam air, mengganggu respirasi biota, dan bahkan menyebabkan kematian (Rahayu & Naniek 2019).

5. Minyak dan Lemak terbentuk dari senyawa asam lemak dan molekul gliserol atau gliserin. Jika tidak dihilangkan terlebih dahulu, minyak dan lemak akan menumpuk, membentuk lapisan di permukaan air limbah karena berat jenisnya 8 lebih rendah dari air. Lapisan ini menghalangi sinar matahari, sehingga tanaman air tidak bisa melakukan fotosintesis. Untuk memenuhi standar kualitas yang ditentukan, minyak dan lemak harus diproses terlebih dahulu sebelum dilepaskan ke perairan. Tanpa pengolahan, minyak dan lemak dapat mengakibatkan berbagai masalah, termasuk mengapung di permukaan air, menghalangi difusi oksigen, mengganggu mikroba, menyumbat saluran pipa, menjadi tempat berkembangnya bakteri, dan meningkatkan risiko penyakit (Ibrahim dkk., 2023).

2.4 Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan

2.4.1 Koagulasi

Koagulasi adalah proses pengadukan yang tujuannya untuk mencampur bahan kimia dan air limbah. Pada proses ini koloid yang sudah terdestabilisasi akan terjadi saling tarik menarik sehingga cenderung membentuk gumpalan yang lebih besar (Aulia dkk., 2021). Menurut Saptati dan Himma (2018) prinsip koagulasi adalah proses memisahkan koloid dalam air menggunakan bahan kimia (koagulan) yang bertujuan untuk mendestabilkan koloid sehingga terjadinya gaya tarik menarik antara muatan positif dengan muatan negatif. Koagulasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu pH, suhu air, jenis koagulan, dosis koagulan, tingkat kekeruhan dan kecepatan pengadukan.

2.4.2 Flokulasi

Flokulasi secara umum disebut juga pengadukan lambat dimana dalam flokulasi ini berlangsung proses terbentuknya penggumpalan flok-flok yang lebih besar dan akibat adanya perbedaan berat jenis terhadap air, maka flok-flok tersebut dapat dengan mudah mengendap (Aulia dkk., 2021). Flokulasi adalah penyisihan

kekeruhan air dengan cara pengumpulan partikel kecil menjadi partikel yang lebih besar. Salah satu faktor penting yang mempengaruhi keberhasilan proses flokulasi adalah pengadukan secara lambat, keadaan ini memberi kesempatan partikel melakukan kontak atau hubungan agar membentuk penggabungan (*agglomeration*). Pengadukan lambat ini dilakukan secara hati-hati karena flok-flok yang besar akan mudah pecah melalui pengadukan dengan kecepatan tinggi (Widiyawati dkk., 2022).

Koagulasi dan flokulasi merupakan sebuah proses yang melibatkan proses fisika dan kimia. Proses kimia meliputi pencampuran koagulan, proses ionasi, pengikatan senyawa dan pertukaran muatan (Aulia dkk., 2021).

2.5 Koagulan

Pada proses koagulasi diperlukan penambahan suatu zat yang membantu proses pengendapan partikel yang disebut sebagai koagulan. Koagulan adalah bahan kimia yang ditambahkan untuk mendestabilisasi partikel koloid dalam air limbah agar flok dapat terbentuk. Flokulasi adalah proses berkumpulnya partikel-partikel flok mikro membentuk aglomerasi besar pengikatan oleh flokulan. Flokulan adalah bahan yang ditambahkan untuk meningkatkan proses flokulasi (Partuti dan Dwiyaniti, 2017). Penambahan koagulan dapat membantu dalam menghancurkan partikel koloid sehingga dapat menggumpal dan menjadi partikel yang lebih besar serta lebih mudah dihilangkan pada unit selanjutnya yaitu sedimentasi. Koagulan akan membentuk partikel-partikel besar yang kemudian akan mengendap. Partikel besar ini disebut sebagai flok (Dwidewitra dkk., 2024).

Selama ini koagulan yang sering digunakan adalah jenis koagulan kimia yang digunakan untuk pengolahan air limbah, yaitu tawas, *aluminium sulphate* (alum), *ferric sulphate*, *ferrous sulphate*, *ferric chloride*, *polyelectrolyte* dan *polyaluminium chloride* (PAC). Koagulan alami yang diekstrak dari tumbuhan diantaranya biji kelor, biji kecipir, dan biji asam jawa. Adapun koagulan yang diekstrak dari hewan diantaranya cangkang keong sawah, cangkang keong mas, cangkang udang, cangkang kepiting, dan cangkang susuh kura (Susilawati, 2018).

Pemberian dosis koagulan pada pengolahan air merupakan hal penting yang harus diperhatikan. Pemberian dosis yang tepat akan mempermudah koagulan

untuk mengikat bahan pencemar sehingga air menjadi lebih jernih. Maka dari itu seiring dengan meningkatnya kesadaran manusia akan kesehatan lingkungan maka koagulan alami mulai banyak diteliti, karena penggunaan koagulan kimia memberikan dampak yang tidak baik bagi manusia dan lingkungan. Salah satu biokoagulan yang dikembangkan adalah kitosan yang berasal dari hewan kelas *Crustacea*, *artrophoda*, *gastrophoda*, dan lain- lain.

Kepiting adalah hewan anggota *Crustacea* berkaki sepuluh dari *infraordo* *Brachyura*. Kepiting belum dimanfaatkan secara maksimal hanya sebatas dari konsumsi daging kepiting yang menjadi komoditas ekspor. Dalam cangkang kepiting terdapat kitin yang menjadi bahan utama pembuatan kitosan (Aulia dkk., 2021). Penggunaan limbah cangkang kepiting sebagai sumber kitosan memiliki dua manfaat utama. Pertama, limbah cangkang kepiting dari industri perikanan sering kali dibuang tanpa pemanfaatan yang optimal. Sebagai contoh, produksi daging kepiting menghasilkan limbah cangkang dalam jumlah besar yang berpotensi mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Kedua, cangkang kepiting mengandung kitin dalam jumlah tinggi, sehingga memiliki potensi besar untuk diolah menjadi kitosan melalui proses demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi (Latifa, 2025).

2.6 Cangkang Kepiting Bakau (*Scylla serrata*)

Kepiting merupakan biota perairan yang penyebarannya terdapat di air tawar, payau, dan laut. Kepiting bakau (*Scylla serrata*) adalah jenis kepiting yang hidup di habitat mangrove/hutan bakau. Kepiting bakau (*Scylla serrata*) merupakan salah satu hewan yang banyak dikonsumsi dan dibudidayakan di Indonesia sehingga banyak menghasilkan limbah cangkang kepiting. Kepiting yang dikonsumsi dagingnya saja sekitar 20% dari beratnya, sehingga 80% berupa limbah cangkang kepiting (Mashuni dkk., 2021). Limbah yang dihasilkan mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan yang mengganggu masyarakat. Salah satu upaya untuk menangani pencemaran lingkungan akibat cangkang kepiting adalah mengolah limbah cangkang kepiting menjadi kitosan.

Cangkang kepiting merupakan salah satu krustasea yang banyak dihasilkan di Indonesia, selain itu cangkang kepiting juga memiliki kandungan kitin yang lebih

besar dibandingkan dengan krustasea yang lainnya. Menurut Trisnawati dkk (2013) cangkang kepiting mengandung kitin sekitar 18,70% – 32,20%. Menurut penelitian Pristiwani (2023) cangkang kepiting memiliki kandungan kimia, diantaranya protein 30-40% mineral (CaCO_3), dan kitin 20-30%. Senyawa kitin yang terkandung dalam cangkang kepiting akan bernilai ekonomis tinggi jika dikonversi menjadi senyawa kitosan melalui metode deasetilasi. Sejumlah ahli menyebutkan bahwa kitosan dari limbah laut merupakan bahan alami yang sangat menjanjikan dalam aplikasi pengolahan limbah karena keamanannya terhadap lingkungan dan tidak menghasilkan produk samping berbahaya.

Klasifikasi ilmiah kepiting bakau (*Scylla serrata*) menurut Motoh (1979) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Animalia</i>
Filum	: <i>Arthropoda</i>
Subfilum	: <i>Mandibulata</i>
Kelas	: <i>Crustacea</i>
Subkelas	: <i>Malacostraca</i>
Ordo	: <i>Decapoda</i>
Subordo	: <i>Pleocyemata</i>
Seksi	: <i>Brachyura</i>
Famili	: <i>Portunidae</i>

Kepiting bakau (*Scylla serrata*) dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Kepiting bakau (*Scylla serrata*)

(a) Kepiting Bakau, (b) cangkang Kepiting Bakau

2.7 Kitin dan Kitosan

Kitin merupakan salah satu kandungan organik yang penting pada binatang *orthopoda*, *annelida*, *molusca*, *corlengterfa*, dan *nematode*. Selain terdapat pada cangkang dan kerangka, kitin biasa terdapat pada trakea, insang, dinding usus, dan pada bagaian dalam cangkang pada cumi-cumi. Kitin mempunyai struktur poli- β -

N-asetil-D-glukosamin berbentuk serupa dengan selulosa. Kitin memiliki monomer tersambung dengan ikatan glukosida pada posisi β (1-4), dan pada gugus karbon nomor dua digantikan oleh gugus asetamida ($-\text{NHCOCH}_3$) (Asni dkk., 2014).

Kitosan merupakan biopolimer yang diperoleh dari deasetilasi kitin, yang banyak terdapat dalam cangkang hewan laut seperti udang, lobster, dan kepiting. Penggunaan kitosan dari cangkang kepiting sebagai koagulan alami dinilai lebih ramah lingkungan dibandingkan koagulan kimia sintetis yang berpotensi meninggalkan residu berbahaya dalam air (Latifa dan Dewata, 2025). Kitosan mempunyai berbagai sifat, salah satunya sebagai absorben, atau pengikat ion.

Kitosan yang merupakan biopolimer yang banyak digunakan seperti sebagai koagulan dalam pengolahan air limbah, bahan pelembab, pelapis benih yang akan ditanam, adsorben ion logam, anti kanker/tumor, anti kolesterol, komponen tambahan pakan ternak, sebagai lensa kontak, pelarut lemak, dan pengawet makanan. Salah satu manfaat kitosan seperti yang telah diuraikan yaitu dapat digunakan sebagai koagulan penjernihan air karena adanya gugus amina dalam kitosan yang dapat meningkatkan aktifitasnya, sehingga kitosan menjadi suatu senyawa polikationik (Alawiyah dan Hadi, 2016). Penggunaan kitosan dari cangkang kepiting sebagai koagulan alami dinilai lebih ramah lingkungan dibandingkan koagulan kimia sintetis yang berpotensi meninggalkan residu berbahaya dalam air (Latifa dan Dewata 2025).

Kitosan adalah polisakarida linier alami yang dibentuk oleh deproteinisasi kitin, demineralisasi, dan deasetilasi. Seperti yang sudah dijelaskan diatas bahwa kitin bisa digunakan untuk memproduksi kitosan yang berasal dari limbah cangkang moluska dan cangkang krustasea seperti kepiting, udang. Cangkang kepiting merupakan salah satu krustasea yang banyak dihasilkan di Indonesia, selain itu cangkang kepiting juga memiliki kandungan kitin yang lebih besar dibandingkan dengan krustasea yang lainnya.

Tingkat kemurnian kitosan diukur melalui Derajat Deasetilasi (DD). Nilai DD yang tinggi menunjukkan semakin banyaknya gugus amina ($-\text{NH}_2$) bebas pada rantai polimernya, yang juga menandakan kitosan yang lebih murni. Secara keseluruhan, mutu kitosan dievaluasi berdasarkan sejumlah parameter fisika-kimia,

sebagaimana yang distandardisasi dalam SNI 7949-2013 tentang karakteristik kitosan.

2.8 *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

FTIR merupakan teknik spektroskopi yang memiliki kemampuan unik dalam mendeteksi dan mengidentifikasi senyawa berdasarkan pada interaksi gelombang inframerah dengan molekul. Kajian kritis terhadap kemampuan FTIR dalam analisis dan karakterisasi senyawa obat menjadi suatu aspek yang mendalam dan strategis dalam mengungkap sifat-sifat kimiawi dan fisik dari senyawa tersebut (Nugroho dkk., 2024).

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) merupakan teknik analisis gugus fungsi sampel kitin dan kitosan yang digunakan pada penelitian ini. FTIR berfungsi untuk mengidentifikasi keberhasilan transformasi kitin menjadi kitosan serta menentukan derajat deasetilasinya melalui analisis gugus fungsi amina ($-NH_2$) yang berperan aktif dalam mengikat parameter pencemar pada air limbah RPH Gampong Pande.

2.9 Penelitian Terdahulu

Sejumlah penelitian terdahulu telah menerapkan metode koagulasi-flokulasi dengan memanfaatkan berbagai varian koagulan pada beragam jenis air limbah. Hasil pengujian tersebut menunjukkan tingkat efisiensi penyisihan polutan yang bervariasi, yang mana ringkasan kajian literatur mengenai penggunaan koagulan alami ini telah dirangkum dalam Tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.2 Penelitian terdahulu

No	Nama Jurnal	Metode Penelitian	Hasil
1.	Pemanfaatan Limbah Cangkang Kepiting Sebagai Biokoagulan Untuk Menurunkan Parameter Pencemar COD Dan TSS Pada Limbah Industri Tahu. Aulia, Z., Sutrisno, E., & Hadiwidodo, M. (2016). <i>Jurnal Teknik Lingkungan, Vol 5, No 2.</i>	- Bahan: Kitosan dari cangkang kepiting (<i>Brachyura</i>) - Metode: Ekstraksi kitosan (deproteinasi, demineralisasi, deasetilasi) dan uji <i>Jar Test</i> - Cara Kerja: Variasi dosis 0–1000 mg/l pada limbah tahu. Pengadukan cepat 150 rpm dan lambat 60 rpm	- Dosis optimum tercapai pada 700 mg/l. - Efisiensi penyisihan COD 73,09% dan TSS 90,846% - Penurunan pH terjadi seiring meningkatnya konsentrasi koagulan karena proses hidrolisis.
2.	Efektivitas Kitosan Cangkang Kepiting (<i>Scylla serrata</i>) Sebagai Koagulan Untuk Mengurangi Mikroplastik Polistirena (PS) Dalam Air Limbah. Latifa, J. S., & Indang Dewata (2025). <i>MASALIQ: Jurnal Pendidikan dan Sains, Vol 5, No 4.</i>	- Bahan: Kitosan cangkang kepiting rajungan (<i>Scylla serrata</i>). - Metode: Eksperimental dengan optimasi pH, konsentrasi, dan kecepatan pengadukan - Instrumen: Analisis gugus fungsi menggunakan FTIR	- Kondisi optimum: pH 5 (98,4%), konsentrasi 0,5% (97,6%), dan pengadukan 700 rpm (89,2%). - Analisis FTIR menunjukkan puncak serapan gugus amina pada 1590 cm⁻¹ sebagai indikasi keberhasilan deasetilasi.
3.	Pemanfaatan Kitosan Cangkang Susuh Kura (<i>Sulcospira testudinaria</i>) Sebagai Koagulan Alami Dalam Menurunkan	- Bahan: Kitosan dari cangkang susuh kura (<i>Sulcospira testudinaria</i>)	- Menunjukkan potensi kitosan dalam menyisihkan parameter pencemar pada limbah spesifik RPH Lambaro.

	Parameter Pencemar Pada Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Lambaro. Aulia, Z., Sutrisno, E., & Hadiwidodo, M. (2016) Skripsi/Tugas Akhir. UIN Ar-Raniry Banda Aceh	- Metode: Koagulasi-flokulasi dengan variasi dosis koagulan dan waktu pengendapan - Sampel: Air limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Lambaro.	- Proses deasetilasi menghasilkan kitosan yang mampu menstabilkan pH dan menurunkan kekeruhan serta kadar organik limbah.
4.	Pemanfaatan Ekstrak Chitin dari Limbah Kulit Udang Sebagai Biokoagulan dan Film Bioplastik untuk Menguraikan Dampak Pencemaran Lingkungan Nisah, K. (2019). Laporan Penelitian Dosen Pemula (LP-PDP) UIN Ar-Raniry Banda Aceh	- Bahan baku: Limbah kulit udang sebagai sumber kitin - Proses ekstraksi: deproteinasi (NaOH), demineralisasi (HCl), dan pemurnian kitin - Aplikasi 1: Uji sebagai biokoagulan (metode jar test) untuk menurunkan parameter pencemar limbah cair - Parameter uji: pH, COD, TSS/kekeruhan serta karakteristik fisik bioplastik	- Kitin dari kulit udang efektif menurunkan kadar pencemar (COD dan TSS/kekeruhan) pada limbah cair - Terdapat dosis optimum yang menghasilkan efisiensi penurunan tertinggi yaitu 1,5 gram/L - Persentase Penurunan Parameter Pencemar: COD: $\pm 82,4\%$ TSS: $\pm 88,7\%$ Kekeruhan: $\pm 85\%$
5.	Kemampuan Koagulan Kitosan dalam Penurunan Konsentrasi TSS dan COD Pengolahan Limbah Cair.	- Bahan: kitosan dari cangkang kepiting, kulit udang, cangkang sumpil, kerang hijau, dan rajungan	- Kitosan dari cangkang kepiting memberikan hasil paling optimal - Penurunan TSS sebesar 94,8% dan COD sebesar 96% pada limbah cair rumah potong hewan

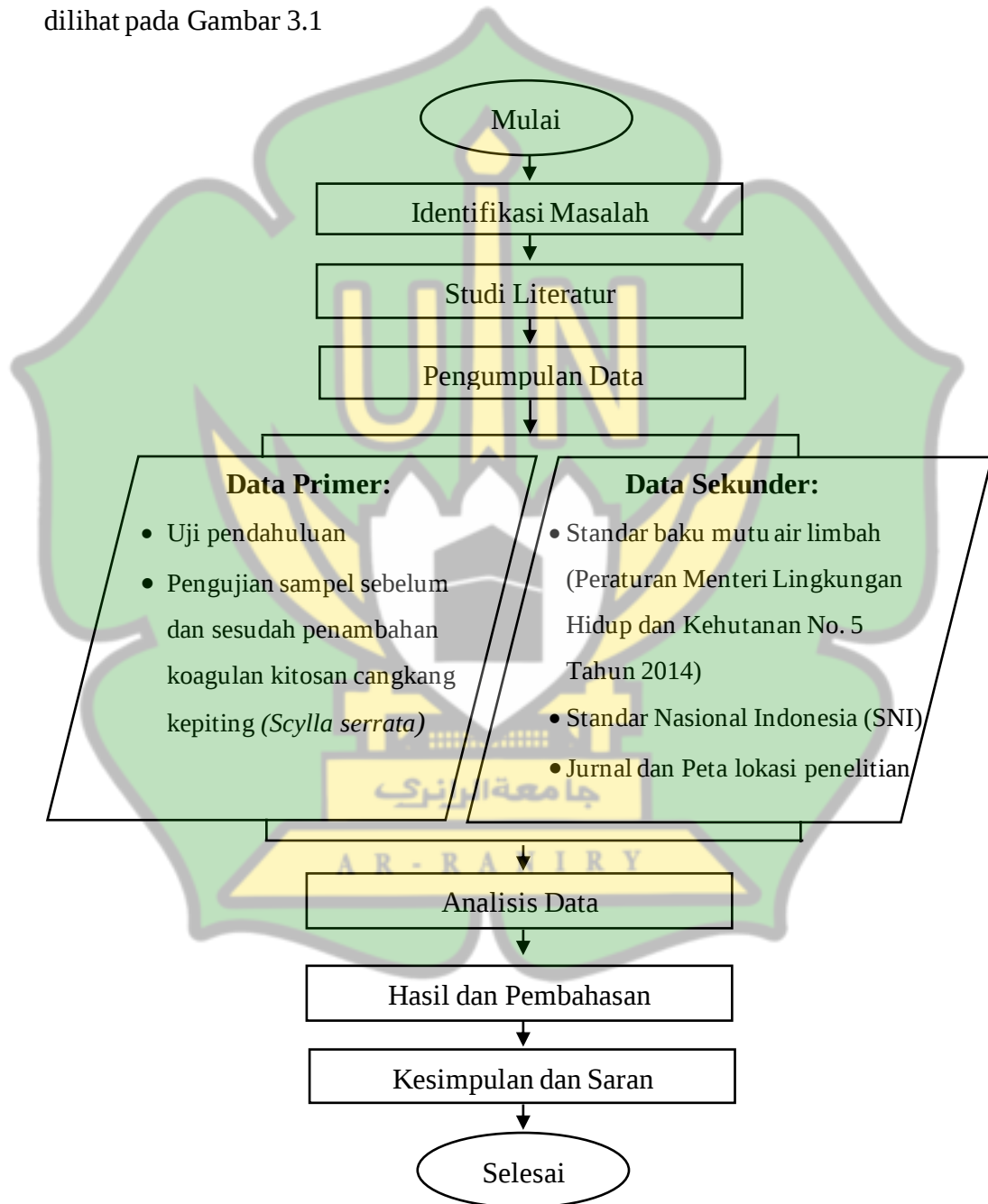
	Dian Yuniarita P., Widiyawati, C., & Hanifah, R. N. (2022) <i>Jurnal TECNOSCIENZA</i>	- Metode: koagulasi–flokulasi - Jenis limbah: limbah cair industri, domestik, dan rumah potong hewan - Parameter: TSS dan COD. Variabel: dosis koagulan, waktu kontak, dan kecepatan pengadukan	- Dosis optimum kitosan sebesar - 300 mg/L
6.	Pemanfaatan Biji Trembesi (<i>Samanea saman</i>) sebagai Koagulan Alami pada Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Kinanti, U., Rahman, A., & Harahap, J. (2023) <i>Jurnal AMINA</i>, Vol. 5 No. 2 Tahun 2023 Penerbit: Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry	- Metode: Koagulasi–flokulasi (<i>Jar Test</i>) - Variasi dosis: 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 g/L - Pengadukan cepat: 120 rpm & 150 rpm (2 menit) - Pengadukan lambat: 30 rpm (30 menit) - Pengendapan: 60 menit - Parameter uji: pH, COD, TSS, kekeruhan	- Dosis optimum COD: 1,5 g (120 rpm) → efisiensi 86,3% (COD turun menjadi 182 mg/L) - Dosis optimum TSS: 2 g (150 rpm) → efisiensi 90,1% (TSS turun menjadi 76 mg/L) - Dosis optimum kekeruhan: 1,5 g → efisiensi ±80% - Biokoagulan biji trembesi efektif menurunkan COD, TSS, dan kekeruhan air limbah RPH

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Umum Penelitian

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari tahap persiapan, tahap penelitian, dan tahap pelaporan. Kemudian tahapan selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

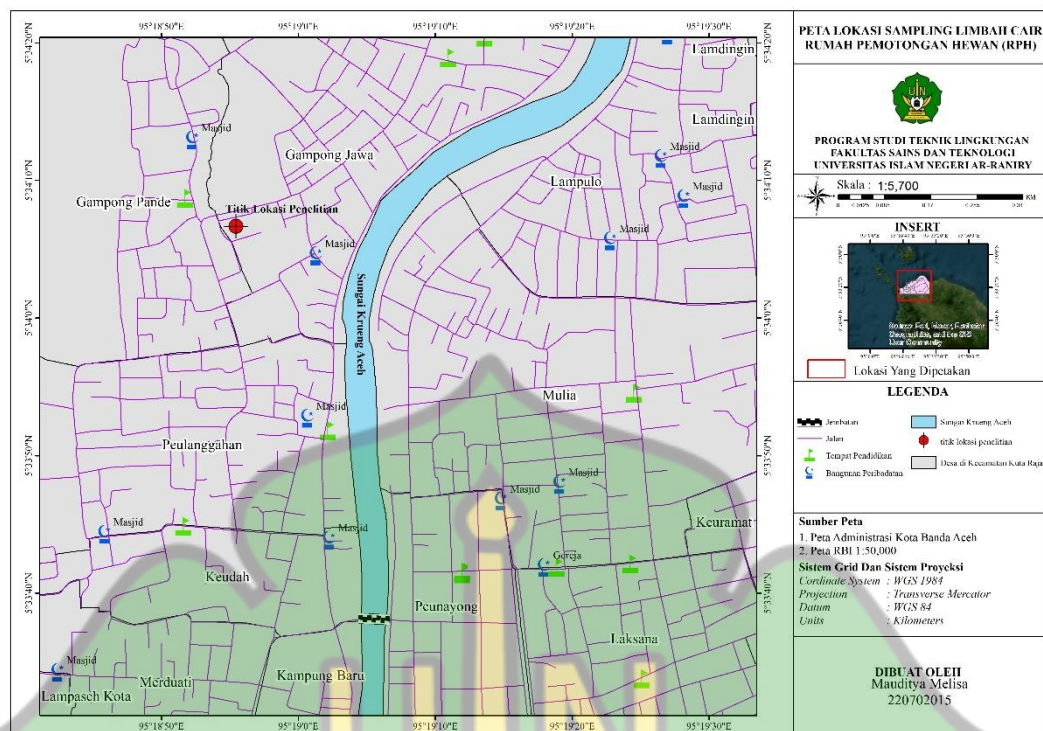
Berikut merupakan tahapan kerja penelitian secara lengkap :

1. Identifikasi masalah. Pada tahapan ini dilakukan untuk menetapkan fokus penelitian sehingga penelitian yang akan dilakukan dapat ditentukan dengan jelas dan terarah.
2. Studi Literatur. Tahapan ini melakukan tinjauan literatur untuk mendalami teori-teori dasar serta memahami penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik yang akan dibahas.
3. Pengumpulan Data. Tahapan ini terdiri dari dua data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang langsung diperoleh dari sumber data pertama di lokasi penelitian seperti observasi lapangan, uji pendahuluan sampel air limbah, serta melakukan eksperimen. Sedangkan data sekunder adalah data yang telah dikumpulkan dari data yang telah ada sebelumnya.
4. Analisis Data. Tahapan analisis data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, sehingga informasi tersebut dapat dipahami dengan mudah.
5. Hasil dan pembahasan. Tahapan ini disajikan menggunakan analisis deskriptif, yang bertujuan untuk menggambarkan hasil uji laboratorium sehingga informasi tersebut dapat dipahami dengan mudah dan berguna dalam mencari solusi permasalahan. Selain itu dapat menjadi dasar dalam pengambilan kesimpulan.
6. Kesimpulan dan saran. Tahapan ini menjawab pertanyaan penelitian yang dijelaskan berdasarkan hasil yang telah diperoleh. Tahapan ini merupakan tahapan akhir yang disertai dengan memberikan saran untuk penelitian selanjutnya atau memberikan penerapan praktis yang dapat dilakukan.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Pengambilan Sampel

Air limbah diambil dari Rumah Potong Hewan (RPH) yang berlokasi di Gampong Pande, Kecamatan Kuta raja, Kota Banda Aceh.



Gambar 3.2 Lokasi pengambilan sampel air limbah RPH

Teknik pengambilan sampel air dilakukan menggunakan metode sampel sesaat (*grab sampling*) sebagaimana diatur dalam SNI 6989.59.2008. Dalam metode ini, sampel air limbah diambil secara langsung pada IPAL di Rumah Potong Hewan. Proses pengambilan sampel memerlukan wadah yang memenuhi beberapa persyaratan, yaitu harus terbuat dari bahan yang tidak dapat mempengaruhi air sampel, wadah tersebut harus dapat ditutup dengan rapat, bersih dan bebas kontaminan, dan tidak mudah pecah. Air sampel diambil menggunakan gayung sebanyak 15 L dan dibawa ke laboratorium untuk diteliti.

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan dimulai dari bulan Maret 2026 hingga bulan Mei 2026 di Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

3.3 Variabel Penelitian

Penelitian ini meliputi beberapa variabel, yaitu variabel bebas (independent), variabel terikat (dependen) dan variabel control.

a. Variabel Bebas (Independen)

Variabel independen merupakan variabel yang mempengaruhi atau sebab timbulnya variabel dependen. Adapun variabel independen pada penelitian ini adalah dosis koagulan dan kecepatan pengadukan cepat. Variasi dosis koagulan yang digunakan pada penelitian ini yaitu 0 mg/L, 20 mg/L, 40 mg/L, 60 mg/L, dan 80 mg/L dan 100 mg/L. Sedangkan variasi kecepatan pengadukan cepat yang digunakan yaitu 120 rpm dan 150 rpm.

b. Variabel Terikat (Dependen)

Variabel dependen adalah suatu variabel yang diukur untuk mengetahui besarnya pengaruh variabel bebas (independen). Variabel terikat pada penelitian ini yaitu parameter TSS, COD dan pH.

c. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dapat dimanfaatkan untuk mengetahui hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen. Variabel kontrol pada penelitian ini yaitu koagulan dari cangkang kepiting, air limbah Rumah Pemotongan Hewan (RPH), dan metode yang digunakan adalah metode *jar test*.

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Alat Penelitian

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Jar test*, *hot plate*, COD reaktor, COD meter, *beaker glass*, erlenmeyer, *stopwatch*, desikator, timbangan analitik, vakum filtrasi, gayung tangkai, jerigen, botol sampel, blender, pipet volume, tabung reaksi, penjepit, lesung, gunting, oven, dan multiparameter.

3.4.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu cangkang kepiting (*Scylla serrata*), air limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Gampong Pande, Natrium hidroksida (NaOH 3%) Natrium hidroksida (NaOH 60%) asam klorida

(HCl 1.25 N) asam asetat (CH_3COOH) Kertas saring (Whatman No. 42), kertas saring biasa, Aquadest (H_2O) larutan FAS, dan alumunium foil.

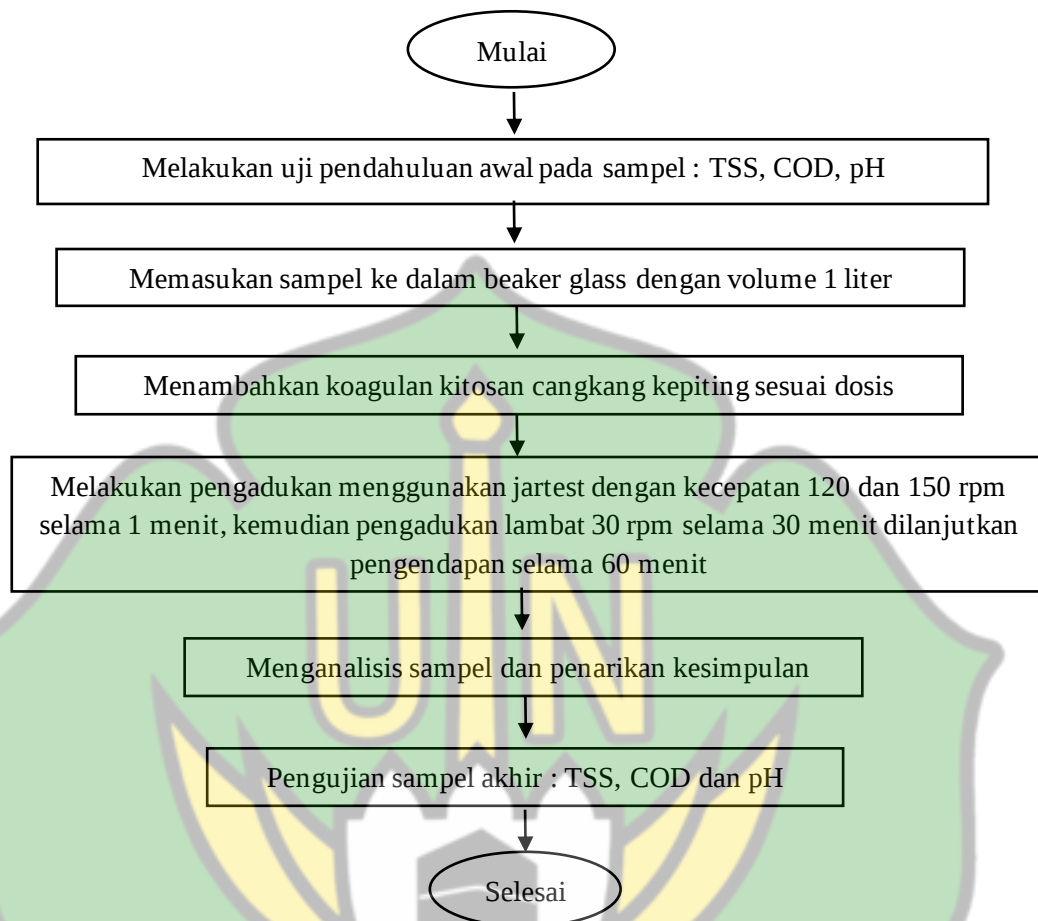
Bahan yang digunakan untuk mengukur kadar TSS, COD dan pH dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Bahan yang digunakan dalam pengujian parameter

Bahan	Volume	Satuan
I. pH		
Larutan penyangga 4	25	mL
Larutan penyangga 7	25	mL
Larutan penyangga 10	25	mL
II. COD		
Larutan kalium dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)	21	mL
Larutan asam sulfat (H_2SO_4)	49	mL
III. TSS		
Kertas saring Whatman No. 42	12	lembar
Aquades	380	mL

3.5 Tahapan Eksperimen

Prosedur eksperimen ini dimulai dengan pengambilan sampel air limbah dari Rumah Potong Hewan (RPH) dan pengujian parameter awalnya. Setelah itu, kitosan disiapkan dari cangkang kepiting dan ditambahkan ke dalam sampel air dengan dosis tertentu per liter. Selanjutnya, dilakukan proses koagulasi-flokulasi menggunakan *jar test*, diikuti dengan pengendapan dan pengukuran parameter akhir. Tahapan eksperimen dapat dilihat pada Gambar 3.3



Gambar 3.3 Diagram tahapan eksperimen

3.6 Prosedur Kerja

3.6.1 Preparasi Sampel Cangkang Kepiting

Sampel cangkang kepiting bakau (*Scylla serrata*) dikumpulkan dari beberapa rumah makan di Kota Banda Aceh, dicuci hingga bersih, ditiriskan, lalu dijemur di bawah sinar matahari hingga kering. Cangkang kering kemudian ditumbuk dengan mortar dan alu, dihaluskan menggunakan blender, serta diayak dengan ayakan 100 mesh. Pengayakan 100 mesh bertujuan memperoleh ukuran partikel yang halus dan homogen guna memperluas area permukaan kontak, sehingga mempercepat pelarutan kitosan dalam asam asetat serta mengoptimalkan interaksi gugus amina ($-NH_2/-NH_3^+$) dengan partikel koloid. Selain ukuran partikel,

efektivitas koagulasi kitosan juga ditentukan oleh derajat deasetilasi, berat molekul, dosis koagulan, pH, dan kondisi pengadukan.

Bahan baku berupa cangkang kepiting (*Scylla serrata*) dibersihkan dari sisa kotoran fisik dan dicuci hingga bersih. Kondisi cangkang (baik mentah maupun sisa pemasakan/perebusan) tidak memengaruhi mutu akhir kitosan karena struktur polimer kitin sangat stabil secara termal dan tidak rusak oleh pemanasan fisik biasa. Karakteristik kitosan selanjutnya murni ditentukan oleh efektivitas parameter reaksi kimia pada tahap demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi. Cangkang yang telah bersih kemudian dikeringkan dan dihaluskan menjadi serbuk siap ekstrak.

3.6.2 Pembuatan Kitosan

Kitosan diperoleh melalui beberapa tahap yaitu tahap deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi. Pembuatan kitosan merujuk pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Wulandari dkk., 2020). Produksi kitosan dari cangkang kepiting yang dihaluskan dilakukan melalui tiga tahap ekstraksi utama: deproteinisasi, demineralisasi, dan deasetilasi.

1. Proses Deproteinasi

Tahapan deproteinasi ini bertujuan untuk melepaskan ikatan protein yang terdapat pada serbuk cangkang kepiting. proses deproteinasi dilakukan dengan memasukkan serbuk cangkang kepiting sebanyak 66 g ke dalam gelas kimia. Selanjutnya dituangkan larutan NaOH 3% dengan perbandingan 3:1 (v/b), lalu dipanaskan sambil diaduk menggunakan pengaduk magnetik selama 3 jam pada suhu 85°C. Setelah dingin, selanjutnya disaring dan dinetralkan dengan dilakukan pencucian menggunakan aquades hingga pH netral. Hasil rendemen proses deproteinasi dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100 °C selama 4 jam, kemudian ditimbang. Menghasilkan serbuk kitin sebanyak 57 g.

2. Proses Demineralisasi

Tahapan selanjutnya yaitu demineralisasi dengan menambahkan larutan HCl 1.25 N ke dalam Serbuk cangkang kepiting hasil deproteinasi dengan perbandingan 3:1 (v/b). Larutan HCl 1.25 N digunakan untuk mengurai dan menghilangkan mineral-mineral kalsium karbonat (CaCO_3), reaksi ini ditandai dengan munculnya gelembung gas Sehingga saat penambahan HCl

harus dilakukan secara bertahap agar sampel tidak menguap. Serbuk hasil proses deproteinasi ditimbang menggunakan neraca analitik dan didapatkan hasil sebanyak 57 g. Selanjutnya dipanaskan sambil diaduk menggunakan pengaduk magnetik selama 3 jam pada suhu 85°C. Setelah dingin, disaring dan dinetralkan dengan cara dilakukan pencucian menggunakan aquades hingga pH netral. Larutan yang sudah dinetralkan selanjutnya dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 4 jam. Didapatkan serbuk hasil proses demineralisasi sebanyak 47 g. Serbuk yang sudah kering ini merupakan kitin yang dihasilkan dari proses deproteinasi dan demineralisasi pada cangkang kepiting.

3. Proses Deasetilasi Kitin:

Pada tahap ini untuk mendeasetilasi kitin menjadi kitosan, serbuk kitin dilarutkan dengan konsentrasi NaOH yang tinggi digunakan sebagai basa kuat untuk melepas gugus asetil ($-\text{CH}_3\text{CO}$) yang terikat pada polimer kitin dengan mengubahnya menjadi gugus amnina ($-\text{NH}_2$). Dengan cara menambahkan larutan NaOH 60% kemudian dipanaskan pada suhu 85°C selama 2 jam sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Setelah dingin, disaring dan dinetralkan dengan cara pencucian menggunakan aquades hingga pH netral. Kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 4 jam. Hasil yang diperoleh merupakan kitosan, lalu ditimbang menggunakan timbangan analitik didapatkan hasil serbuk kitosan sebanyak 27 g. Serbuk kitosan kemudian diuji karakterisasi seperti analisis kadar air, rendemen, serta derajat deasetilasi sebelum digunakan.

3.6.3 Karakteristik Kitosan

Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui mutu kitosan yang dihasilkan. Adapun beberapa karakteristik dari kitosan yang diuji adalah rendemen, derajat deasetilasi, kadar air dan analisis FTIR.

1. Rendemen

Menurut Zahiruddin, Aprilia dan Ella, (2008) rendemen kitosan dapat ditentukan dengan membandingkan berat akhir sampel dengan berat awal sampel. Presentase berat kitosan yang dihasilkan terhadap berat kitin adalah

dasar untuk menentukan rendemen kitosan. Analisa rendemen kitosan dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{A}{B} \times 100 \%$$

Dimana:

A = Berat kitosan kering yang dihasilkan (gram)

B = Berat kitin kering (gram)

2. Analisis Kadar Air

Kadar air adalah salah satu parameter penting dalam menentukan baku mutu kitosan. Kadar air yang sesuai dengan standar mutu kitosan menurut SNI No.7949 (2013) adalah $\leq 12\%$. Berikut perhitungan kadar air:

$$\text{Kadar air} = \frac{(W1 - W2)}{(W1)} \times 100\%$$

Dimana:

W1 = Berat kitosan awal / sampel basah

W2 = Berat kitosan setelah dioven

3. Kelarutan Kitosan

Kelarutan kitosan merupakan salah satu dalam parameter standarisasi kitosan. Semakin tinggi kelarutan kitosan berarti mutu kitosan yang dihasilkan semakin baik. Kelarutan kitosan dapat dilakukan dengan kitosan yang dihasilkan dilarutkan dalam asam asetat konsentrasi 2% dengan perbandingan 1:100 (g/ml) (Silalahi dkk., 2020). Kelarutan kitosan sangat dipengaruhi oleh bobot molekul, derajat deasetilasi, dan rotasi sfesifiknya. Beragamnya rotasi sfesifik bergantung pada sumber dan metode isolasi serta transformasinya (Nisah, 2019).

4. Analisis Derajat Deasetilasi

Kitosan yang telah diperoleh kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik dan dianalisis dengan menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*. Analisis FT-IR merupakan suatu alat yang digunakan untuk menganalisa gugus fungsi atau ikatan kimia yang terdapat didalam kitosan. Analisis spektrum FT-IR untuk kitin dan kitosan dilakukan pada

daerah gugus fungsi dan daerah sidik jari dengan frekuensi 4000 cm^{-1} - 400 cm^{-1} .

Penentuan derajat deasetilasi (DD) dilakukan dengan analisis Spektrum FTIR. Metode kuantitatif menggunakan spektrofotometri infra merah dilakukan berdasarkan nilai transmitansi (%) atau absorbansi. Perhitungan derajat deasetilasi (% DD) dari spektra infra merah pada kitosan dapat dilakukan dengan cara dihitung perbandingan absorbansi bilangan gelombang gugus amida -NH (A 1655) dengan absorbansi bilangan gelombang gugus amina primer (A 3450), dengan nilai absorbansi 1,33 pada proses deasetilasi sempurna (Wahyuni dkk., 2025). Perhitungan derajat deasetilasi dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ Derajat Deasetilasi} = \left[1 - \left[\frac{A_{1655}}{A_{3450}} \right] \times \left[\frac{100}{1,33} \right] \right] \times 100\%$$

Dimana:

% DD : Persentase derajat deasetilasi

A_{1655} : absorbansi pada bilangan gelombang 1655 cm^{-1} untuk serapan gugus amida.

A_{3450} : absorbansi pada bilangan gelombang 3450 cm^{-1} untuk serapan gugus hidroksil (OH).

1,33 : tetapan yang diperoleh dari perbandingan A_{1655}/A_{3450} untuk kitosan dengan asetilasi penuh.

Dalam rangka memenuhi kebutuhan kitosan agar dapat diaplikasikan sesuai peruntukannya maka mutu kitosan harus dipenuhi sesuai standar mutu yang telah ditetapkan. Salah satu parameter mutu kitosan adalah nilai derajat deasetilasi. Nilai derajat deasetilasi dapat digunakan sebagai indikator kemurnian kitosan. Persyaratan nilai derajat deasetilasi kitosan menurut SNI minimal bernilai 75%. Nilai derajat deasetilasi yang lebih tinggi maka kemurnian dari kitosan lebih baik pula. Data pada Tabel 3.2 adalah standar mutu dari kitosan yang dikeluarkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) pada tahun 2018.

Tabel 3.2 Karakteristik Kitosan

Jenis Uji	Nilai Standar Internasional
Bentuk Parameter	Serpihan hingga serbuk
Bau	Tidak berbau
Derajat Deasitilasi	Min 70-75 %
Kelarutan kitosan	Larut dalam asam asetat 2%
Kadar Air	Maks 12 %

Sumber : SNI 7949-2013

3.6.4 Pengujian Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi-flokulasi di uji merujuk pada SNI 19-6449-2000. Tahapan yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Limbah cair disiapkan sebanyak 1 L untuk setiap dosis koagulan kitosan, dengan variasi dosis kitosan 0 mg/L, 20 mg/L, 40 mg/L, 60 mg/L, 80 mg/L dan 100 mg/L.
2. Pada proses koagulasi, campuran limbah cair dan kitosan dilakukan dengan kecepatan pengadukan 120 rpm dan 150 rpm selama 1 menit.
3. Kemudian, dilanjutkan proses flokulasi dilakukan dengan kecepatan pengadukan 30 rpm selama 30 menit.
4. Lalu, dilakukan proses pengendapan selama 60 menit.
5. Setelah itu, limbah cair dilakukan pengujian parameter TSS dan COD dan dicatat hasil pengukurannya.

Pengujian kemampuan koagulan kitosan cangkang kepiting (*Scylla serrata*) dapat dilihat pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Detail eksperimen

Sampel limbah rumah potong hewan 1 L	Dosis (mg/L)	Pengadukan cepat		Pengadukan lambat	Pengendapan
	0				
	20	120 rpm	150 rpm	30 rpm	60 menit
	40	(selama 1 menit)	(selama 1 menit)	(selama 30 menit)	
	60				
	80				
	100				

3.7 Uji Parameter

3.7.1 Pengujian TSS

Cara pengukuran TSS dijelaskan sesuai (SNI 06-6989.3:2019) sebagai berikut:

1. Penyaringan dilakukan melalui penggunaan peralatan penyaringan. Kertas saring dibasahi dengan sedikit air bebas mineral.
2. Sampel uji diaduk sampai homogen, kemudian diambil sejumlah volume tertentu secara kuantitatif dan ditempatkan pada media filter. Sistem vakum harus dihidupkan.
3. Bilas media filter tiga kali dengan 20 mL air bebas mineral setiap kali, kemudian vakum filter sampai air habis.
4. Tempatkan filter serat kaca dengan hati-hati ke dalam media penimbangan setelah melepaskannya dari perangkat filter.
5. Keringkan media timbang atau cawan yang berisi media saring dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam, kemudian didinginkan dalam desikator sebelum ditimbang.
6. Dihitung TSS dan dilaporkan hasil. Perhitungan untuk mengukur TSS, menurut SNI 06-6989.3-2019.

Perhitungan :

Nilai TSS pada sampel uji dapat dihitung sebagai berikut :

$$TSS \text{ mg/L} = \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{Volume \text{ Contoh Uji (mL)}}$$

Keterangan:

TSS = Nilai contoh uji mg/L

W_1 = Berat kertas saring + residu kering (mg) dan

W_0 = Berat kertas saring (mg)

3.7.2 Pengujian COD

Pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD) merujuk pada (SNI 6989.2:2019)

1. Sampel air limbah Rumah Potong Hewan di masukkan ke dalam tabung COD 2.5 mL, selanjutnya ditambahkan 1.5 mL larutan campuran $K_2Cr_2O_7$ dan 3.5 mL larutan H_2SO_4 ditambahkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditutup
2. Diambil COD Reaktor, ditekan tombol start dan ditunggu suhu naik sampai $150^{\circ}C$
3. Dimasukkan tabung COD ke dalam COD reaktor dengan temperatur $150^{\circ}C$ selama 2 jam.
4. Didinginkan tabung COD, kemudian dilakukan pengukuran sampel menggunakan COD Meter.

Perhitungan

Nilai COD contoh uji dapat dihitung seperti berikut :

$$COD\ mg/L = \frac{(A - B) \times M \times 8000}{mL\ contoh\ uji}$$

Keterangan:

COD (*Chemical Oxygen Demand*) = Nilai contoh uji (mg/L)

M = Molaritas larutan FAS1

8000 = Berat miliequivalent oksigen x 1000 mL/L

A = Volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk blanko (mL)

B = Volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk contoh uji (mL)

3.7.3 Pengujian pH

Prosedur pengukuran pH sesuai SNI 06- 6989.11-2019 sebagai berikut:

- a. Dilakukan kalibrasi alat pH meter dengan larutan penyangga sesuai instruksi kerja alat setiap melakukan pengukuran.
- b. Dikeringkan dengan tisu dan dibilas elektroda dengan aquades.
- c. Dichelupkan elektroda ke dalam contoh uji sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang stabil.
- d. Dicatat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan pH meter

3.8 Analisis Data

Persentase penurunan kadar TSS dan COD dihitung dengan membandingkan konsentrasi awal sebelum proses koagulasi-flokulasi dan

sedimentasi dengan konsentrasi akhir setelah proses tersebut. Cara menghitung dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P \% = \frac{(C_0 - C_e) \times 1.000}{C_0}$$

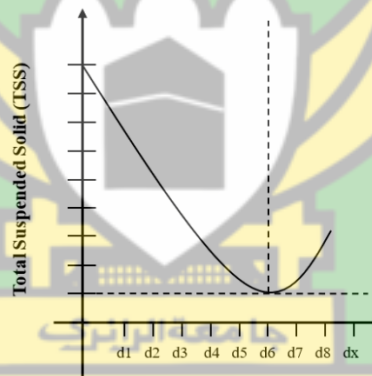
Keterangan:

P = persentase penurunan

C₀ = konsentrasi awal (mg/L)

C_e = konsentrasi akhir (mg/L)

Pada penelitian ini menggunakan dosis koagulan yaitu 0 mg/L, 20 mg/L, 40 mg/L, 60 mg/L, dan 80 mg/L dan 100 mg/L kitosan cangkang kepiting. Namun, apabila dosis optimum yang diharapkan belum tercapai, maka dosis koagulan akan terus ditambah. Cara menentukan dosis optimum koagulan adalah dengan uji *jar test*, serta melihat penurunan kurva koagulasi. Grafik penurunan kurva koagulasi yang diharapkan dapat dilihat pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 Kurva Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap kadar TSS

Penambahan dosis biokoagulan yang optimal efektif menurunkan TSS dengan membentuk flok-flok besar dan berat yang mudah mengendap, sehingga mengikat kotoran dan kontaminan. Namun, Gambar 3.4 menunjukkan bahwa penambahan berlebih (pada titik d7) justru meningkatkan TSS. Hal ini disebabkan flok yang terbentuk menjadi pecah, ringan, dan tetap tersuspensi, sehingga sulit untuk mengendap.

Pengaruh Kecepatan pengadukan terbaik didapatkan pada evaluasi pebandingan antara 120 rpm dan 150 rpm. Kecepatan yang menghasilkan nilai efektivitas tertinggi akan ditetapkan sebagai kecepatan paing optimal untuk proses koagulasi tersebut.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik dan Identifikasi Bahan Baku (Kepiting Bakau)

Sebelum dilakukan proses ekstraksi kitin dan kitosan, terlebih dahulu dilakukan uji identifikasi taksonomi terhadap sampel kepiting yang digunakan sebagai bahan baku utama penelitian. Hal ini bertujuan untuk memastikan validitas ilmiah spesies sampel serta menghindari bias karakteristik kimia akibat pencampuran spesies yang berbeda.

Berdasarkan Laporan Hasil Uji No: 40/LHU/FST-Lab/IV/2026 yang dikeluarkan oleh Laboratorium Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh, spesimen sampel yang diuji secara morfologi sah teridentifikasi sebagai spesies *Scylla serrata* (Forsskål, 1775). Hasil klasifikasi taksonomi lengkap dari sampel tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Klasifikasi Taksonomi Sampel Kepiting Bakau

Tingkatan Takson	Klasifikasi Hasil Uji Laboratorium
Kingdom	<i>Animalia</i>
Filum	<i>Arthropoda</i>
Sub Filum	<i>Crustacea</i>
Kelas	<i>Malacostraca</i>
Ordo	<i>Decapoda</i>
Familia	<i>Portunidae</i>
Genus	<i>Scylla</i>
Spesies	<i>Scylla serrata</i> (Forsskål, 1775)

Sumber: Laporan Hasil Uji Laboratorium FST UIN Ar-Raniry, 2026

Konfirmasi spesies ini menjadi sangat penting dalam penelitian karena struktur polimer kitin pada tiap spesies *krustasea* memiliki ikatan hidrogen dan kerapatan massa yang berbeda. Karakteristik morfologi *Scylla serrata* yang memiliki karapas lebar, tebal, dan kuat mengindikasikan kandungan fraksi mineral dan kadar kitin yang stabil untuk diekstraksi menjadi kitosan berkualitas tinggi. Kitosan hasil deasetilasi dari jenis kepiting ini nantinya akan memiliki gugus amina ($-NH_2$) dan gugus hidroksil ($-OH$) aktif yang melimpah. Gugus aktif inilah yang mengondisikan kitosan sebagai polimer kationik (bermuatan positif) yang efektif untuk mengikat partikel koloid bermuatan negatif dalam air limbah, seperti pada pengolahan limbah cair Rumah Potong Hewan (RPH).

4.2 Karakteristik Kitosan Cangkang Kepiting

Pengujian karakteristik terhadap kitosan cangkang kepiting dilakukan terlebih dahulu guna memastikan mutu biokoagulan yang dihasilkan sebelum diaplikasikan. Parameter kualitas yang dianalisis meliputi kadar air, derajat deasetilasi, serta tingkat kelarutannya. Selanjutnya, data hasil karakterisasi tersebut dievaluasi dengan merujuk pada standar mutu SNI No. 7949:2013, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Karakteristik Kitosan

Jenis Uji	Nilai Kitosan yang diperoleh	Nilai Standar Internasional
Bentuk Parameter	Serbuk	Serpihan hingga serbuk
Bau	Tidak berbau	Tidak berbau
Derajat Deasetilasi	68,6 %	Min 70-75 %
Kelarutan kitosan	Larut dalam asam asetat 2%	Larut dalam asam asetat 2%
Kadar Air	5,14 %	Maks 12 %

Sumber : SNI 7949-2013

a. Kadar Air

Nilai kadar air sebesar 5,14 % ini telah memenuhi standar mutu kitosan yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI 7949:2013) maupun standar kualitas internasional (*seperti Protan Laboratories*), yang umumnya mensyaratkan kadar air kitosan maksimal sebesar 12%. Rendahnya kadar air yang diperoleh mengindikasikan bahwa proses pengeringan pada tahap akhir preparasi kitosan telah berlangsung secara efektif dan optimal. Semakin rendah kadar air pada kitosan, maka mutu (kemurnian) kitosan semakin tinggi, daya tahan simpannya meningkat, serta kemampuannya dalam menyerap air (higroskopisitas) dan minyak pada suatu produk (*seperti kertas atau bahan pangan*) akan berkurang (Ahmad dkk., 2010). Kitosan bersifat higroskopis sehingga mudah menyerap uap air dari udara di sekitarnya (Dompeipen dkk., 2016).

b. Kelarutan Kitosan

Secara kimiawi, sifat kitosan yang tidak larut dalam air atau pelarut organik netral tetapi larut baik dalam asam encer berkaitan erat dengan fenomena protonasi (Sipahutar dkk., 2026). Ketika kitosan dimasukkan ke dalam larutan asam asetat 2%, terjadi interaksi antara ion hidrogen (H^+) dari asam dengan gugus amina bebas

(-NH₂) yang melimpah pada rantai polimer kitosan. Gugus amina tersebut akan menangkap ion hidrogen dan berubah menjadi gugus bermuatan positif (-NH₃⁺) atau terprotonasi. Gaya tolak-menolak elektrostatis antar muatan positif pada rantai polimer ini menyebabkan rantai kitosan merenggang, mengembang (*swelling*), dan akhirnya terdispersi atau larut sempurna membentuk larutan koloid kationik yang viskos (Rani dkk., 2024).

karakteristik kelarutan kitosan yang sempurna dalam asam asetat 2% ini memegang peranan penting bagi efektivitasnya sebagai biokoagulan pada pengolahan limbah cair Rumah Potong Hewan (RPH). Kemampuan larut yang tinggi memastikan polimer kationik kitosan dapat terdistribusi secara homogen saat proses koagulasi-flokulasi. Gugus amina aktif (-NH₃⁺) yang telah terprotonasi sempurna dalam fase cair akan bertindak secara optimal sebagai agen penetral muatan (*charge neutralization*) dan agen jembatan polimer (*polymer bridging*) guna mengikat partikel koloid bermuatan negatif, menurunkan kadar kekeruhan, serta menyisihkan parameter pencemar organik pada limbah RPH.

Berdasarkan Badan Standarisasi Nasional melalui SNI 7949:2013, syarat mutu kelarutan kitosan yang baik ditandai dengan sifat terlarut sempurna atau memiliki persentase kelarutan yang tinggi dalam larutan asam organik encer. Keberhasilan kitosan yang disintesis dalam melarut sempurna pada asam asetat 2% mengindikasikan bahwa produk kitosan cangkang kepiting bakau pada penelitian ini telah memenuhi standar nasional mutu kitosan yang berlaku (BSN, 2013).

c. Rendemen

Rendemen yang dihasilkan pada tahapan proses pembuatan kitosan dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Rendemen Kitosan

No	Tahapan Proses	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Rendemen (100%)
1.	Deproteinasi (NaOH 3%)	66	57	86,36
2.	Demineralisasi (HCl 1.25 N)	57	47	71,21
3.	Deasitilasi (NaOH 60%)	47	27	57,45

Berdasarkan hasil ekstraksi cangkang kepiting (*Scylla serrata*) yang disajikan pada Tabel 4.3, diperoleh rendemen total kitosan sebesar 40,91% dari total berat awal serbuk cangkang sebanyak 66 g. Terjadinya penurunan berat massa

sampel pada setiap tahapan isolasi menunjukkan adanya penyisihan senyawa-senyawa non-kitin secara bertahap.

Dari berat kitin kering awal sebesar 47 gram, dihasilkan berat kitosan kering sebesar 27 gram. Melalui perbandingan massa tersebut, nilai persentase rendemen kitosan yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sebesar 57,45%. Penurunan bobot massal pada tahap ini disebabkan oleh terlepasnya gugus asetil ($-\text{CH}_3\text{CO}$) pada polimer kitin yang kemudian digantikan oleh gugus amina ($-\text{NH}_2$). Konsentrasi NaOH yang tinggi (60%) efektif memutuskan ikatan kovalen gugus asetil tersebut. Secara teoritis, penggunaan konsentrasi basa yang pekat mempercepat pemutusan rantai polimer, sehingga menyebabkan sebagian fraksi massa hilang ke dalam larutan pencuci dan menghasilkan rendemen kitosan yang lebih rendah, namun berkorelasi positif terhadap tingginya nilai derajat deasetilasi (DD) yang terbentuk.

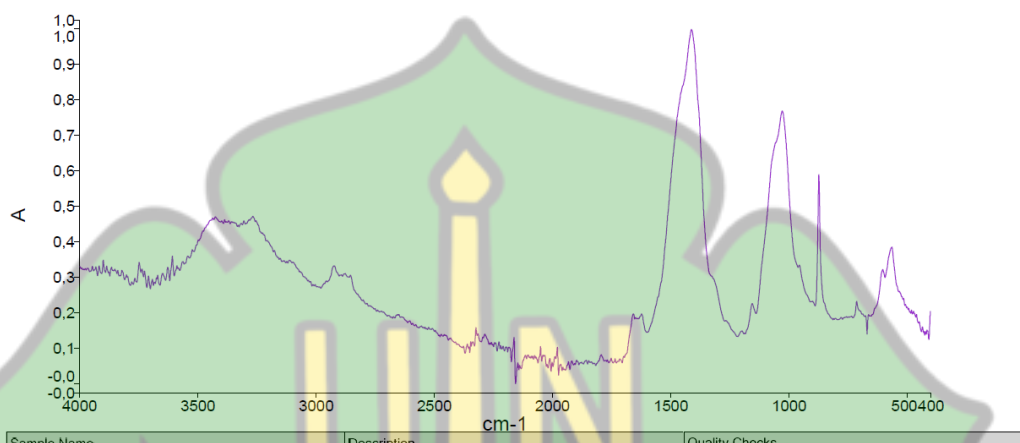
Pada tahap pertama yaitu deproteinisasi menggunakan larutan NaOH 3%, diperoleh nilai rendemen sebesar 86,36% dengan penyisihan massa sebesar 9 g. Penurunan massa ini disebabkan oleh larutnya kandungan protein yang terikat pada matriks cangkang kepiting menjadi senyawa natrium proteinat yang larut dalam air. Tahap kedua berupa demineralisasi dengan HCl 1.25 N menghasilkan padatan kitin dengan nilai rendemen sebesar 71,21% terhadap berat cangkang awal. Proses ini menyisihkan sebagian besar kandungan mineral tak organik, terutama kalsium karbonat (CaCO_3), yang bereaksi dengan HCl membentuk garam kalsium klorida CaCl_2 yang mudah larut serta melepaskan gas karbondioksida (CO_2).

Maka dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi NaOH yang digunakan maka semakin rendah rendemen yang didapatkan. Penurunan berat di setiap tahapan akibat hilangnya zat pengotor. Khusus pada tahap deasetilasi, rendemen sebesar 57,45% didapatkan karena penggunaan NaOH konsentrasi tinggi (60%). Konsentrasi yang pekat ini menyebabkan hidrolisis berjalan optimal sehingga banyak gugus asetil yang lepas, yang akan menurunkan nilai rendemen akibat adanya fraksi massa polimer yang ikut terkikis, namun menghasilkan kitosan dengan mutu yang baik. Hal ini diperkuat pada teori Tanasale, (2010) menyatakan semakin tinggi konsentrasi NaOH dan suhu proses yang digunakan pada proses deasetilasi, semakin tinggi pula nilai derajat deasetilasi sehingga mutu kitosan juga akan semakin tinggi. Kombinasi konsentrasi NaOH dan suhu proses yang tepat

akan menghasilkan kitosan dengan nilai derajat deasetilasi yang tinggi dan mutu yang baik. Kitosan yang dihasilkan selanjutnya dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) untuk mengukur derajat deasetilasi.

d. Analisis FT-IR

Berdasarkan hasil analisis serapan diperoleh gugus fungsi yang terdapat pada kitosan cangkang kepiting dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 spektrum serapan FT-IR kitosang cangkang kepiting

Dilihat pada Gambar 4.1 spektrum serapan FT-IR kitosan cangkang kepiting, puncak umum pada kitosan susuh kura dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Perbandingan gugus fungsi kitosan cangkang kepiting dan kitosan standar

Gugus Fungsi / Jenis Ikatan	Frekuensi (cm ⁻¹) Kitosan Sigma (Standar)	Frekuensi (cm ⁻¹) kitosan hasil isolasi
Peregangan -OH dan -NH ₂	3448,72	68,24
Peregangan C-H (Alifatik)	2924,09	82,11
C=O Peregangan (Amida I)	1653,00	89,45
N-H Tekukan (Amina primer)	1597,06	86,18
C-H Tekukan (-CH ₂ -)	1421,54	85,90
C-H Tekukan (-CH ₃)	1381,03	84,32
Peregangan C-O-C asimetris	1157,29	81,05
Peregangan C-O (Sakarida)	1072,42	64,50
Regangan Cincin β-glikosidik	896,90	88,37

e. Derajat Deasitilasi

Derajat deasetilasi adalah persentase gugus asetil yang dapat dihilangkan dari rendemen kitin dan kitosan. Perhitungan derajat deasetilasi kitosan menggunakan persamaan Domszy dan Robert.

Berdasarkan hasil analisis menggunakan spektrum *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) pada Tabel 4.4 diperoleh nilai derajat deasetilasi (DD) kitosan dari cangkang kepiting (*Scylla serrata*) sebesar 68,04 %. jika dibandingkan dengan standar kualitas kitosan komersial berdasarkan SNI 7949:2013 yang mensyaratkan nilai DD minimal 70-75 %, nilai yang diperoleh dalam penelitian ini memang secara matematis belum memenuhi standar baku mutu komersial tersebut. Meskipun nilai derajat deasetilasi kitosan yang dihasilkan hanya sebesar 68.4% dan belum mencapai standar komersial SNI 7949:2013 (minimal 75 %), senyawa ini secara definitif tetap dikategorikan sebagai kitosan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Baxter *et al.* (1992) dan Roberts (1992) yang menegaskan bahwa batas transisi sifat fisikokimia antara kitin dan kitosan berada pada rentang 50–60%. Di atas ambang batas tersebut, polimer telah mengalami hidrolisis gugus asetil yang cukup untuk mengubah sifat kelarutannya menjadi larut dalam asam encer, yang merupakan karakteristik mutlak dari senyawa kitosan.

Menurut Pitriani (2010) untuk mendapatkan kitosan dengan derajat deasetilasi yang tinggi sangatlah sulit dikarenakan kitin secara alami berbentuk kristalin yang mengandung rantai-rantai polimer kitin yang berkerapatan sangat tinggi, yang satu sama lain terikat dengan ikatan hidrogen yang sangat kuat, sehingga menghalangi saat proses pembentukannya. Masih terdapatnya beberapa gugus asetil yang terikat pada beberapa gugus N kitosan disebabkan karena proses deasetilasi yang terjadi pada kitin tidak pernah selesai (Nisah, 2019).

Belum optimalnya nilai DD yang didapatkan diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor pada saat proses deasetilasi di laboratorium, seperti durasi pemanasan yang kurang lama atau pengadukan yang belum homogen saat mereaksikan kitin dengan NaOH 60%. Proses pengadukan pada deasetilasi yang tidak sempurna dapat mengakibatkan kitin tidak bereaksi secara maksimal dengan larutan (Kampak, 2017). Konsentrasi NaOH juga berpengaruh dalam meningkatkan nilai derajat deasetilasi. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Mastuti (2005) yaitu, konsentrasi NaOH merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi nilai derajat deasetilasi kitosan karena NaOH dapat memutus ikatan antar karbon pada gugus asetil dengan atom N yang ada pada kitin. Kemampuan membentuk flok oleh kitosan sebagai biokoagulan tergantung pada derajat deasetilasi. Menurut Sinardi,

Prayatni, dan Suprihanto (2018) semakin tinggi derajat deasetilasi kitosan maka semakin rendah gugus asetil kitosan sehingga interaksi antar ion dan ikatan hidrogen akan semakin kuat. Hilangnya gugus asetil dari kitosan menyebabkan kitosan yang memiliki muatan positif mampu mengikat senyawa-senyawa yang bermuatan negatif, seperti protein, anion polisakarida membentuk ion netral.

Meskipun demikian, nilai DD sebesar 68,04% ini sudah cukup untuk membentuk gugus amina bebas ($-NH_3^+$) yang bermuatan positif, sehingga polimer ini tetap memiliki kemampuan reaktif untuk mengikat partikel koloid dalam pengujian efektivitas koagulasi limbah Rumah Potong Hewan (RPH). Namun belum dikatakan ideal karena belum memenuhi >70%. Menurut Trisnawati et al. (2013) pada penelitian Mashuni dkk., (2021) jika derajat deasetilasi <70% maka polimer disebut kitin dan apabila derajat deasetilasi >70% maka polimer disebut kitosan. Sintesis kitosan dari kitin dibuktikan dengan pemutusan ikatan antara gugus asetil kitin dengan atom nitrogen, (deasetilasi) sehingga berubah menjadi gugus amina (NH_2).

Pengolahan air limbah Rumah Potong Hewan (RPH) dalam penelitian ini menerapkan metode koagulasi-flokulasi melalui pengujian *jar test* untuk mereduksi kadar TSS dan COD. Pada penelitian ini dilakukan pengolahan dengan variasi kecepatan pengadukan. Sebagai langkah awal sebelum proses koagulasi-flokulasi dilakukan, karakteristik awal air limbah RPH diuji terlebih dahulu untuk mengetahui nilai dasar TSS, COD dan pH. Data karakteristik awal yang diperoleh kemudian dievaluasi dengan menyandingkannya terhadap Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Rumah Potong Hewan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014.

Berdasarkan hasil uji pendahuluan, air limbah rumah potong hewan Gampong Pande mengandung konsentrasi parameter pencemar pada Tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5 Hasil uji pendahuluan limbah RPH Gampong Pande

Parameter	Baku mutu	Hasil Uji	Keterangan
COD	200 mg/L	1,626 mg/L	Tidak memenuhi
TSS	100 mg/L	250 mg/L	Tidak memenuhi
pH	6-9	7,77	Memenuhi

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

Berdasarkan hasil uji pendahuluan pada Tabel 4.5 diketahui bahwa karakteristik awal air limbah Rumah Potong Hewan (RPH) Gampong Pande sebelum mengalami proses koagulasi-flokulasi berada dalam kondisi yang sangat tercemar. Jika dibandingkan dengan regulasi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Rumah Potong Hewan, nilai parameter COD dan TSS pada sampel ini telah melebihi ambang batas baku mutu yang diizinkan.

Kadar COD awal sampel mencapai 1,626 mg/L, di mana nilai ini 8,1 kali lipat lebih tinggi dibandingkan batas maksimum regulasi sebesar 200 mg/L. Parameter TSS juga menunjukkan tingkat pencemaran yang tinggi, yaitu sebesar 250 mg/L, yang berarti telah melebihi baku mutu (100 mg/L) hingga 2,5 kali lipat. Sementara itu, derajat keasaman (pH) awal air limbah berada pada angka 7,77 yang mana nilai tersebut masih memenuhi rentang aman regulasi (6–9). Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu pada air limbah RPH Gampong Pande sebelum dibuang ke lingkungan dan mencemari lingkungan.

4.2 Pengujian Variasi Dosis Kitosan Cangkang Kepiting Sebagai Koagulan Terhadap Penurunan Parameter Pada Air Limbah Rumah Potong Hewan

Metode koagulasi-flokulasi diterapkan dalam pengolahan air limbah RPH ini dengan memanfaatkan kitosan cangkang kepiting sebagai koagulan. Pemanfaatan kitosan cangkang kepiting difokuskan untuk mereduksi kadar parameter pencemar berupa TSS dan COD.

4.2.1 Penurunan Parameter *Total Suspended Solid* (TSS)

Total Suspended Solid atau padatan tersuspensi total (TSS) adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 μm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Yang termasuk TSS adalah lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, ganggang, bakteri dan jamur (Harahap dkk., 2022). TSS merupakan salah satu faktor penting menurunnya kualitas perairan sehingga menyebabkan perubahan secara fisika, kimia dan biologi. Pada air limbah RPH Gampong Pande didapatkan hasil TSS yaitu 250 mg/L ini artinya limbah RPH tersebut sudah melebihi baku mutu yang sudah ditetapkan oleh Peraturan Menteri

Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014. Peningkatan TSS akan meningkatkan kekeruhan yang selanjutnya menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam kolom perairan (Pagoray dkk., 2021). TSS sangat berguna dalam analisis perairan dan buangan domestik yang tercemar serta dapat digunakan untuk mengevaluasi mutu air, maupun menentukan efisiensi unit pengolahan (Hidayat dkk., 2016).

Pengolahan limbah cair ini perlu dilakukan untuk mendapatkan kualitas air yang memenuhi standar. Salah satu pengolahan limbah cair yang banyak digunakan dengan teknik koagulasi flokulasi. Teknik ini bertujuan menghilangkan suspensi, padatan terlarut, dan bahan organik dari air limbah (Widiyawati dkk., 2022).

Adapun hasil pengolahan air limbah RPH Gampong Pande dengan penambahan koagulan kitosan cangkang kepiting dapat dilihat pada Tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.6 Kemampuan koagulan terhadap penurunan konsentrasi TSS

No	Variasi Dosis Kitosan (mg/L)	Variasi Pengadukan	Nilai Awal TSS (mg/L)	Konsentrasi Akhir TSS (mg/L)	Efesiensi (%)	Standar Baku Mutu (mg/L)
1	0	RM 120 rpm/ SM 30 rpm	250	83	66,8	100
2	20			10	96,0	
3	40			34	86,4	
4	60			50	80,0	
5	80			29	88,4	
6	100			105	58,0	
1	0	RM 120 rpm/ SM 30 rpm	250	29	88,4	
2	20			10	96,0	
3	40			29	88,4	
4	60			53	78,8	
5	80			57	77,2	
6	100			55	78,0	

Sumber : Hasil Penelitian laboratorium, 2026

Berdasarkan hasil dari Tabel 4.6 diatas dilakukan pengujian mengenai efektivitas dosis koagulan kitosan dari cangkang kepiting (*Scylla serrata*) terhadap penurunan konsentrasi *Total Suspended Solids* (TSS) pada air limbah Rumah Potong Hewan (RPH) hasil pengujian dilakukan dengan variasi dosis koagulan (0, 20, 40, 60, 80, dan 100 mg/L) pada dua variasi sistem pengadukan koagulasi-

flokulasi, yaitu kecepatan 120/30 rpm dan 150/30 rpm. Air limbah RPH murni memiliki karakteristik beban pencemar fisik yang sangat tinggi dengan nilai awal TSS sebesar 250 mg/L. Tingginya padatan tersuspensi awal ini berasal dari sisa pencucian daging, darah, lemak, serta partikel pakan atau kotoran dari saluran pencernaan hewan yang disembelih. Adapun tujuan dari pengolahan ini adalah menurunkan polutan fisik tersebut agar *effluent* akhir mampu memenuhi ambang batas yang ditetapkan dalam Standar Baku Mutu Lingkungan untuk limbah RPH, yaitu sebesar 100 mg/L.

Pada variasi pengadukan cepat 120 rpm dan pengadukan lambat 30 rpm, proses sedimentasi alami tanpa penambahan koagulan (dosis 0 mg/L) hanya mampu menurunkan konsentrasi TSS menjadi 83 mg/L dengan efisiensi sebesar 66,8%. Penurunan konsentrasi TSS yang paling optimum tercapai ketika dosis kitosan ditingkatkan menjadi 20 mg/L, dimana konsentrasi akhir TSS turun secara drastis hingga menyisakan 10 mg/L dengan efisiensi penyisihan mencapai 96,0%. Namun, peningkatan dosis kitosan lebih lanjut dari 40 mg/L hingga 100 mg/L menunjukkan tren penurunan efisiensi yang fluktuatif. Bahkan pada dosis maksimal sebesar 100 mg/L, konsentrasi akhir TSS kembali melonjak hingga 105 mg/L dengan efisiensi yang merosot menjadi 58,0%, yang menandakan bahwa dosis tersebut telah melebihi ambang batas efektivitas koagulan sehingga konsentrasi akhirnya tidak lagi memenuhi standar baku mutu 100 mg/L.

Sementara itu, pada variasi pengadukan cepat 150 rpm dan pengadukan lambat 30 rpm, pola penurunan TSS menunjukkan karakteristik yang serupa dengan efisiensi optimum yang sama. Tanpa koagulan (0 mg/L), gaya sentrifugasi dari pengadukan cepat 150 rpm membantu flok alami mengendap lebih cepat sehingga menghasilkan nilai TSS akhir 29 mg/L (efisiensi 88,4%). Titik efektivitas puncak kembali terdapat pada dosis kitosan 20 mg/L dengan nilai akhir TSS sebesar 10 mg/L (efisiensi 96,0%). Pada penambahan dosis di atas titik optimum (40 mg/L hingga 100 mg/L), konsentrasi akhir TSS mengalami fluktuasi di kisaran 29 mg/L hingga 57 mg/L dengan efisiensi berkisar antara 77,2% hingga 88,4%. Berbeda dengan variasi sebelumnya, seluruh dosis perlakuan pada pengadukan 150/30 rpm ini berhasil menghasilkan air olahan yang aman dan memenuhi standar baku mutu (< 100 mg/L).

Tingginya efektivitas kitosan cangkang kepiting pada dosis optimum 20 mg/L didorong oleh tingginya kandungan gugus amina bermuatan positif (NH_3^+) yang terbentuk akibat proses deasetilasi kitin. Air limbah RPH kaya akan protein, darah, dan asam lemak yang umumnya bermuatan negatif di dalam air. Ketika kitosan bermuatan kationik diaduk secara cepat, terjadi gaya tarik elektrostatik yang kuat yang memicu destabilisasi muatan koloid limbah atau disebut proses netralisasi muatan (*charge neutralization*). Hal ini sejalan dengan penelitian Rochmadi dkk. (2021) yang menyatakan bahwa gugus amina bermuatan positif (NH_3^+) pada kitosan bertindak sebagai agen netralisasi muatan koloid. Kitosan memiliki gugus fungsional amina ($-\text{NH}_2$) yang bermuatan positif yang sangat reaktif, sehingga mampu berikatan dengan dinding sel bakteri yang bermuatan negatif (Mahatmanti dkk., 2013). Karakteristik limbah RPH yang kaya akan emulsi organik bermuatan negatif sangat responsif.

Sebaliknya, peningkatan kembali kadar TSS pada dosis yang berlebih (seperti dosis 100 mg/L pada pengadukan 120 rpm yang melonjak hingga 105 mg/L) dapat dijelaskan melalui fenomena restabilisasi koloid atau kelebihan dosis (*overdosing*). Menurut teori koagulasi-flokulasi polimer organik, penambahan kitosan yang terlalu jenuh menyebabkan seluruh permukaan partikel koloid negatif terselimuti total oleh muatan positif dari polimer kationik. Akibatnya, partikel-partikel tersebut berbalik muatan menjadi positif sepenuhnya dan saling tolak-menolak kembali secara elektrostatik. Flok yang sudah terbentuk menjadi pecah dan partikel tersuspensi kembali melayang di dalam air, sehingga meningkatkan kekeruhan dan nilai TSS akhir. Hal ini sejalan dengan pernyataan Raivani dkk., 2025 yang menyatakan jika dosis terlalu tinggi (*overdose*) akan menyebabkan muatan positif yang berlebih sehingga gaya yang tidak seimbang dari muatan positif yang berlebih ini akan membuat partikel mengalami gaya tolak-menolak elektrostatik kembali yang menyebabkan flok yang sudah terbentuk dapat pecah atau terdispersi kembali. Dosis flokulan yang rendah juga akan membuat polimer tidak cukup untuk mengikat mikroflok yang sudah terbentuk, akibatnya flok yang terbentuk akan sangat kecil dan memerlukan waktu yang lebih lama untuk partikel mengendap.

4.2.2 Penurunan Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Nilai COD menggambarkan total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologi maupun yang sukar didegradasi menjadi CO₂ dan H₂O (Aulia dkk., 2021). Air limbah yang berasal dari Rumah Pemotongan Hewan (RPH) Kota Banda Aceh memiliki konsentrasi (COD) awal sebesar 1,626 mg/L. Nilai tersebut berada jauh diatas ambang batas yang diperbolehkan, yaitu 200 mg/L, sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk kegiatan Rumah Pemotongan Hewan. Oleh karena itu, dilakukan pengolahan limbah menggunakan metode koagulasi-flokulasi melalui pengujian jar test dengan variasi konsentrasi dan dosis koagulan. Hasil penurunan kadar COD setelah proses koagulasi-flokulasi disajikan pada Tabel 4.7 yang menunjukkan efektivitas koagulan cangkang kepiting dalam menyisihkan kandungan COD dari air limbah RPH.

Tabel 4.7 kemampuan koagulan terhadap penurunan konsentrasi COD

No	Variasi Dosis Kitosan (mg/L)	Variasi Pengadukan	Nilai COD Awal (mg/L)	Nilai COD Akhir (mg/L)	Efesiensi Penurunan (%)	Standar Baku Mutu (mg/L)
1	0	RM 120 rpm/ SM 30 rpm	1,626	1038	36.16	200
2	20			1008	38.01	
3	40			966	40.59	
4	60			1144	26.64	
5	80			789	51.48	
6	100			541	66.73	
1	0	RM 150 rpm/ SM 30 rpm	1,626	1078	33.7	
2	20			700	56.95	
3	40			623	61.69	
4	60			749	53.94	
5	80			513	68.45	
6	100			1193	26.63	

Sumber : Hasil Penelitian laboratorium, 2026

Berdasarkan data penelitian yang disajikan pada Tabel 4.7 dilakukan analisis mendalam mengenai kemampuan biokoagulan kitosan dari cangkang kepiting (*Scylla serrata*) dalam menyisihkan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada air limbah Rumah Potong Hewan (RPH). Air limbah RPH murni teridentifikasi memiliki kandungan polutan organik terlarut dan koloid yang sangat

pekat, ditandai dengan nilai awal COD sebesar 1,626 mg/L. Karakteristik tingginya nilai COD awal ini utamanya disebabkan oleh akumulasi senyawa organik kompleks seperti sisa darah hewan, potongan jaringan lemak, pecahan zat protein otot, serta lendir pencucian yang ikut larut dalam aliran air limbah. Guna mengukur efektivitas pengolahan, hasil penurunan parameter COD ini dikomparasikan terhadap Standar Baku Mutu Lingkungan untuk kegiatan RPH yang membatasi kadar efluen maksimal sebesar 200 mg/L.

Berdasarkan perlakuan yang diuji, efektivitas koagulan kitosan dalam mengartikan nilai COD dipengaruhi secara signifikan oleh dinamika dosis koagulan serta modifikasi kecepatan pengadukan cepat yang diberikan. Pada variasi pengadukan cepat 120 rpm dan pengadukan lambat 30 rpm, sampel kontrol tanpa zat koagulan (dosis 0 mg/L) menghasilkan nilai COD akhir 1038 mg/L dengan efisiensi penurunan alami sebesar 36,16%. Ketika diberikan perlakuan kitosan dari dosis 20 mg/L hingga 80 mg/L, penyisihan COD berjalan fluktuatif dan kurang optimal dengan sisa nilai COD akhir yang berkisar antara 789 mg/L sampai 1,144 mg/L (efisiensi 26,64% – 51,48%). Kinerja koagulan pada variasi 120 rpm ini baru mencapai tingkat dosis optimum pada penambahan kitosan sebesar 100 mg/L, yang mampu menurunkan nilai COD hingga menyentuh angka terendah 541 mg/L dengan efisiensi penurunan puncak sebesar 66,73%.

Perubahan kinerja yang sangat drastis dan signifikan terjadi ketika diubah menggunakan variasi pengadukan cepat yang lebih tinggi, yaitu 150 rpm dan pengadukan lambat 30 rpm. Pada variasi pengadukan ini, pemberian dosis rendah (0 mg/L) belum menunjukkan perubahan mutlak di mana kadar COD akhir masih bertahan tinggi pada angka 1076 mg/L (efisiensi 33,7%) penurunan pada sampel tanpa koagulan ini murni terjadi karena proses sedimentasi alami akibat gaya gravitasi pada partikel-partikel tersuspensi berukuran besar (*macro-flocs*). Pada penambahan dosisi 20 mg/L dan 40 mg/L efisiensi penyisihan meningkat secara bertahap masing-masing menjadi (56,95% dan 61,69%). Hal ini membuktikan bahwa polimer kitosan bekerja efektif mengikat partikel koloid organik yang semula stabil dalam larutan. Pola efisiensi tertinggi atau dosis optimum mutlak pada variasi pengadukan 150/30 rpm tercapai secara sangat efektif pada dosis 80 mg/L. Dosis ini sukses memangkas beban bahan organik terlarut dari 1,626 mg/L hingga

menyisakan nilai COD akhir sebesar 513 mg/L dengan efisiensi penurunan mencapai 68,45%. Keberhasilan perlakuan kombinasi dosis 80 mg/L dengan pengadukan cepat 150 rpm ini dinyatakan sangat efektif meskipun belum memenuhi standar baku mutu lingkungan, karena nilai akhir COD 513 mg/L belum berada dibawah baku mutu yang diwajibkan yaitu 200 mg/L. Sementara itu, penambahan dosis ke tingkat maksimum 100 mg/L justru menyebabkan efek penurunan anjlok ke angka negatif (26,63%) dengan nilai akhir 1193 mg/L, mengindikasikan ketidakstabilan larutan akibat penjenhuan zat polimer organik.

Kitosan merupakan polimer kationik alami linear yang mengandung gugus fungsi amina ($-NH_2$) dan hidroksil ($-OH$) dalam jumlah melimpah sepanjang rantai karbonnya. Ketika dilarutkan dalam asam asetat encer menuju netral, gugus amina akan mengalami protonasi membentuk ion amonium bermuatan positif ($-NH_3^+$). Di sisi lain, partikel koloid organik limbah RPH (seperti protein dan lemak terlarut) membawa muatan permukaan negatif akibat adanya gugus karboksilat. Penambahan polimer kationik berlebih menyebabkan seluruh permukaan koloid organik tertutupi total oleh muatan positif dari kitosan. Hal ini memicu pembalikan muatan (*charge reversal*) partikel menjadi positif penuh, sehingga antar partikel kembali saling tolak-menolak secara elektrostatik (Huang et al., 2020). Koloid kembali menjadi stabil dan terdispersi halus, mempersulit pembentukan flok. Kitosan sendiri merupakan material organik (polisakarida). Sisa molekul kitosan yang tidak bereaksi dengan polutan akan tetap terlarut dalam air baku, secara langsung meningkatkan konsentrasi karbon organik total dan justru menambah beban COD sisa pada efluen limbah.

Dengan demikian, unit koagulasi-flokulasi dengan kitosan cangkang kepiting direkomendasikan untuk difungsikan sebagai Pengolahan Tahap Pertama (*Primary Treatment*), yang wajib dikombinasikan atau diteruskan dengan unit pengolahan lanjutan (*Secondary Treatment*) seperti reaktor biologis (anaerobik-aerobik) atau sistem filtrasi membran untuk memastikan efluen aman dilepas ke badan air penerima.

4.2.3 Parameter Power Of Hydrogen (pH)

Hasil pengolahan air limbah setelah penambahan koagulan kitosan cangkang kepiting dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Kemampuan biokoagulan dan variasi kecepatan terhadap penstabilan konsentrasi pH

No	Variasi Dosis Kitosan (mg/L)	Variasi Pengadukan	Nilai pH Awal	Nilai pH Akhir	Standar Baku Mutu
1	0	RM 120 rpm/ SM 30 rpm	7,77	8,1	6-9
2	20			8,1	
3	40			8,2	
4	60			8,2	
5	80			8,2	
6	100			8,0	
1	0	RM 150 rpm/ SM 30 rpm		8,1	
2	20			8,3	
3	40			8,2	
4	60			8,1	
5	80			8,2	
6	100			8,0	

Sumber : Hasil Penelitian laboratorium, 2026

Berdasarkan Tabel 4.8 hasil pengujian menunjukkan bahwa proses koagulasi-flokulasi menggunakan biokoagulan kitosan cangkang kepiting pada berbagai dosis dan kecepatan pengadukan tidak menyebabkan perubahan pH yang signifikan. Nilai pH awal limbah RPH yang telah disesuaikan sebesar 7,77 mengalami sedikit peningkatan setelah proses pengolahan, dengan rentang pH akhir antara 8,02–8,39. Seluruh nilai pH hasil pengolahan masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan, yaitu berada pada rentang 6–9.

Pada kecepatan pengadukan 120/30 rpm, pH akhir berturut-turut untuk dosis 0, 20, 40, 60, 80, dan 100 mg/L adalah 8,1; 8,1; 8,2; 8,2; 8,2; dan 8,0. Sementara itu, pada kecepatan pengadukan 150/30 rpm, diperoleh pH akhir sebesar 8,1; 8,3; 8,2; 8,1; 8,2; dan 8,0. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan kitosan tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap perubahan pH limbah. Hal ini karena kitosan merupakan biopolimer alami yang relatif netral dan tidak melepaskan ion-ion yang dapat menyebabkan perubahan pH secara drastis selama proses koagulasi-flokulasi.

kenaikan nilai pH dari kondisi awal (7,77) setelah penambahan biokoagulan kitosan dipengaruhi oleh karakteristik kimia dari kitosan itu sendiri yang bersifat basa lemah. Kitosan memiliki gugus fungsi amina bebas ($-NH_2$) aktif akibat proses deasetilasi. Ketika kitosan dilarutkan dalam medium asam encer saat preparasi dan

diaplikasikan ke air limbah, gugus amina ini akan mengikat ion hidrogen (H^+) dari air untuk mengalami protonasi menjadi gugus bermuatan positif ($-NH_3^+$). Pengikatan ion H^+ bebas oleh gugus amina kitosan ini menyebabkan konsentrasi ion hidrogen di dalam air limbah berkurang, yang secara langsung memicu peningkatan nilai pH menjadi lebih basa (alkalis). Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Kurniawan dkk., (2020) yang menyatakan bahwa sifat alami kitosan sebagai polimer kationik basa lemah berkontribusi pada peningkatan pH air pasca-koagulasi karena penyerapan ion H^+ selama proses netralisasi muatan koloid.

Mekanisme utama kitosan dalam menurunkan parameter pencemar bukan melalui perubahan pH, melainkan melalui proses netralisasi muatan (*charge neutralization*) dan *bridging flocculation*. umumnya mekanisme koagulan kitosan terjadi dengan mekanisme adsorpsi dan jembatan partikel (Hendrawati, 2018). Dalam larutan asam, gugus amina ($-NH_2$) pada kitosan akan terprotonasi menjadi gugus amonium ($-NH_3^+$) yang bermuatan positif. Muatan positif tersebut akan berinteraksi dengan partikel koloid bermuatan negatif yang terkandung dalam limbah RPH sehingga partikel menjadi tidak stabil dan bergabung membentuk flok yang lebih besar dan mudah mengendap. Dengan demikian, perubahan yang terjadi relatif kecil sehingga dapat dikatakan bahwa penggunaan kitosan sebagai biokoagulan cukup aman dan tidak memerlukan penyesuaian pH tambahan setelah proses pengolahan.

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan kitosan cangkang kepiting pada berbagai dosis dan kecepatan pengadukan mampu mempertahankan pH limbah RPH dalam rentang baku mutu 6–9. Variasi dosis dan kecepatan pengadukan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan pH, sehingga kitosan dapat dikategorikan sebagai biokoagulan yang ramah lingkungan dan tidak menyebabkan gangguan terhadap kestabilan pH limbah. Kenaikan pH yang terjadi dari nilai awal 7,77 menjadi kisaran 8,0–8,3 selain dipengaruhi oleh gugus amina basa lemah pada kitosan, juga didorong oleh karakteristik air limbah RPH yang memiliki kapasitas bufer alami yang tinggi akibat kandungan senyawa organik dan bikarbonat di dalamnya.

4.3 Pengaruh Variasi Kecepatan Pengadukan Terhadap Penurunan Parameter Limbah Rumah Potong Hewan (RPH)

Selain penambahan dosis koagulan kitosan cangkang kepiting dalam pengolahan air limbah RPH, penelitian ini juga melakukan pengolahan dengan variasi kecepatan pengadukan. Kecepatan yang digunakan memiliki dua variasi yaitu, pada pengadukan cepat 120 rpm, pengadukan lambat 30 dan pengadukan cepat 150 rpm, pengadukan lambat 30 rpm.

4.3.1 Penurunan Parameter *Total Suspended Solid* (TSS)

Konsentrasi TSS awal limbah RPH sebesar 250 mg/L. Pada pengadukan cepat 120 rpm dan pengadukan lambat 30 rpm, nilai TSS terendah diperoleh pada dosis 20 g, yaitu sebesar 10 mg/L dengan efisiensi penurunan 96%. Sedangkan pada pengadukan 150 rpm/30 rpm, nilai TSS terendah juga diperoleh pada dosis 20 g, yaitu sebesar 10 mg/L dengan efisiensi penurunan 96%.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua variasi kecepatan pengadukan mampu menghasilkan efisiensi penyisihan TSS yang sangat tinggi. Hal ini disebabkan karena kitosan memiliki gugus amina ($-NH_2$) yang dapat terprotonasi menjadi $-NH_3^+$ dalam larutan asam sehingga mampu menetralkan muatan negatif partikel tersuspensi. Setelah muatan partikel dinetralkan, partikel-partikel akan saling beragregasi membentuk flok yang lebih besar dan mudah mengendap.

Pada pengadukan cepat, koagulan terdistribusi secara merata ke seluruh bagian limbah sehingga proses destabilisasi partikel berlangsung efektif. Selanjutnya pada pengadukan lambat 30 rpm terjadi proses flokulasi yang memungkinkan terbentuknya flok berukuran besar dan stabil.

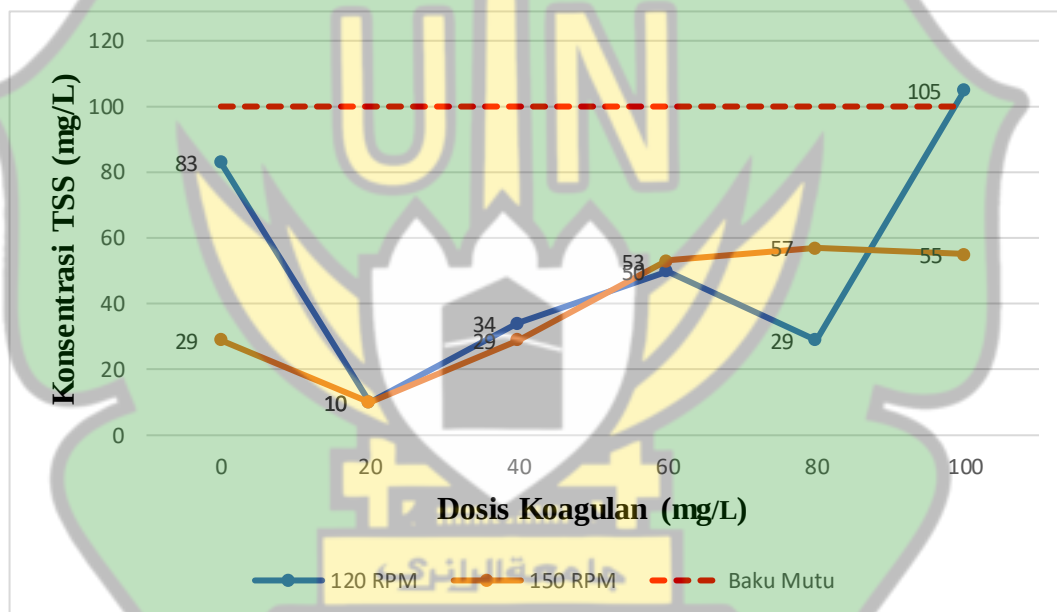
Meskipun efisiensi optimum kedua kecepatan sama-sama mencapai 96%, pengadukan 150 rpm pada dosis yang lebih tinggi menunjukkan kecenderungan menghasilkan nilai TSS yang lebih besar dibandingkan 120 rpm. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan energi pengadukan dapat menyebabkan sebagian flok yang telah terbentuk mengalami pecah kembali (*floc breakage*), sehingga konsentrasi padatan tersuspensi meningkat.

Hasil ini sesuai dengan penelitian mengenai pengaruh kecepatan pengadukan pada proses koagulasi-flokulasi yang menyatakan bahwa peningkatan kecepatan pengadukan akan meningkatkan peluang tumbukan antar partikel, tetapi

jika terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan flok yang telah terbentuk. Koagulan dapat dihomogenkan secara merata dengan pengadukan yang tepat. Pengadukan yang terlalu cepat dapat menyebabkan flok yang terbentuk pecah sebelum proses pengendapan, sedangkan pengadukan lambat tidak dapat membentuk partikel flok dengan baik. Oleh karena itu, kecepatan pengadukan sangat berpengaruh terhadap pengolahan air limbah untuk mencapai efisiensi yang optimal dalam penyisihan parameter TSS (Fitria dkk., 2024).

Dengan demikian, berdasarkan parameter TSS, dosis optimum diperoleh pada 20 g baik pada pengadukan 120 rpm/30 rpm maupun 150 rpm/30 rpm dengan efisiensi penurunan sebesar 96%.

Grafik perbandingan variasi kecepatan pengadukan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik perbandingan variasi kecepatan terhadap penurunan konsentrasi TSS

4.3.2 Penurunan Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Berdasarkan hasil penelitian, konsentrasi COD awal limbah RPH sebesar 1,626 mg/L. Pada pengadukan 120 rpm/30 rpm, nilai COD terendah diperoleh pada dosis kitosan 100 g yaitu sebesar 541 mg/L dengan efisiensi penurunan 66,73%. Sedangkan pada pengadukan 150 rpm/30 rpm, nilai COD terendah diperoleh pada dosis 80 g yaitu sebesar 513 mg/L dengan efisiensi penurunan 68,45%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan pengadukan dari 120 rpm

menjadi 150 rpm mampu meningkatkan proses tumbukan antar partikel sehingga proses netralisasi muatan dan pembentukan flok menjadi lebih efektif. Pada kecepatan pengadukan yang lebih tinggi, distribusi koagulan di dalam limbah menjadi lebih merata sehingga lebih banyak senyawa organik yang dapat teradsorpsi dan terperangkap dalam flok. Namun demikian, pada dosis 100 mg/L dengan pengadukan 150 rpm terjadi peningkatan COD hingga 1,193 mg/L. Kondisi ini diduga akibat *overdosis* koagulan, yang menyebabkan terjadinya restabilisasi partikel sehingga flok yang telah terbentuk pecah kembali dan sebagian senyawa organik terlarut kembali ke dalam air limbah.

Selain faktor dosis koagulan, peningkatan kecepatan pengadukan cepat dari 120 rpm ke 150 rpm juga memberikan pengaruh signifikan terhadap stabilitas fisik flok yang terbentuk. Berdasarkan Tabel 4.3, pada dosis 100 mg/L terjadi lonjakan nilai COD akhir yang sangat kontras saat kecepatan pengadukan ditingkatkan ke 150 rpm, yaitu mencapai 1193 mg/L dengan efisiensi penurunan yang merosot tajam hingga 26.63%. Fenomena ini mengindikasikan bahwa gaya geser (*shear stress*) yang dihasilkan oleh pengadukan 150 rpm terlalu besar untuk ukuran dan kekuatan mekanis flok pada kondisi tersebut.

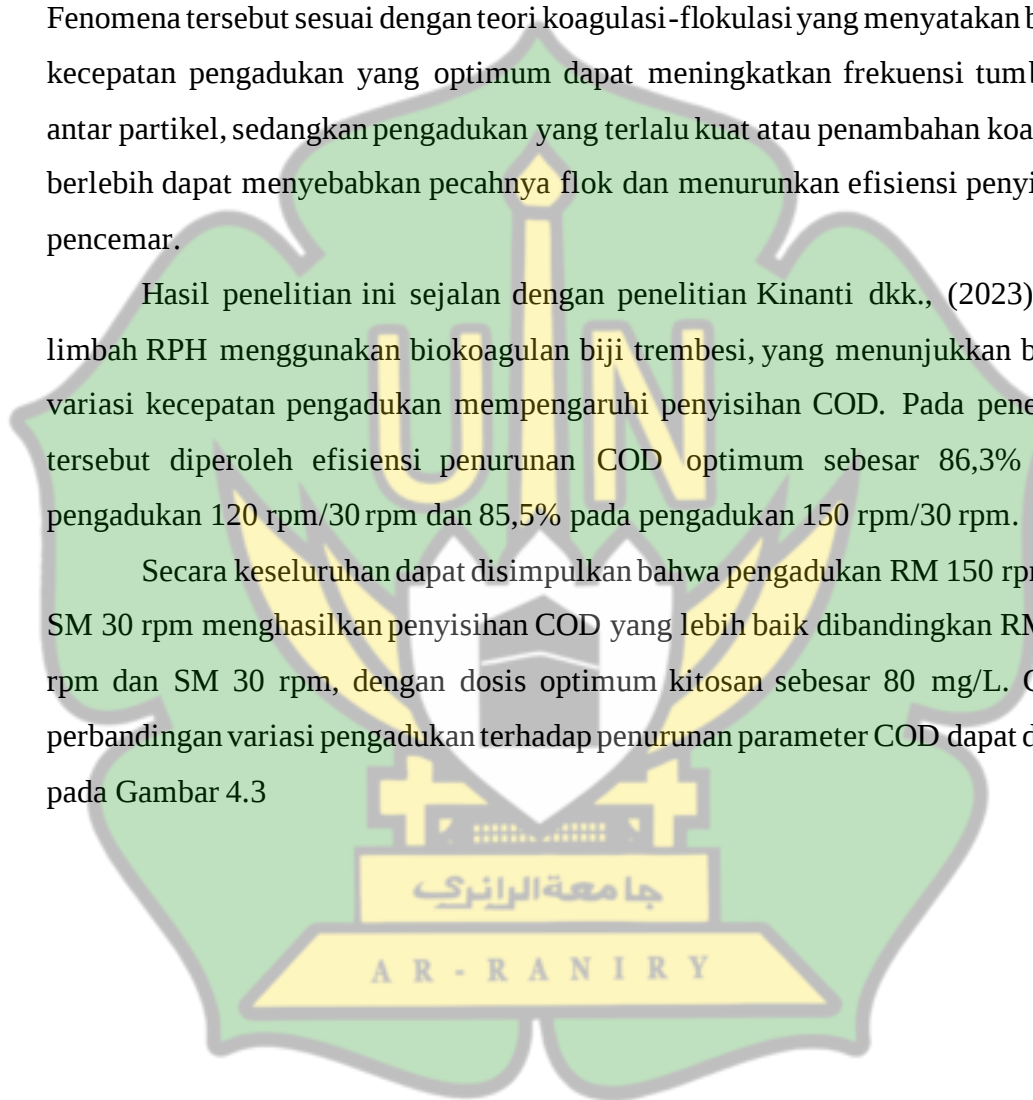
Pengadukan yang terlalu kuat menyebabkan energi kinetik di dalam sistem melebihi energi ikat antarpartikel yang dijembatani oleh kitosan. Akibatnya, makroflok yang baru saja mengagregasi senyawa organik mengalami pemutusan ikatan fisik (*floc breakage*) sebelum sempat masuk ke tahap pengadukan lambat (flokulasi) dan mengendap. Partikel-partikel flok yang pecah ini kembali menjadi mikroflok atau partikel tersuspensi koloid yang stabil di dalam air limbah. Karena proses flokulasi gagal terjadi secara optimal, material organik yang seharusnya terendapkan tetap tertinggal di dalam supernatan dalam bentuk tersuspensi maupun terlarut, yang secara langsung merefleksikan tingginya nilai COD akhir pada hasil pengujian.

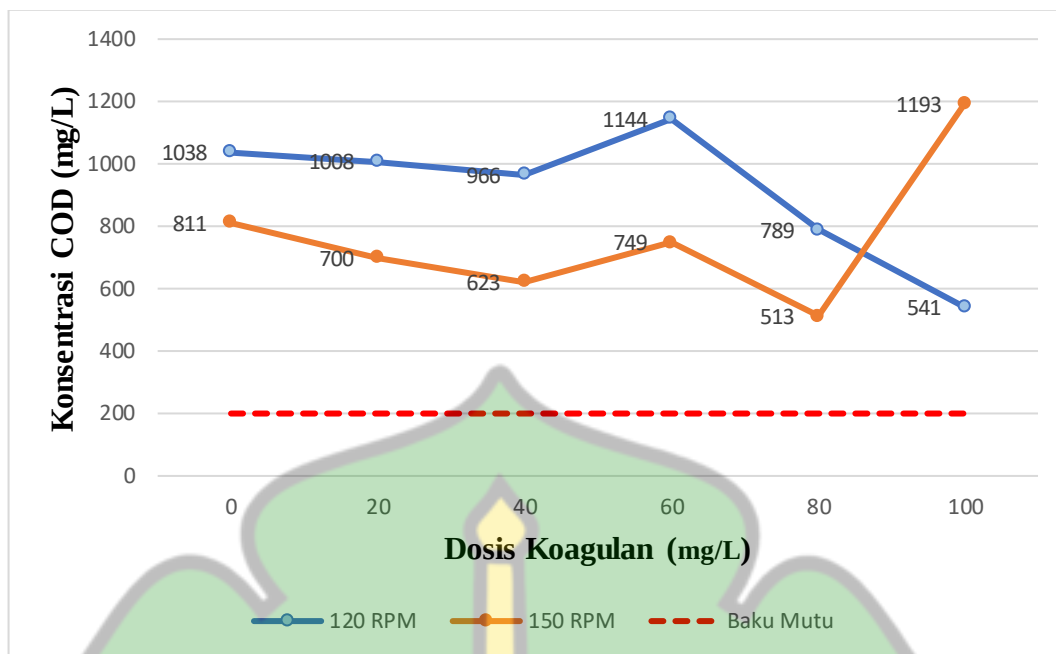
Penurunan COD disebabkan koagulan kitosan yang memiliki kemampuan untuk mengikat partikel tersuspensi sehingga partikel tersebut dapat diendapkan. Dari hasil pengendapan flok inilah jumlah partikel tersuspensi dalam limbah akan berkurang dan jumlah oksigen dalam air akan mengikat kembali sehingga COD akan menurun. Penambahan dosis koagulan juga harus pada batas optimumnya agar

menurunan COD dengan maksimal. Li et al., (2020) menyatakan bahwa penambahan koagulan yang berlebihan akan merestabilisasi endapan polutan dan mengurangi performa flokulasi. Hal ini disebabkan penambahan muatan bahan organik yang berada di dalam limbah cair. Sehingga dibutuhkan lebih banyak oksigen untuk mengoksidasi bahan-bahan organik tersebut yang mengakibatkan oksigen terlarut di dalam limbah semakin berkurang (Widiyawati dkk., 2022). Fenomena tersebut sesuai dengan teori koagulasi-flokulasi yang menyatakan bahwa kecepatan pengadukan yang optimum dapat meningkatkan frekuensi tumbukan antar partikel, sedangkan pengadukan yang terlalu kuat atau penambahan koagulan berlebih dapat menyebabkan pecahnya flok dan menurunkan efisiensi penyisihan pencemar.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Kinanti dkk., (2023) pada limbah RPH menggunakan biokoagulan biji trembesi, yang menunjukkan bahwa variasi kecepatan pengadukan mempengaruhi penyisihan COD. Pada penelitian tersebut diperoleh efisiensi penurunan COD optimum sebesar 86,3% pada pengadukan 120 rpm/30 rpm dan 85,5% pada pengadukan 150 rpm/30 rpm.

Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa pengadukan RM 150 rpm dan SM 30 rpm menghasilkan penyisihan COD yang lebih baik dibandingkan RM 120 rpm dan SM 30 rpm, dengan dosis optimum kitosan sebesar 80 mg/L. Grafik perbandingan variasi pengadukan terhadap penurunan parameter COD dapat dilihat pada Gambar 4.3





Gambar 4.3 Grafik perbandingan variasi kecepatan terhadap penurunan konsentrasi COD

4.3.3 Parameter Power Of Hydrogen (pH)

Nilai pH awal limbah RPH Gampong Pande sebesar 7,77. Setelah proses koagulasi-flokulasi menggunakan kitosan, nilai pH pada seluruh variasi dosis dan kecepatan pengadukan berada pada rentang 8,0–8,3. Pada pengadukan RM 120 rpm dan SM 30 rpm, nilai pH berkisar antara 8,0–8,2, sedangkan pada pengadukan RM 150 rpm dan SM 30 rpm berkisar antara 8,0–8,3. Seluruh hasil tersebut masih memenuhi baku mutu air limbah RPH berdasarkan Permen LHK No. 5 Tahun 2014, yaitu pH berada pada rentang 6–9.

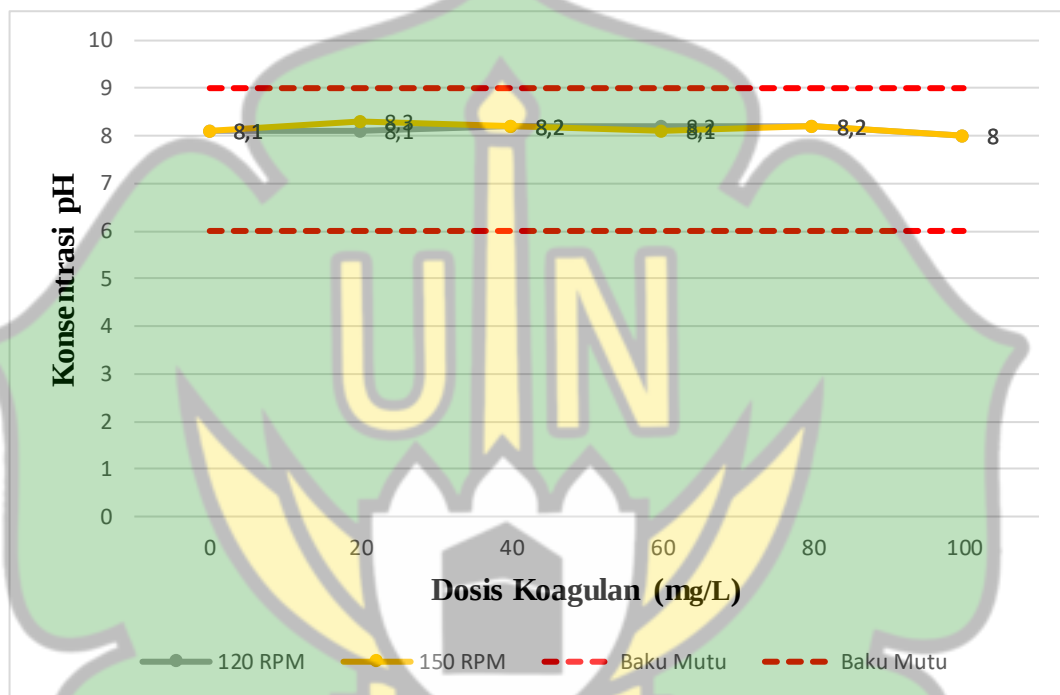
Peningkatan pH setelah proses koagulasi-flokulasi menunjukkan bahwa penambahan kitosan tidak menyebabkan kondisi limbah menjadi terlalu asam ataupun terlalu basa. Perubahan pH yang relatif kecil menunjukkan bahwa kitosan bersifat lebih ramah lingkungan dibandingkan koagulan kimia seperti tawas atau PAC yang sering menyebabkan perubahan pH signifikan dan memerlukan penyesuaian pH tambahan.

Perbedaan kecepatan pengadukan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai pH karena pengadukan hanya mempengaruhi proses kontak antara koagulan dan partikel pencemar, bukan reaksi kimia yang secara langsung mengubah konsentrasi ion H^+ maupun OH^- dalam larutan. Oleh karena

itu, baik pada pengadukan 120 rpm maupun 150 rpm, nilai pH akhir tetap berada dalam rentang yang relatif sama.

Hasil ini sejalan dengan berbagai penelitian Yunia dkk., (2025) koagulasi-flokulasi yang menunjukkan bahwa faktor yang lebih dominan mempengaruhi pH adalah jenis dan dosis koagulan, sedangkan variasi kecepatan pengadukan umumnya tidak memberikan perubahan pH yang signifikan.

Hasil pengolahan air limbah ini dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Grafik perbandingan variasi pengadukan kecepatan cepat pada penstabilan konsentrasi pH

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Efektifitas optimum parameter menggunakan koagulan kitosan cangkang cangkang kepiting untuk penurunan parameter COD yaitu pada dosis 80 mg/L kecepatan pengadukan 150 rpm dan 30 rpm dengan efisiensi penurunan sebesar 68,45%, sedangkan kondisi optimum untuk penurunan TSS diperoleh pada dosis 20 mg/L dengan kecepatan pengadukan 120 rpm dan 30 rpm maupun 150 rpm dan 30 rpm yang menghasilkan efisiensi penurunan sebesar 96%. Dengan demikian, kombinasi dosis kitosan 80 mg/L dan kecepatan pengadukan 150 rpm/30 rpm merupakan perlakuan yang paling efektif dalam pengolahan limbah cair RPH menggunakan metode koagulasi-flokulasi. Sebaliknya, perlakuan yang memberikan hasil terendah terjadi pada dosis kitosan 100 mg/L dengan kecepatan pengadukan 150 rpm/30 rpm, dimana nilai COD meningkat menjadi 1,193 mg/L sehingga efisiensinya hanya sekitar 26,63%. Penurunan efektivitas ini diduga disebabkan oleh *overdosis* kitosan yang mengakibatkan restabilisasi partikel dan pecahnya flok (*floc breakage*), sehingga proses pemisahan bahan pencemar menjadi kurang optimal.
2. Variasi kecepatan pengadukan berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan parameter limbah RPH. Pengadukan 150 rpm/30 rpm memberikan hasil terbaik untuk penurunan COD dengan nilai akhir 513 mg/L dan efisiensi 68,45% pada dosis kitosan 80 mg/L. Untuk parameter TSS, kedua variasi kecepatan memberikan hasil optimum yang sama yaitu 10 mg/L dengan efisiensi 96% pada dosis 20 mg/L. Sementara itu, variasi kecepatan pengadukan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pH karena seluruh nilai pH akhir berada pada rentang 8,0–8,3 dan masih memenuhi baku mutu yang berlaku. Sedangkan hasil terendah diperoleh

pada kecepatan 150 rpm/30 rpm dengan dosis 100 g yang menghasilkan nilai COD sebesar 1,193 mg/L dengan efisiensi penurunan hanya 26,63%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengamatan dan pembahasan penelitian, maka hal yang disarankan pada penelitian ini adalah:

1. Perlu dilakukan optimasi proses deasetilasi pada pembuatan kitosan terutama melalui peningkatan konsentrasi dan/atau volume larutan NaOH serta pengaturan waktu dan suhu reaksi, agar diperoleh nilai derajat deasetilasi (DD) yang memenuhi standar. Nilai DD yang lebih tinggi akan meningkatkan jumlah gugus amina bebas ($-NH_2$) sehingga kemampuan kitosan dalam proses koagulasi-flokulasi menjadi lebih efektif.
2. Perlu dilakukan kombinasi kitosan dengan metode pengolahan lain, seperti adsorpsi, filtrasi, atau proses biologis, untuk meningkatkan efisiensi penyisihan COD yang pada penelitian ini masih berada di atas baku mutu air limbah Rumah Potong Hewan.
3. Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar variasi dosis tidak melebihi dosis optimum yang telah diperoleh, karena pemberian koagulan secara berlebihan berpotensi menyebabkan overdosis koagulan (restabilisasi partikel) sehingga efisiensi koagulasi-flokulasi menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, L., Putra, Y., & Djonaedi (2010). Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Kadar Air dan Daya Serap Minyak Kertas dari Daun Nanas Abstrak. *SNIV: seminar Nasional Inovasi Vokasi*. 4(1), 885–893.
- Aini, A., Sriasih, M., & Kisworo, D. (2017). Studi Pendahuluan Cemaran Air Limbah Rumah Potong Hewan di Kota Mataram. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 15(1), 42.
- Asni, N., Saadilah, M. A., & Saleh, D. (2014). Optimalisasi Sintesis Kitosan Dari Cangkang Kepiting Sebagai Adsorben Logam Berat Pb (II). *Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. 15(1), 18–25.
- Aulia, Z., Sutrisno, E., & Hadiwidodo, H. (2021). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kepiting Sebagai Biokoagulan Untuk Menurunkan Parameter Pencemar COD Dan TSS Pada Limbah Industri Tahu. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 5(2), 167–186.
- Alawiyah, T., Hadi, T., (2016). Sintesis Kitosan Dari Limbah Cangkang Kepiting Sebagai Penjernih Air. *Jurnal Ilmiah Mandala Education*, 2(2), 356–361.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. Kitosan – Syarat Mutu dan Pengolahan. SNI 7949 – 2013. Jakarta: BSN
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 6989.2:2019 Air Dan Air Limbah - Bagian 2: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD). Badan Standardisasi Nasional.
- Dompeipen, E. J., Kaimudin, M., Dewa, R. P. (2016). Isolasi Kitin Dan Kitosan Dari Limbah Kulit Udang. *Jurnal Majalah BIAM*. 12 (01). 32-38
- Dwidewitra, R. P. (2024). Pengaruh Konsentrasi Koagulan Terhadap Proses Pengolahan Air Di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. 2(2), 145–153.
- F. W. Mahatmanti, E. Kusumastuti, Jumaeri¹, M. Sulistyani, A. Susiyanti, U. Haryati, P. S. D. (2013). Pembuatan Kitin Dan Kitosan Dari Limbah Cangkang Udang Sebagai Upaya Memanfaatkan Limbah Menjadi Material Maju. *Book Chapter Kimia Jilid 1*, 1–38.
- Fitria, D., Fadila, M., Mustain, A., & Dandel, B. F. (2024). Penyisihan Parameter Nilai Tss Dan Turbidity Pada Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Krimer.

- Distilat Jurnal Teknologi Separas*. 10(4), 734–742.
- Harahap, M. R., Amanda, L. D., & Matondang, A. H. (2022). Analisis Kadar Cod (Chemical Oxygen Demand) Dan Tss (Total Suspended Solid) Pada Limbah Cair Dengan Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis. *Amina*, 2(2), 79–83.
- Hendrasarie, N., & Santosa, B. A. (2019). Pengolahan Limbah Cair Rumah Potong Hewan Menggunakan Rotating Biological Contactor Modifikasi Sludge Zone. *Journal of Research and Technology*. 5(2), 168-177.
- Hidayat, D., Suprianto, R., & Dewi, P. S. (2016). Penentuan kandungan zat padat (total dissolve solid dan total suspended solid) di perairan teluk lampung. *Analit: analytical and environmental chemistry*. 1(01), 36–46.
- Hidayatullah, N. N. & Rachmanto, T. A. (2024). Pengaruh Penerapan Sistem IPAL terhadap Kualitas Air Buangan Rumah Pemotongan Hewan. *Konstruksi: Publikasi Ilmu Teknik, Perencanaan Tata Ruang dan Teknik Sipil*. 2(3), 125-132.
- Kampak, K. (2017). Nilai Derajat Deasetilasi Kitosan Dari Cangkang. 6(2).
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2014). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Kementerian Lingkungan Hidup.
- Latifa, J. S., Dewata, I. (2025). Efektivitas Kitosan Cangkang Kepiting (Scylla Serrata) Sebagai Koagulan Untuk Mengurangi Mikroplastik Polistirena (Ps) Dalam Air Limbah. Effectiveness. *Masaliq Journal Is Licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License*, 5 (4), 1970–1987.
- Lubis, I., Soesilo, T. E. B., Soemantojo, R. W. (2018). Pengelolaan Air Limbah Rumah Potong Hewan Di Rph X , Kota Bogor , Provinsi Jawa Barat. *J. Manusia & lingkungan*. 25(1), 33–44.
- Mashitah, S. & Asmura, J. (2017). Penyisihan Kadar Fosfat Pada Limbah Cair. *Jom FTEKNIK*, 4(2), 1–6.
- Mastuti, E.W., (2005). Pengaruh Konsentrasi NaOH Dan Suhu Pada Proses Deasetilasi Khitin Dari Kulit Udang. *Ekuilibrium*. 4(1), 21–25.
- Mashuni, M., Natsir, M., Lestari, W. M., Hamid, F. H., & Jahiding, M. (2021). Pemanfaatan Kitosan dari Cangkang Kepiting Bakau (Scylla serrata) dengan

- Metode Microwave sebagai Bahan Dasar Kapsul Obat. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 17(1), 74.
- Nisah, K. (2019). Pemanfaatan Ekstrak Chitin Dari Limbah Kulit Udang Sebagai Biokoagulan Dan Film Bioplastik Untuk Mengurangi Dampak Pencemaran Lingkungan. *Laporan penelitian*.
- Nugroho, I., Putri, N., Adji, J. F. P. Nur, S. R., Sekarningrum, N. A. (2024). Tinjauan Kritis Kemampuan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) dalam Analisis dan Karakterisasi Senyawa Obat. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*. 10(15), 332–344.
- Pakpahan, N., Anggriawan, M. (2022). Penilaian dan Evaluasi Kelayakan Dasar pada Rumah Potong Hewan Ruminansia Saat Meugang di Aceh Barat. *Jurnal Kajian Veteriner*. 10(2), 125–131.
- Pagoray, H., Sulistyawati, S., & Fitriyani, F. (2021). Limbah Cair Industri Tahu dan Dampaknya Terhadap Kualitas Air dan Biota Perairan. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 9(1), 53–65.
- Partuti, T., & Dwiyaniti, Y. (2017). Penentuan Kondisi Optimum Pengendapan Limbah. *Journal Industrial Servicess*. 3(1), 93–97.
- Pratiwi, F. D., Notonegoro, H., & Syaputra, D. (2025). Valorisasi Limbah Cangkang Kepiting Bakau (*Scylla serrata*) Sebagai Sumber Kitin dan Kitosan
Valorization of Mangrove Crab (*Scylla serrata*) Shell Waste as Source of Chitin and Chitosan. *Jurnal Laut Khatulistiwa*. 8(1), 66-71.
- Raivani, D., Hamzah, C., Hikmah, R., Murti, A., & Harianto, Y. F. (2025). Evaluasi Efektifitas Pengaruh Dosis Koagulan dan Flokulan terhadap TSS dan pH Limbah Cair Stockpile Pembangkit Listrik Tenaga Uap. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*. 3(6). 243-252.
- Silalahi, A. M., Fadholah, A., Artanti, L. O. (2020). Isolasi Dan Identifikasi Kitin Dan Kitosan Dari Cangkang Susuh Kura (*Sulcospira Testudinaria*). *Pharmaceutical Journal of Islamic Pharmacy*. 4(1), 1–9.
- Sumaila A., Ndamitso M. M., Iyaka Y.A., Abdulkareem, A.S., Tijani J. O., & Idris M.O (2020). Ekstraksi dan Karakterisasi Chitosan dari Cangkang Kepiting: Studi Kinetik dan Termodinamika Adsorpsi Arsenik dan Tembaga dari Limbah Air Elektroplating. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Irak*. 61(9), 2156–2171.

- Susilawati (2018). Pemanfaatan Kitosan Dari Limbah Cangkang Susuh Kura (*Sulcospira Testudinaria*) Sebagai Biokoagulan Untuk Menurunkan Kadar TSS Dan COD Pada Limbah Cair RPH. *Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh*, 1–102.
- Sipayung, R. H., & Poedjirahajoe, E. (2021). Pengaruh Karakteristik Habitat Mangrove Terhadap Kepadatan Kepiting (*Scylla serrata*). *Jurnal Tambora*. 5(2), 21–30.
- Widiyawati, C., P, D. Y., & Hanifah, R. N. (2022). Kemampuan Koagulan Kitosan dalam Penurunan Konsentrasi TSS dan COD Pengolahan Limbah Cair (Review Jurnal). *Jurnal Tecnoscienza*, 6(2), 294–310.
- Wulandari, W. T., Nurzaman., Pratita. A.T.K., & Indacahyati. K. (2020). Pengaruh Variasi NaOH Terhadap Nilai Derajat Deasetilasi Kitosan dari Limbah Cangkang Kerang Hijau (*Perna viridis* L). *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*. 6(3), 171-176.
- Yunia, Y. P., Suharti, P. H., & Prayotno. (2025). Studi Pengaruh Koagulasi-Flokulasi Dalam Teknik Kimia Dalam Penurunan Kekeruhan Dan Tss. *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*. 11(9), 370–379.
- Zainul Aulia, Endro Sutrisno, M. H. (2021). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kepiting Sebagai Biokoagulan Untuk Menurunkan Parameter Pencemar Cod Dan Tss Pada Limbah Industri Tahu. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 5(2), 167–186.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Nilai Rendemen, Kadar Air dan Derajat Deasitilasi

1. Perhitungan nilai rendemen kitosan

No	Tahapan Proses	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Rendemen (%)
1.	Deproteinasi (NaOH 3%)	66	57	86,36
2.	Demineralisasi (HCl 1.25 N)	57	47	71,21
3.	Deasitilasi (NaOH 60%)	47	27	57.45

Perhitungan nilai presentase (%) rendemen adalah:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{A}{B} \times 100 \%$$

Dimana:

A = Berat kitosan kering yang dihasilkan (gram)

B = Berat kitin kering (gram)

a. Deproteinasi

$$\begin{aligned}\text{Rendemen (\%)} &= \frac{57}{66} \times 100 \% \\ &= 86,36 \%\end{aligned}$$

b. Demineralisasi

$$\begin{aligned}\text{Rendemen (\%)} &= \frac{47}{57} \times 100 \% \\ &= 71,21 \%\end{aligned}$$

c. Deasitilasi

$$\begin{aligned}\text{Rendemen (\%)} &= \frac{27}{47} \times 100 \% \\ &= 57,45 \%\end{aligned}$$

2. Perhitungan kadar air kitosan

Berikut perhitungan kadar air:

$$Kadar\ air = \frac{(W1 - W2)}{(W1)} \times 100\%$$

Dimana:

W1 = Berat kitosan awal / sampel basah

W2 = Berat kitosan setelah dioven

$$\begin{aligned} Kadar\ air &= \frac{(W1 - W2)}{(W1)} \times 100\% \\ &= \frac{(1,5565 - 1,4765)}{(1,5565)} \times 100\% \\ &= \frac{0,0800}{1,5565} \times 100\% \\ &= 5,14\% \end{aligned}$$

3. Perhitungan nilai derajat deasetilasi kitosan

A ₁₆₅₅	A ₃₄₅₀	%DD
0,1941	0,4605	68,6

$$\% \text{ Derajat Deasetilasi} = \left[1 - \left[\frac{A_{1655}}{A_{3450}} \right] \times \left[\frac{100}{1,33} \right] \right] \times 100\%$$

Dimana:

% DD : Persentase derajat deasetilasi

A₁₆₅₅ : absorbansi pada bilangan gelombang 1655cm⁻¹ untuk serapan gugus amida.

A₃₄₅₀ : absorbansi pada bilangan gelombang 3450 cm⁻¹ untuk serapan gugus hidroksil (OH).

1,33 : tetapan yang diperoleh dari perbandingan A₁₆₅₅/A₃₄₅₀ untuk kitosan dengan asetilasi penuh.

Perhitungan :

$$\% DD = \left[1 - \left[\frac{A1655}{A3450} \right] \times \left[\frac{100}{1,33} \right] \right] \times 100\%$$

$$\% DD = \left[1 - \left[\frac{0.1941}{0.4650} \right] \times \left[\frac{100}{1,33} \right] \right] \times 100\%$$

$$=68,6 \%$$



Lampiran 2 Hasil Perhitungan TSS

Rumus perhitungan TSS sebagai berikut

$$TSS (mg/L) = \frac{(A - B) \times 1000}{V}$$

Keterangan:

TSS = Nilai contoh uji mg/L

A = Berat kertas saring + residu kering (mg) dan

B = Berat kertas saring (mg)

V = volume contoh uji (mL)

- Timbangan yang digunakan adalah g : ubah ke mg x 1000
- Volume air limbah yang digunakan adalah L : ubah ke mL x 1000

1. Kadar awal TSS air limbah RPH sebelum penambahan koagulan

Diketahui :

A = 0,2960 gram = 296 mg

B = 0,2710 gram = 271 mg

V = 100 mL

maka perhitungannya sebagai berikut :

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

$$TSS (mg/L) = 250 \text{ mg/L}$$

2. Kadar awal TSS air limbah RPH setelah penambahan koagulan

➤ Pengadukan 120 rpm/30 rpm

a. Dosis 0 mg/L

$W_1 = 0,2660 \text{ gram} = 266 \text{ mg}$

$W_0 = 0,2577 \text{ gram} = 257 \text{ mg}$

V = 100 mL

$$TSS (mg/L) = \frac{(266 \text{ mg} - 257,7 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 83 \text{ mg/L}$$

b. Dosis 20 mg/L

$W_1 = 0,2821 \text{ gram} = 282,1 \text{ mg}$

$$W_0 = 0,2811 \text{ gram} = 281,1 \text{ mg}$$

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

$$TSS (mg/L) = \frac{(282,1 \text{ mg} - 281,1 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ mL}}$$

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

c. Dosis 40 mg/L

$$W_1 = 0,2720 \text{ gram} = 272 \text{ mg}$$

$$W_0 = 0,2686 \text{ gram} = 268,6 \text{ mg}$$

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

$$TSS (mg/L) = \frac{(272 \text{ mg} - 268,6 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 34 \text{ mg/L}$$

d. Dosis 60 mg/L

$$W_1 = 0,2740 \text{ gram} = 274 \text{ mg}$$

$$W_0 = 0,2690 \text{ gram} = 269 \text{ mg}$$

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

$$TSS (mg/L) = \frac{(274 \text{ mg} - 269 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 50 \text{ mg/L}$$

e. Dosis 80 mg/L

$$W_1 = 0,2786 \text{ gram} = 278,6 \text{ mg}$$

$$W_0 = 0,2757 \text{ gram} = 275,7 \text{ mg}$$

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

$$TSS (mg/L) = \frac{(278,6 \text{ mg} - 275,7 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 29 \text{ mg/L}$$

f. Dosis 100 mg/L

$$W_1 = 0,2768 \text{ gram} = 276,8 \text{ mg}$$

$$W_0 = 0,2663 \text{ gram} = 266,3 \text{ mg}$$

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

$$TSS (mg/L) = \frac{(276,7 \text{ mg} - 266,3 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 105 \text{ mg/L}$$

➤ **Pengadukan 150 rpm/30 rpm**

a. Dosis 0 mg/L

$$W_1 = 0,2612 \text{ gram} = 261,2 \text{ mg}$$

$$W_0 = 0,2583 \text{ gram} = 258,3 \text{ mg}$$

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

$$TSS (mg/L) = \frac{(261,2 \text{ mg} - 258,3 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 29 \text{ mg/L}$$

b. Dosis 20 mg/L

$$W_1 = 0,2821 \text{ gram} = 282,1 \text{ mg}$$

$$W_0 = 0,2811 \text{ gram} = 281,1 \text{ mg}$$

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

$$TSS (mg/L) = \frac{(282,1 \text{ mg} - 281,1 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ mL}}$$

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

c. Dosis 40 mg/L

$$W_1 = 0,2697 \text{ gram} = 269,7 \text{ mg}$$

$$W_0 = 0,2668 \text{ gram} = 266,8 \text{ mg}$$

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

$$TSS (mg/L) = \frac{(269,7 \text{ mg} - 266,8 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 29 \text{ mg/L}$$

d. Dosis 60 mg/L

$$W_1 = 0,2710 \text{ gram} = 271 \text{ mg}$$

$$W_0 = 0,2657 \text{ gram} = 265,7 \text{ mg}$$

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

$$TSS (mg/L) = \frac{(271 \text{ mg} - 265,7 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 53 \text{ mg/L}$$

e. Dosis 80 mg/L

$$W_1 = 0,2705 \text{ gram} = 270,5 \text{ mg}$$

$$W_0 = 0,2648 \text{ gram} = 264,8 \text{ mg}$$

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

$$TSS (mg/L) = \frac{(270,5 \text{ mg} - 264,8 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 57 \text{ mg/L}$$

f. Dosis 100 mg/L

$$W_1 = 0,2551 \text{ gram} = 255,1 \text{ mg}$$

$$W_0 = 0,2496 \text{ gram} = 249,6 \text{ mg}$$

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

$$TSS (mg/L) = \frac{(255,1 \text{ mg} - 249,6 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ mL}}$$

$$TSS (mg/L) = 55 \text{ mg/L}$$



Lampiran 2 perhitungan Efektivitas pada dosis optimum
Rumus perhitungan efektivitas sebagai berikut:

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

Keterangan :

P (%) = Persentase penurunan konsentrasi

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

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

- TSS pada dosis 20 mg/L pada pengadukan 120/30 rpm

C awal : 250 mg/L

C akhir : 10 mg/L

Maka,

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

$$= 96\%$$

- COD pada dosis 80 mg/L pada pengadukan 150/30 rpm

C awal : 1.626 mg/L

C akhir : 541 mg/L

Maka,

$$P (\%) = \frac{(1.626 \text{ mg/L} - 541 \text{ mg/L})}{1.626 \text{ mg/L}} \times 100$$

$$= 66,7\%$$

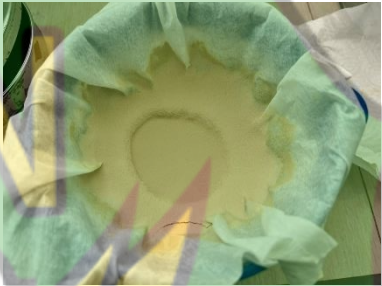
Lampiran 3 Dokumentasi Perlakuan Terhadap Pengolahan Air Limbah RPH

2.1 Proses Pembuatan Serbuk Cangkang Kepiting

	
Pengumpulan Cangkang Kepiting dari beberapa rumah makan di Kota Banda Aceh	Proses penjemuran cangkang kepiting setelah dilakukan pencucian
	
Cangkang kepiting dihancurkan dengan mortar dan alu	Cangkang kepiting dihaluskan dengan blender hingga halus
	
Penyaringan cangkang kepiting dengan ayakan 100 mesh	Penimbangan hasil serbuk cangkang kepiting

2.2 Tahapan Pembuatan Kitosan Cangkang Kepiting

1. Tahap Deproteinasi

	
Proses pelarutan NaOH 3%	Serbuk cangkang kepiting dimasukkan ke labu didih dan dicampurkan dengan larutan NaOH 3%
	
Proses Deproteinasi serbuk cangkang kepiting dengan metode refluks selama 3 jam dengan suhu 85°C	Pencucian serbuk cangkang kepiting menggunakan aquades hingga pH netral
	
Serbuk cangkang kepiting hasil deproteinasi di oven dengan suhu 100°C selama 4 jam	Serbuk cangkang kepiting setelah di oven



Penimbangan serbuk cangkang kepiting didapatkan hasil deproteinasi sebanyak 57 g

2. Proses Demineralisasi



Proses pengenceran HCl 1.25 N



Proses Demineralisasi serbuk cangkang kepiting dengan metode refluks selama 3 jam dengan suhu 85°C



Setelah suhu normal dilakukan pencucian serbuk cangkang kepiting hasil proses demineralisasi dengan aquades berulang kali	Pencucian dilakukan hingga pH netral sebelum di oven
	
Serbuk cangkang kepiting setelah di oven selama 4 jam dengan suhu 100°C	Penimbangan serbuk cangkang kepiting didapatkan hasil demineralisasi sebanyak 47 g

3. Proses Deasitilasi

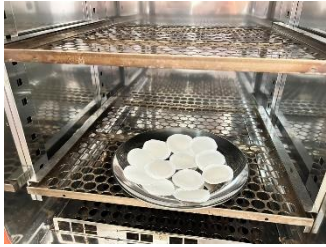
	
Penimbangan NaOH 60% untuk proses Deasitilasi kitin menjadi kitosan	Pengenceran NaOH 60% dengan aquades sebelum dilarutkan dengan kitin
	

Proses Deasitilasi kitin dengan metode refluks selama 2 jam dengan suhu 85°C	Setelah suhu normal dilakukan pencucian kitin dengan aquades hingga pH netral
	
Pengecekan pH kitin menggunakan indicator pH sebelum di oven	Kitosan cangkang kepiting setelah melalui pengeringan dengan oven selama 4 jam dengan suhu 100°C
	
Penimbangan kitosan cangkang kepiting didapatkan hasil sebanyak 27 g	Kitosan cangkang kepiting

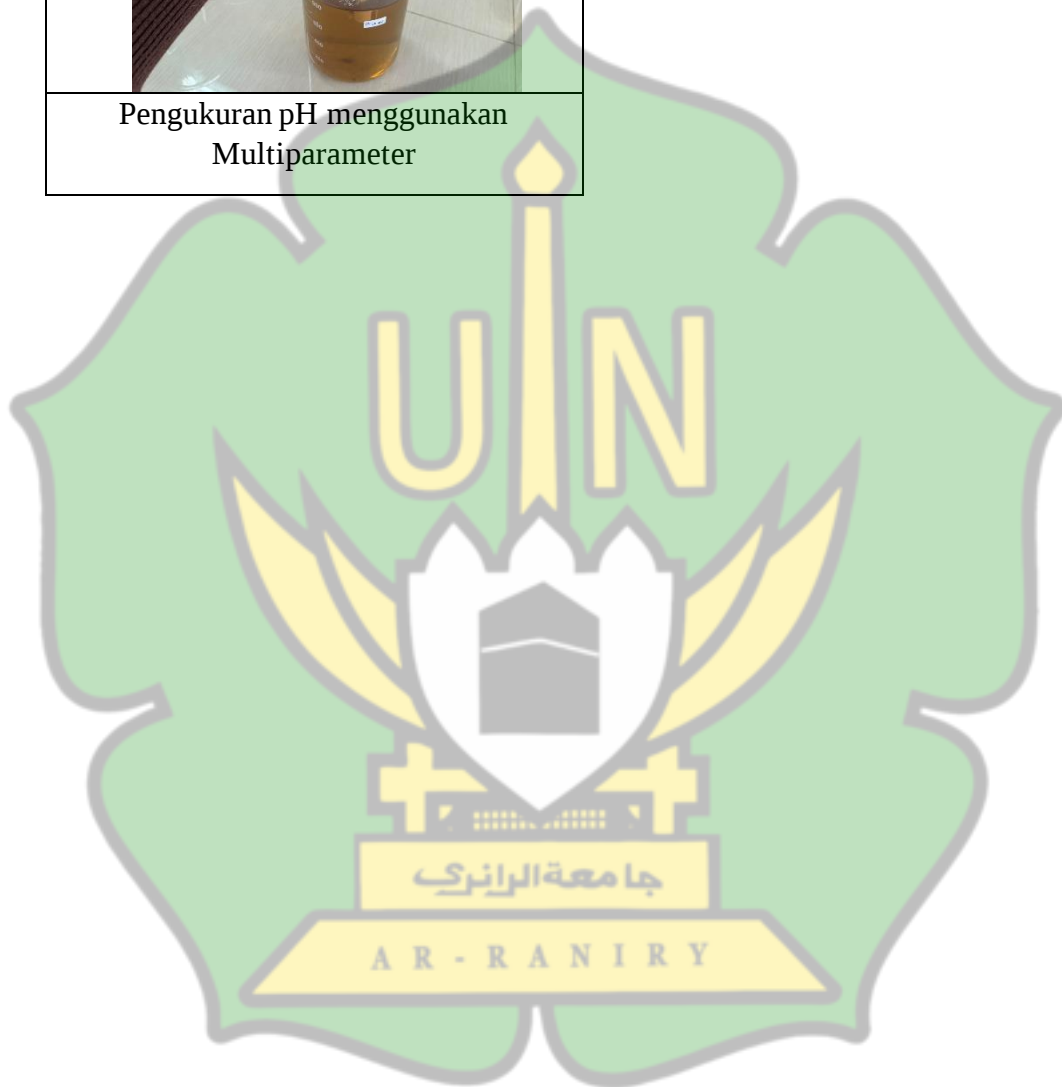
3.1 Tahapan Perlakuan Penambahan Koagulan Pada Air Limbah RPH

	
---	--

Pengambilan sampel air limbah RPH Gampong Pande	Pelarutan kitosan dengan Asam asetat 1% dan 2%
	
Penambahan dosis kitosan cair pada air limbah RPH	Proses koagulasi 150 rpm selama 1 menit
	
Proses flokulasi 150 rpm selama 30 menit	Proses koagulasi 120 rpm selama 1 menit
	
Proses flokulasi 120 rpm selama 30 menit	Pendendapan selama 60 menit
	

Penimbangan kertas saring awal	Proses penyaringan TSS menggunakan vakum filtrasi
	
Proses pengeringan kertas saring	Pemanasan menggunakan oven dengan suhu 105°C selama 1 jam
	
Proses penimbangan kertas saring setelah dilakukan penyaringan	Proses pembuatan larutan COD menggunakan tabung reaksi
	
Proses penghomogenan larutan COD sebelum dipanaskan	Proses pemanasan larutan COD menggunakan COD reactor dengan suhu 150°C selama 2 jam
	

Sampel COD	Pengecekan nilai COD menggunakan COD meter
	
Pengukuran pH menggunakan Multiparameter	



Lampiran 3 Hasil Uji Klasifikasi Taksonomi Kepiting



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH
LABORATORIUM FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jalan Syekh Abdur Rauf Kopelma Darussalam Banda Aceh
Telepon : 0651-7551 423/Fax: 0651-7553020 Email : laboratorium.fst@ar-raniry.ac.id

LAPORAN HASIL UJI

Nomor :40/LHU/FST-Lab/IV/2026

Nama pengguna layanan : Mauditya Mellisa
NIM : 220702015
Instansi : Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh
No. Telpn : 082246942572
Tanggal diterima : 21 April 2026
Tanggal pengujian : 23-24 April 2026
Nama sampel : Hewan (Animalia)
Spesifikasi sampel : Spesimen Hewan
Parameter uji : Identifikasi (Klasifikasi)
Metode uji : Membandingkan spesimen/gambar dan identifikasi morfologi

Informasi Hasil Pengujian Sampel :

No	Kode Sampel	Bagian Sampel	Asal Sampel	Hasil Identifikasi
1	-	Spesimen	-	<i>Scylla serrata</i> (Forsskål, 1775)

Telah dilakukan identifikasi dengan hasil klasifikasi taksonomi adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
Filum : Arthropoda
Sub Filum : Crustacea
Kelas : Malacostraca
Ordo : Decapoda
Familia : Portunidae
Genus : *Scylla*
Spesies : *Scylla serrata* (Forsskål, 1775)

Referensi :

Carpenter, K. E., & Niem, V. H. (Eds.). (1998). *The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 2: Cephalopods, crustaceans, holothurians and sharks*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

DecaNet eds. (2026). DecaNet. *Scylla serrata* (Forskål, 1775). Accessed through: World Register of Marine Species at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=208814> on 2026-04-23.

Demikian untuk diketahui dan digunakan sebagaimana mestinya



Banda Aceh, 27 April 2026
Kepala Laboratorium FST

Hadi Kurniawan

Lampiran 4 Hasil FT-IR Kitosan Cangkang Kepiting

