

**EFEKTIVITAS KITOSAN DAN SERBUK CANGKANG
KERANG LOKAN (*Geloina erosa*) SEBAGAI KOAGULAN
PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH RUMAH
PEMOTONGAN HEWAN (RPH)**

SKRIPSI

Diajukan Oleh:

**SHOPIA MAHARANI
NIM. 190702092**

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



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2024 M / 1445 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**EFEKTIVITAS KITOSAN DAN SERBUK CANGKANG KERANG
LOKAN (*Geloina erosa*) SEBAGAI KOAGULAN PADA PENGOLAHAN
AIR LIMBAH RUMAH PEMOTONGAN HEWAN (RPH)**

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik
Lingkungan

Diajukan Oleh:

**SHOPIA MAHARANI
NIM. 190702092**

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

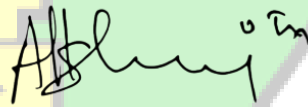
Banda Aceh, 2 Agustus 2024
Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I



Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc.
NIDN. 2015118002

Pembimbing II



Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.
NIDN.20151108002

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



Husnawati Yahya, M.Sc.
NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN

EFEKTIVITAS KITOSAN DAN SERBUK CANGKANG KERANG LOKAN (*Geloina erosa*) SEBAGAI KOAGULAN PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH RUMAH PEMOTONGAN HEWAN (RPH)

TUGAS AKHIR

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
serta Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Kelulusan Program Sarjana Teknik
(S-1) dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Senin, 19 Agustus 2024

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir

Ketua,

Sekretaris,

Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc
NIDN. 2015118002

Teuku Muhammad Ashari, M.Sc
NIDN.20151108002

Penguji I

Penguji II

Aulia Rohendi, M.Sc
NIDN. 2010048202

Muhammad Haikal, S.T., M.Sc

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Shopia Maharani
NIM : 190702092
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul : Efektivitas Kitosan dan Serbuk Cangkang Kerang Lokan (*Geloina erosa*) sebagai Koagulan Pada Pengolahan Air Limbah Rumah Pematongan Hewan (RPH)

Dengan ini menyatakan bahwa bahwa dalam penulisan tugas akhir 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; dan
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu mempertanggungjawabkan 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.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 2 Agustus 2024

Yang menyatakan


(Shopia Maharani)

ABSTRAK

Nama : Shopia Maharani
NIM : 190702092
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Efektivitas Kitosan dan Serbuk Cangkang Kerang Lokan (*Geloina erosa*) sebagai Koagulan Pada Pengolahan Air Limbah Rumah Pemotongan Hewan (RPH)
Tanggal Sidang : Senin, 19 Agustus 2024
Jumlah Halaman : 67
Pembimbing I : Mulyadi Abdul Wahid, M. Sc
Pembimbing II : Teuku Muhammad Ashari, M. Sc
Kata Kunci : Kerang lokan (*Geloina erosa*); Air limbah RPH; Koagulasi-Flokulasi; Koagulan; Kitosan

Limbah cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH) memiliki berbagai karakteristik dan komponen yang perlu diperhatikan dalam proses pengolahannya. Limbah cair RPH mengandung sejumlah besar mikroorganisme, termasuk bakteri patogen yang dapat berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Sehingga, diperlukan pengolahan lebih lanjut yang ramah lingkungan dengan pemanfaatan limbah cangkang kerang lokan sebagai koagulan dalam pengolahan limbah cair RPH. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan kitosan dan serbuk cangkang kerang lokan (*Geloina erosa*) dalam menurunkan nilai TSS, COD, dan Turbiditas pada limbah cair UPTD RPH Desa Lambaro, Kecamatan Ingin Jaya, Aceh Besar. Metodologi yang digunakan adalah proses koagulasi-flokulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serbuk cangkang kerang lokan (*Geloina erosa*) memiliki efektivitas penurunan nilai COD sebesar 75,14%, TSS sebesar 84,87%, dan kekeruhan sebesar 38,24%. Pada penelitian ini, nilai COD dan TSS belum memenuhi standar baku mutu PERMEN LH Nomor 5 tahun 2014. Sedangkan kitosan menunjukkan efektivitas penurunan nilai COD sebesar 71,37% hasil penurunan yang diperoleh juga belum memenuhi standar baku mutu, namun efektivitas penurunan nilai TSS sebesar 99,46% dan kekeruhan sebesar 38,59% telah memenuhi standar baku mutu. Kesimpulan dari penelitian ini adalah hasil kitosan lebih efektif dalam menurunkan TSS dan kekeruhan, sementara serbuk cangkang kerang lokan lebih efektif dalam menurunkan COD dan kekeruhan.

ABSTRACT

Name : Shopia Maharani
Student ID Number : 190702092
Program Studi : Environmental Engineering
Judul : Effectiveness Of Chitosan and Lokan Shell Powder
(*Geloina erosa*) as Coagulants in Slaughterhouse
Wastewater Treatment
Date of session : Sunday, August 19, 2024
Number of page : 66
Advisor I : Mulyadi Abdul Wahid, M. Sc
Advisor II : Teuku Muhammad Ashari, M. Sc
Keywords : Lokan shell; slaughterhouse liquid waste; coagulation-
flocculation; FTIR; coagulant; chitosan.

*The liquid waste from Slaughterhouses has various characteristics and components that need to be considered in its treatment process. Slaughterhouses liquid waste contains a significant amount of microorganisms, including pathogenic bacteria that can be harmful to human health and the environment. Therefore, further environmentally friendly treatment is required by utilizing lokan shell waste as a coagulant in the treatment of RPH liquid waste. This study aims to determine the capability of chitosan and lokan shell powder (*Geloina erosa*) in reducing TSS, COD, and turbidity levels in the liquid waste of the UPTD RPH in Lambaro, Ingin Jaya, Aceh Besar. The methodology used is the coagulation-flocculation process. The results of the study indicate that lokan shell powder (*Geloina erosa*) has an effectiveness of reducing COD by 75.14%, TSS by 84.87%, and turbidity by 38.24%. However, the COD and TSS values have not yet met the quality standards set by PERMEN LH Number 5 of 2014. On the other hand, chitosan showed an effectiveness of reducing COD by 71.37%; the reduction results obtained also have not met the quality standards, but the effectiveness of reducing TSS by 99.46% and turbidity by 38.59% has met the quality standards. The conclusion of this study is that chitosan is more effective in reducing TSS and turbidity, while lokan shell powder is more effective in reducing COD and turbidity.*

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah *Sw.* yang telah melimpahkan segala karunia-Nya yang tidak terhingga, khususnya nikmat Iman dan Islam, yang dengan keduanya diperoleh kebahagiaan dunia dan akhirat. *Sholawat* dan Salam semoga selalu tercurah kepada Baginda Nabi Muhammad *saw.* dan atas keluarga dan sahabat beliau serta orang-orang yang mengikuti jejak langkah mereka itu hingga akhir zaman. Dengan mengucapkan rasa syukur kepada Allah *Sw.* yang maha kuasa, penulis dapat menyusun tugas akhir dengan judul **“Efektivitas Kitosan dan Serbuk Cangkang Kerang Lokan (*Geloina erosa*) sebagai Koagulan pada Pengolahan Air Limbah Rumah Pemotongan Hewan (RPH)”**. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Tugas akhir ini telah penulis susun dengan maksimal mungkin dengan penuh ketekunan, kesabaran, kerja keras dengan tidak terlepas dari rahmat dan hidayah Allah *Sw.* Selain itu keberhasilan ini juga dapat tercapai dengan dukungan dan kasih-sayang dari orang tua yang tiada henti-hentinya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada Ayahanda Aswalun dan Ibunda Nur Afna, selaku orang tua dari penulis yang telah senantiasa selalu memberi semangat dan dukungan penuh dengan doa-doanya dan juga solusi dalam pembuatan tugas akhir ini.

Kemudian, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada:

1. 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 Kepala Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

4. Bapak Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I sekaligus Pembimbing Akademik Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
5. Bapak Teuku Muhammad Ashari, M. Sc. selaku Dosen Pembimbing II Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
6. Ibu Firda Elvisa, S.E., Ak., yang telah membantu proses akademik Program Studi Teknik Lingkungan.
7. Ibu Nurul Huda, S.Pd., yang telah membantu proses penelitian di Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen Prodi Teknik Lingkungan yang telah mengajarkan dan memberikan ilmu yang bermanfaat selama masa perkuliahan.

Kemudian, ucapan terima kasih kepada Uci, Andung, Fadilla, Afif, Alwi dan Nabila, selaku keluarga tercinta yang telah memberi do'a dan dukungan penuh kepada penulis. Terima kasih juga kepada Naura, Luthfi, Sapriadi, Bimantara dan Maulina selaku teman baik penulis yang selalu membantu, memberikan semangat dan dukungan kepada penulis dan semua pihak yang telah memberi bantuan yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Meskipun telah berusaha menyelesaikan Tugas Akhir dan penelitian ini sebaik mungkin, penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca guna menyempurnakan segala kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Akhir kata, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini berguna bagi penulis, para pembaca dan pihak-pihak lain yang berkepentingan.

Banda Aceh, 2 Agustus 2024

Penulis,

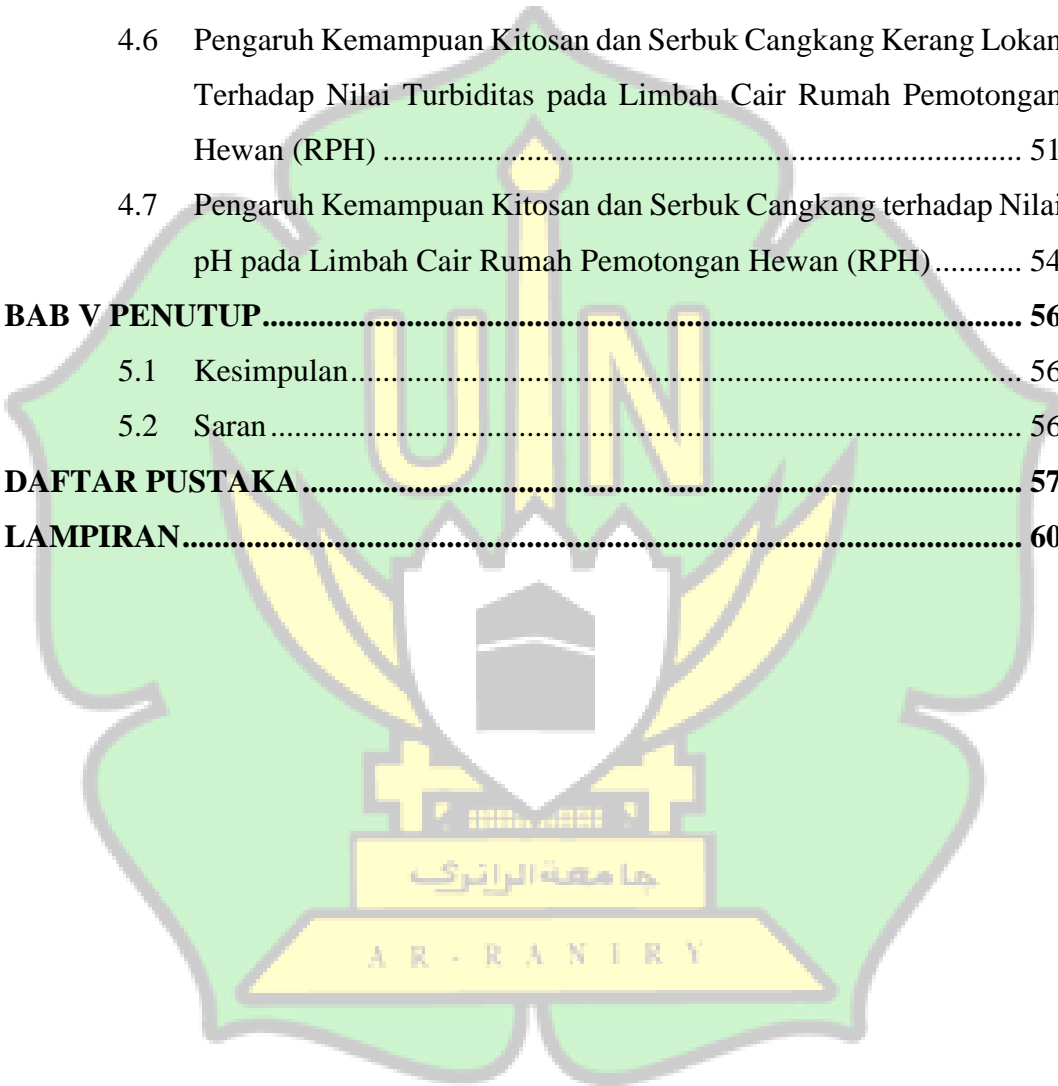
Shopia Maharani

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SINGKATAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Limbah Rumah Pemotongan Hewan.....	5
2.2 Koagulasi.....	7
2.3 Flokulasi	7
2.4 Koagulan.....	7
2.1.1 Jenis-Jenis Koagulan	8
2.1.2 Biokoagulan	9
2.5 Koagulasi dan Flokulasi	9
2.6 Metode Jar Test	10
2.7 Kerang Lokan (<i>Geloina erosa</i>).....	10
2.8 Baku Mutu Air Limbah Rumah Pemotongan Hewan (RPH).....	12
2.9 Penelitian yang Relevan	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23

3.1	Waktu dan Lokasi Penelitian.....	23
3.2	Tahapan Umum Penelitian	23
3.3	Alat dan Bahan Penelitian	26
3.3.1	Alat	26
3.3.2	Bahan.....	26
3.4	Variabel Penelitian	26
3.4.1	Variabel Bebas (Independen)	26
3.4.2	Variabel Terikat (Dependen).....	26
3.4.3	Variabel Kontrol.....	27
3.5	Pengambilan Sampel	27
3.5.1	Lokasi Pengambilan Sampel	27
3.5.2	Teknik Pengambilan Sampel.....	28
3.6.1	Pengujian <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	29
3.6.2	Pengujian Chemical Oxygen Demand (COD)	30
3.7.1	Preparasi Sampel Cangkang Kerang Lokan.....	30
3.7.2	Pembuatan Kitosan.....	30
3.7.3	Karakteristik Kitosan.....	32
3.7.4	Metode Pengujian Koagulasi Flokulasi Menggunakan Jar Test	34
3.7.5	Pengujian Efektivitas Kitosan sebagai Biokoagulan.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Proses Pembuatan Kitosan dari Limbah Cangkang Kerang Lokan (<i>Geloina erosa</i>).....	37
4.1.1	Preparasi Sampel	37
4.1.2	Pembuatan Koagulan.....	37
4.1.3	Pembuatan Kitosan.....	38
4.2	Karakteristik Kitosan Cangkang Kerang Lokan (<i>Geloina erosa</i>) .	42
4.3	Pengujian Kitosan dan Serbuk Cangkang Kerang Lokan (<i>Geloina erosa</i>).....	43

4.4	Pengaruh Kemampuan Kitosan dan Serbuk Cangkang Kerang Lokan Terhadap Nilai COD pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH).....	45
4.5	Pengaruh Kemampuan Kitosan dan Serbuk Cangkang Kerang Lokan Terhadap Nilai TSS pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH).....	48
4.6	Pengaruh Kemampuan Kitosan dan Serbuk Cangkang Kerang Lokan Terhadap Nilai Turbiditas pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH)	51
4.7	Pengaruh Kemampuan Kitosan dan Serbuk Cangkang terhadap Nilai pH pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH)	54
BAB V PENUTUP		56
5.1	Kesimpulan.....	56
5.2	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN		60

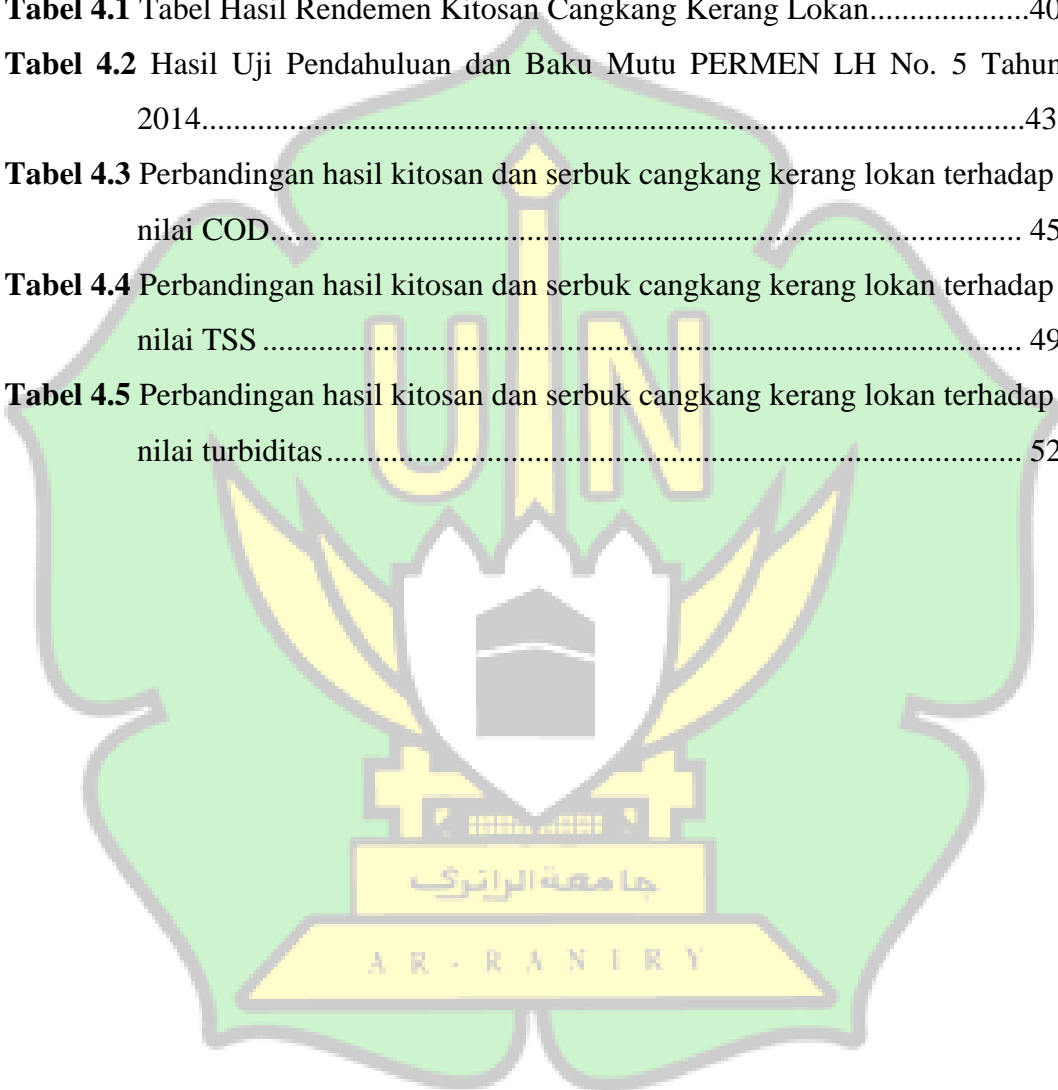


DAFTAR GAMBAR


Gambar 2.1 Kerang lokan (<i>Geloina erosa</i>)	11
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	24
Gambar 3.2 Diagram proses pembuatan dan pengujian efektivitas koagulan pada air limbah RPH.....	25
Gambar 3.3 Lokasi pengambilan cair RPH.....	27
Gambar 3.4 Bak resapan limbah cair RPH UPTD Lambaro.....	28
Gambar 3.5 Pengambilan limbah cair RPH.....	29
Gambar 3.6 Desain Koagulasi Flokulasi	34
Gambar 4.1 Pengadukan pada tahap Deproteinasi.....	38
Gambar 4.2 Pengadukan pada tahap Demineralisasi.....	39
Gambar 4.3 Serbuk cangkang kerang lokan sebelum dikeringkan pada tahap Deasetilasi.....	40
Gambar 4.4 Hasil kitosan cangkang kerang lokan	40
Gambar 4.5 Spektrum Serapan FTIR Kitosan Kerang Lokan.....	41
Gambar 4.6 Penampakan fisik air limbah RPH a) sebelum b) sesudah penambahan koagulan.....	45
Gambar 4.7 Grafik kemampuan kitosan dan cangkang kerang pada nilai COD. 47	
Gambar 4.8 Diagram efektivitas cangkang kerang dan kitosan kerang lokan pada nilai COD	48
Gambar 4.9 Grafik kemampuan kitosan dan cangkang kerang lokan pada nilai TSS	50
Gambar 4.10 Diagram efektivitas kitosan dan serbuk cangkang kerang lokan pada nilai TSS	51
Gambar 4.11 Grafik kemampuan hasil kitosan dan serbuk cangkang kerang lokan pada nilai turbiditas	53
Gambar 4.12 Diagram efektivitas kitosan dan serbuk cangkang kerang lokan pada nilai Turbiditas.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Rumah Pemotongan Hewan (RPH).....	12
Tabel 2.2 Matriks Penelitian	13
Tabel 3.1 Hasil Uji Pendahuluan Limbah Cair RPH.....	36
Tabel 4.1 Tabel Hasil Rendemen Kitosan Cangkang Kerang Lokan.....	40
Tabel 4.2 Hasil Uji Pendahuluan dan Baku Mutu PERMEN LH No. 5 Tahun 2014.....	43
Tabel 4.3 Perbandingan hasil kitosan dan serbuk cangkang kerang lokan terhadap nilai COD.....	45
Tabel 4.4 Perbandingan hasil kitosan dan serbuk cangkang kerang lokan terhadap nilai TSS	49
Tabel 4.5 Perbandingan hasil kitosan dan serbuk cangkang kerang lokan terhadap nilai turbiditas	52



DAFTAR SINGKATAN



AOAC	: <i>Association of Analytical Communities</i>
COD	: <i>Chemical Oxygen Demand</i>
DD	: Derajat Deasetilasi
FT-IR	: <i>Fourier Transform-InfraRed</i>
IPU	: Insinyur Profesional Utama
NIM	: Nomor Induk Mahasiswa
NIP	: Nomor Induk Pegawai
NTU	: <i>Nephelometric Turbidity Unit</i>
PAC	: <i>Poly Aluminium Chloride</i>
PE	: Polietilen
PERMEN LH	: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup
pH	: <i>Potential Hydrogen</i>
PP	: Polipropilen
RPH	: Rumah Potong Hewan
Saw	: <i>Shallallahu `alaihi Wa Sallam</i>
SNI	: Standar Nasional Indonesia
SPL	: Saringan Pasir Lambat
Swt	: <i>Subhanahu Wa Ta'ala</i>
TSS	: <i>Total Suspended Solid</i>
UIN	: Universitas Islam Negeri
UPTD	: Unit Pelaksana Teknis Dinas

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air adalah salah satu ekosistem dan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan di bumi. Kualitas air yang baik sangat penting untuk berbagai aspek kehidupan dan lingkungan. Namun, kualitas air di berbagai daerah banyak mengalami penurunan akibat pencemaran yang disebabkan oleh berbagai aktivitas manusia, salah satunya adalah pencemaran lingkungan melalui pembuangan limbah cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH).

Rumah Pemotongan Hewan (RPH) merupakan fasilitas yang digunakan untuk penyembelihan hewan ternak. Proses ini menghasilkan berbagai jenis limbah, diantaranya adalah limbah cair. Limbah cair RPH yang dihasilkan mengandung berbagai jenis komponen yang dapat berdampak terhadap lingkungan jika tidak dikelola dengan baik dan benar. Permasalahan yang ditimbulkan limbah cair RPH yang tidak dikelola dengan baik dan langsung dibuang ke badan-badan air dapat menimbulkan pencemaran air. Akibatnya, pencemaran air dapat menimbulkan berbagai dampak bagi kesehatan manusia dan lingkungan.

UPTD RPH desa Lambaro, kecamatan Ingin Jaya, kabupaten Aceh Besar merupakan salah satu penampung limbah cair RPH yang tinggi di Aceh Besar namun, hal ini juga dapat menimbulkan berbagai dampak terhadap lingkungan sekitar. Untuk mengatasi berbagai masalah yang ditimbulkan oleh aktivitas Rumah Pemotongan Hewan (RPH) diperlukan solusi yang efektif dalam mengolah limbah cair RPH sebelum dibuang ke lingkungan. Sebagai upaya untuk mengurangi dampak limbah cair terhadap lingkungan, pemerintah telah membuat berbagai peraturan untuk diikuti oleh semua pihak, diantaranya adalah Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah yang menyatakan standar baku mutu air limbah Rumah Pemotongan Hewan (RPH) untuk parameter COD mencapai 200 mg/L, BOD mencapai 100 mg/L, TSS 100 mg/L, lemak dan minyak mencapai 15 mg/L, NH₃-N mencapai 25 mg/L dan pH mencapai 6-9.

Pengolahan air limbah RPH merupakan salah satu cara untuk mengelola limbah cair yang aman bagi lingkungan. Salah satu metodenya yang dapat digunakan adalah dengan memanfaatkan biokoagulan untuk pengolahan air limbah. Menurut Nurfitasari (2018) biokoagulan memiliki beberapa keunggulan dalam proses pengolahan air limbah, yaitu mudah diperoleh, ramah lingkungan, lebih ekonomis dan bersifat *biodegradable*. Namun, pada kenyataannya, koagulan yang sering dimanfaatkan yaitu koagulan kimia atau disebut dengan koagulan sintesis seperti PAC dan Alum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa Alum dapat menyebabkan penyakit yang membahayakan bagi tubuh. Selain itu, penggunaan koagulan kimia secara terus menerus akan menimbulkan endapan yang sulit ditangani dan dapat mencemari lingkungan, karena koagulan jenis ini tidak mudah terbiodegradasi. Oleh karena itu, koagulan alami bisa menjadi pilihan alternatif.

Salah satu sumber koagulan alami dapat diperoleh dari Kerang lokan (*Geloina erosa*). Kerang ini merupakan salah satu ekosistem perairan yang membantu menyaring partikel dan fitoplankton dari air serta berkontribusi pada kualitas air dan kesehatan ekosistem. Kandungan kitin pada kerang lokan (*Geloina erosa*) yang diubah menjadi kitosan melalui proses kimia dan dapat menjadi bahan polimer yang memiliki sifat koagulan dengan kemampuan mengikat menggumpalkan partikel kecil dalam air limbah serta kandungan atom nitrogen dan oksigen pada kitosan dapat membentuk kompleks dengan logam berat dan mengoksidasi zat organik. Kitosan memiliki sifat-sifat yang dapat digunakan antara lain untuk pengolahan limbah cair terutama meminimalisasi logam-logam berat, mengkoagulasi minyak atau lemak, serta mengurangi kekeruhan atau sebagai penstabil minyak, rasa dan lemak dalam produksi industri pangan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Susilawati (2022) koagulan kitosan mampu menurunkan nilai TSS pada air limbah RPH dari nilai awal 436 mg/L menjadi 401 mg/L. Namun, terjadi penurunan yang signifikan secara bertahap terhadap nilai TSS yang diperoleh pada saat penambahan kadar kitosan pada putaran 150/65 rpm. Berdasarkan penelitian F. M. Fahirin, dkk., (2021) biokoagulan kitosan mampu berperan sebagai biokoagulan dan ini dibuktikan

berdasarkan efektivitas yang dihasilkan pada penurunan nilai *Turbidity* sebesar 69% penurunan nilai TSS sebesar 83,9% dan penurunan COD sebesar 67,8%

Oleh karena itu, dilihat dari sifat serta fungsi kitosan yang dapat digunakan sebagai biokoagulan untuk pengolahan limbah cair RPH, maka dalam penelitian ini peneliti mengangkat judul “Efektivitas Kitosan dan Serbuk Cangkang Kerang Lokan (*Geloina erosa*) sebagai Koagulan Pada Pengolahan Air Limbah Rumah Pemotongan Hewan (RPH)” sebagai salah satu upaya pengolahan limbah cair RPH menggunakan limbah dari cangkang lokan (*Geloina erosa*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang akan diteliti adalah:

1. Bagaimana kemampuan kitosan dan serbuk cangkang kerang lokan (*Geloina erosa*) dalam menurunkan nilai TSS, COD dan Turbiditas pada limbah cair UPTD RPH Desa Lambaro, Kecamatan Ingin Jaya, Kabupaten Aceh Besar?
2. Bagaimana efektivitas penurunan TSS, COD dan Turbiditas pada limbah cair UPTD RPH Desa Lambaro, Kecamatan Ingin Jaya, Kabupaten Aceh Besar menggunakan kitosan dari limbah cangkang kerang lokan (*Geloina erosa*)?

1.3 Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang dijelaskan sebelumnya, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kemampuan kitosan dan serbuk cangkang kerang lokan (*Geloina erosa*) dari limbah kerang lokan (*Geloina erosa*) dalam menurunkan nilai TSS, COD dan Turbiditas pada limbah cair UPTD RPH Desa Lambaro, Kecamatan Ingin Jaya, Kabupaten Aceh Besar.
2. Menganalisis efektivitas penurunan nilai TSS, COD dan Turbiditas pada limbah cair UPTD RPH Desa Lambaro, Kecamatan Ingin Jaya, Kabupaten Aceh Besar menggunakan kitosan dari limbah kerang lokan (*Geloina erosa*).

1.4 Manfaat

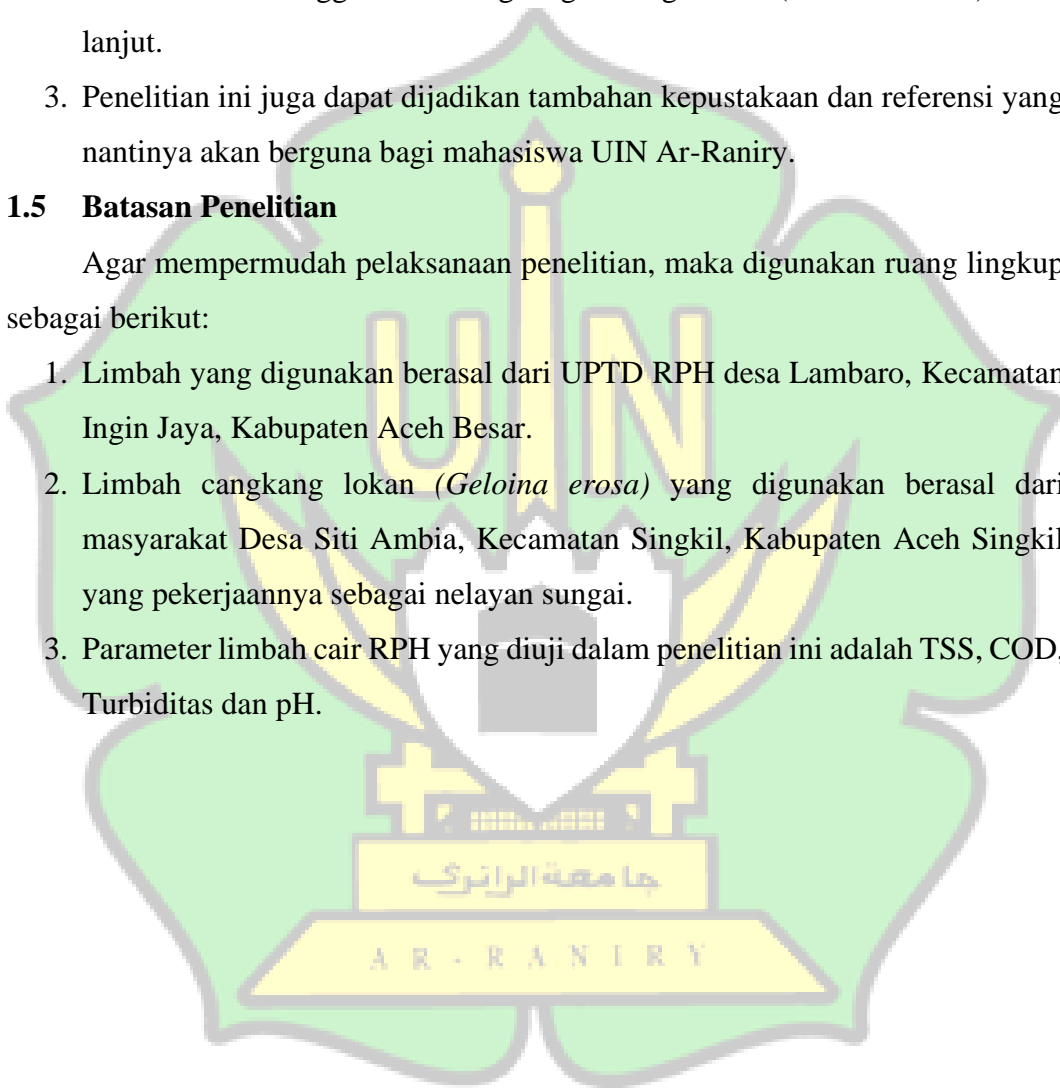
Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini dapat memberikan informasi kepada Masyarakat mengenai limbah cangkang kerang yang dapat dimanfaatkan untuk mengolah limbah cair RPH yang bersifat ramah lingkungan.
2. Penelitian ini dapat menjadi acuan dan masukan yang digunakan untuk penelitian serupa bagi rekan-rekan yang ingin meneliti tentang pengolahan limbah RPH menggunakan cangkang kerang lokan (*Geloina erosa*) lebih lanjut.
3. Penelitian ini juga dapat dijadikan tambahan kepustakaan dan referensi yang nantinya akan berguna bagi mahasiswa UIN Ar-Raniry.

1.5 Batasan Penelitian

Agar mempermudah pelaksanaan penelitian, maka digunakan ruang lingkup sebagai berikut:

1. Limbah yang digunakan berasal dari UPTD RPH desa Lambaro, Kecamatan Ingin Jaya, Kabupaten Aceh Besar.
2. Limbah cangkang lokan (*Geloina erosa*) yang digunakan berasal dari masyarakat Desa Siti Ambia, Kecamatan Singkil, Kabupaten Aceh Singkil yang pekerjaannya sebagai nelayan sungai.
3. Parameter limbah cair RPH yang diuji dalam penelitian ini adalah TSS, COD, Turbiditas dan pH.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Rumah Pemotongan Hewan

Menurut standar SNI 01-6159-1999, Rumah Pemotongan Hewan (RPH) adalah suatu fasilitas yang memiliki ciri tata ruang arsitektur tertentu dan memenuhi kriteria teknis dan sanitasi yang ditentukan. Tujuan utamanya adalah sebagai tempat pemotongan hewan *non-unggas* yang ditujukan untuk konsumsi umum sama dengan sektor lain, perusahaan pemotongan hewan mempunyai kapasitas untuk menghasilkan limbah yang cenderung berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan.

Air limbah rumah pemotongan hewan merupakan salah satu jenis limbah cair yang dihasilkan pada proses pemotongan dan pengolahan hewan di industri daging seperti Rumah Pemotongan Hewan atau pabrik daging. Limbah tersebut terdiri dari berbagai macam zat yang berpotensi mencemari ekosistem sekitar dan menimbulkan risiko signifikan bagi kesejahteraan manusia jika tidak diatur dengan baik. Unsur-unsur di bawah ini menggambarkan konsisten utama yang ditemukan dalam air limbah Rumah Pemotongan Hewan:

- **Darah:** Darah adalah salah satu komponen utama dalam air limbah pemotongan hewan. Darah mengandung banyak zat organik dan nutrisi yang dapat mempengaruhi kualitas air dan lingkungan jika tidak dikelola dengan baik.
- **Lemak:** Selama proses pemotongan hewan, lemak dari jaringan hewan dilepaskan dan dapat mencemari air jika tidak diolah dengan benar. Lemak yang masuk ke dalam sistem perairan dapat menghambat aliran air dan merusak ekosistem sungai atau saluran pembuangan.
- **Protein:** Air limbah pemotongan hewan mengandung tingkat protein yang tinggi, yang dapat menyebabkan masalah ekologis jika masuk ke dalam sistem air. Ini bisa menyebabkan pertumbuhan alga yang berlebihan dan menurunkan kadar oksigen dalam air, yang dapat membahayakan organisme air lainnya.

- Bahan kimia: Bahan kimia seperti desinfektan, deterjen dan bahan kimia pemrosesan digunakan dalam fasilitas pemotongan hewan untuk menjaga kebersihan dan mengendalikan mikroba. Namun, jika tidak dikelola dengan baik, bahan kimia ini dapat mencemari air dan menjadi masalah kesehatan masyarakat.
- Mikroba: Air limbah pemotongan hewan dapat mengandung mikroorganisme patogen seperti bakteri dan virus yang dapat menyebabkan penyakit jika tidak dikelola dengan benar.

Selain komposisi kimianya, limbah cair yang dihasilkan dari Rumah Pemotongan Hewan juga memiliki organisme mikroba sehingga mempercepat proses penguraian dan mengeluarkan bau yang menyengat. Adanya bau yang menyengat dan tidak sedap mungkin disebabkan oleh penguraian bahan organik oleh mikroba oleh bakteri anaerob. Menurut Dwi dkk (2018), bakteri mengandalkan pasokan oksigen terlarut secara terus-menerus selama proses degradasi. Jika jumlah oksigen terlarut habis, biota yang ada di sampah akan musnah. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Aini dkk (2017), diketahui bahwa limbah Rumah Pemotongan Hewan sapi mengandung mikroorganisme seperti *Salmonella* dan *Escherichia coli*.

Pembangunan fasilitas Rumah Pemotongan Hewan (RPH) harus mematuhi peraturan terkait dan mencakup peralatan yang memenuhi kriteria yang ditentukan. Selain itu, tempat tersebut dilengkapi dengan fasilitas untuk melakukan penilaian kesehatan hewan dan menerapkan protokol penyembelihan yang sesuai. Menurut Susilawati (2022), lokasi Rumah Pemotongan Hewan direkomendasikan pada jarak yang cukup jauh dari pemukiman dan tempat tinggal, serta dilengkapi dengan saluran drainase yang memadai dan sistem pengolahan limbah. Menurut peraturan Menteri Pertanian No. 13 Tahun 2010 mengamanatkan bahwa fasilitas Rumah Pemotongan Hewan harus berlokasi di daerah yang mempunyai cukup ketersediaan air yang tidak terkontaminasi untuk keperluan pemotongan hewan serta untuk operasi pembersihan dan desinfeksi.

2.2 Koagulasi

Menurut standar SNI 01-6159-1999, Rumah Pemotongan Hewan (RPH) adalah suatu fasilitas yang memiliki ciri tata ruang arsitektur tertentu dan memenuhi kriteria teknis dan sanitasi yang ditentukan. Ide koagulasi melibatkan penggunaan bahan kimia, yang dikenal sebagai koagulan, untuk menginduksi pemisahan partikel koloid yang ada dalam air. Tujuan dari prosedur ini adalah untuk meningkatkan stabilitas koloid, sehingga mendorong terbentuknya interaksi menarik antara entitas dengan muatan positif dan negatif. Proses koagulasi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pH, suhu air, jenis dan dosis koagulan, tingkat kekeruhan, dan kecepatan pengadukan (Saptati dan Himma, 2018). Kemudian, Menurut Rohana (2019), banyak koagulan termasuk aluminium sulfat, kapur, PAC, dan polielektrolit telah diidentifikasi sebagai zat yang berguna untuk menstabilkan partikel koloid.

2.3 Flokulasi

Flokulasi adalah fenomena fisik yang ditandai dengan agregasi partikel melalui kontak, menghasilkan pembentukan konglomerat yang lebih besar yang dikenal sebagai flok atau gumpalan. Manifestasi flok pada fase flokulasi lebih menonjol dibandingkan fase koagulasi. Prosedur pengadukan dilakukan dengan sangat teliti dan presisi, karena pengadukan yang berlebihan dapat mengakibatkan hancurnya aglomerasi yang telah terbentuk (Susilawati, 2022).

Rohana dan Sri (2019) membagi flokulan menjadi tiga kategori, yaitu flokulan organik, flokulan sintetik dan bioflokulan. Contoh flokulan organik antara lain PAC dan $Al_2(SO_4)_3$, sedangkan flokulan sintetik antara lain asam poliakrilat $(C_3H_4O_2)^n$. Biokoagulan terdiri dari kitosan, gelatin, natrium alginat, dan polimer mikroba.

2.4 Koagulan

Koagulan adalah zat kimia yang penting untuk proses pengendapan partikel halus yang tidak memiliki kemampuan untuk mengendap secara mandiri, sebagian besar karena pengaruh gravitasi. Garam logam dan polimer adalah dua jenis koagulan yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi. Polimer adalah kelas zat organik buatan yang ditandai dengan adanya rantai memanjang yang terdiri dari

beberapa molekul kecil. Menurut Riska Samsuarni (2022), koagulan polimer dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori berdasarkan muatannya, yaitu kationik (bermuatan positif), anionik (bermuatan negatif) dan anionik (bermuatan netral).

2.1.1 Jenis-Jenis Koagulan

Adapun jenis-jenis koagulan dari bahan kimia yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

a. *Aluminium Sulphate* (ALUM) atau tawas

Tawas adalah koagulan yang paling umum digunakan dalam pengolahan air. Tawas dapat mengendapkan partikel seperti lumpur, tanah dan kontaminan lainnya.

b. *Poly Aluminium Chloride* (PAC)

merupakan koagulan yang banyak digunakan dalam pengolahan air terutama untuk mengatasi masalah kekeruhan dan warna air yang tidak diinginkan.

c. Ferro Sulfat

Ferro sulfat sering digunakan sebagai koagulan dalam pengolahan air limbah atau pengolahan air besi. Ferro sulfat dapat membantu mengendapkan partikel di dalam air, seperti fosfat dan logam berat.

d. Zeolit

Zeolit merupakan koagulan alami yang berasal dari mineral alam. Zeolit dapat membantu mengendapkan partikel organik dan anorganik seperti klorin, amonia dan logam berat dalam air.

e. Tanin

Tanin adalah koagulan dari tumbuhan alami. Tanin dapat membantu mengendapkan partikel organik seperti pewarna dan lignin dalam air.

f. Polimer

Polimer adalah koagulan yang biasa digunakan dalam pengolahan air dan limbah. Polimer dapat mengendapkan partikel organik dan anorganik seperti pewarna, tanin dan kontaminan organik dalam air.

g. Kationik polimer

Jenis koagulan ini bekerja dengan mengikat partikel pada air, membentuk flok yang lebih besar yang kemudian mengendap.

h. Anionik polimer

Jenis koagulan ini bekerja dengan mengurangi muatan negatif pada partikel di dalam air, yang membantu partikel tersebut berpindah ke permukaan air dan mengendap dengan mudah.

2.1.2 Biokoagulan

Biokoagulan mengacu pada zat alami yang berfungsi sebagai koagulan, membantu sedimentasi partikel halus yang memiliki tantangan pengendapan yang melekat. Tujuan utama biokoagulan adalah untuk memfasilitasi agregasi dan pengikatan pengotor, seperti kotoran atau partikel, yang ada dalam air. Biokoagulan tambahan dapat dihasilkan dari kitosan dan turunan kitin. Kitosan memiliki sifat-sifat yang menguntungkan sehingga menjadikannya kandidat yang cocok untuk digunakan sebagai biokoagulan ekologis, terutama karena kerentanannya yang tinggi terhadap dekomposisi. Kehadiran gugus amina aktif (NH_2) bertanggung jawab atas fenomena ini. Gugus amina memiliki pasangan elektron bebas yang berasal dari atom hidrogen, sehingga memungkinkan gugus tersebut membentuk kompleks koordinasi dengan ion logam karena reaktivitas dan keelektronegatifannya yang nyata.

2.5 Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi dan flokulasi merupakan proses integral yang digunakan dalam pengolahan air dan air limbah dengan tujuan memisahkan partikel terlarut dari air secara efisien. Bahan kimia umum yang digunakan dalam koagulasi adalah aluminium sulfat (*alum*), besi sulfat (*ferrous sulfate*), atau polielektrolit. Partikel yang terbentuk disebut flok atau koagulan.

Setelah koagulasi, terjadi flokulasi dimana flok atau gumpalan yang terbentuk di air atau limbah mulai membentuk flok yang lebih besar. Fenomena tersebut di atas timbul sebagai akibat dari agitasi dan pencampuran, sehingga mendorong pergerakan dan agregasi partikel, yang pada akhirnya mengakibatkan terbentuknya flok yang lebih besar. Tujuan utama koagulasi dan flokulasi adalah untuk memfasilitasi peningkatan sedimentasi atau filtrasi partikel terlarut yang ada

dalam air atau air limbah, sehingga memungkinkan pembuangan selanjutnya dari media berair.

2.6 Metode Jar Test

Jar test adalah uji laboratorium yang digunakan untuk menentukan jumlah optimal pengendapan yang diperlukan untuk mengendapkan padatan tersuspensi dalam air. Metode ini juga dikenal sebagai uji koagulasi atau uji presipitasi (pengendapan). Prosedur *jar test* melibatkan pengambilan sampel air dari sumber dan menempatkannya dalam enam atau delapan *beaker glass* atau tabung yang disebut “*jar*”. Setiap *jar* diisi dengan jumlah air yang sama dan dosis koagulan yang berbeda. Campuran tersebut kemudian diaduk dengan kecepatan yang sama untuk waktu yang sama.

Setelah waktu pengadukan yang ditentukan habis, diamkan campuran di setiap *jar* selama beberapa menit. Pada titik ini, padatan yang mengendap akan membentuk lapisan di dasar *jar* dengan air jernih di atasnya. Kemurnian air yang dihasilkan oleh masing-masing *jar* kemudian diukur dan dicatat. Dari pengukuran tersebut dapat diketahui dosis optimal koagulan yang diperlukan untuk menghasilkan air bersih. *Jar test* sangat berguna dalam menentukan jenis dan jumlah koagulan yang optimal untuk digunakan dalam proses pengolahan air dan air limbah, meningkatkan efisiensi proses dan memastikan bahwa air yang dihasilkan aman untuk diminum atau dialirkan ke lingkungan.

2.7 Karang Lokan (*Geloina erosa*)

Kerang lokan laut (*Geloina erosa*) sering ditemukan menghuni daerah berlumpur di lingkungan bakau, tergantung pada habitat pilihannya. *Mangrove* menjadi rumah bagi beberapa makroinvertebrata, termasuk spesies kerang lokan yang dikenal dengan nama *Geloina erosa*. Salah satu faktor penyebab tumbuhnya kerang *Geloina erosa* lokan kerang adalah adanya serasah berupa ranting tumbang, daun, bunga dan buah bakau yang membusuk. Proses pembusukan ini merupakan bagian integral dari siklus biologis yang membantu menjaga keseimbangan ekosistem *mangrove*. Serasah yang membusuk berfungsi sebagai sumber makanan penting bagi detritivor seperti bivalvia, crustacea, zooplankton, dan organisme lainnya.



Gambar 2. 1 Kerang Lokan (*Geloina erosa*)

Klasifikasi dan identifikasi kerang lokan (*Geloina erosa*) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Animalia</i>
Filum	: <i>Mollusca</i>
Kelas	: <i>Bivalvia</i>
Ordo	: <i>Veneroida</i>
Family	: <i>Cyrenidae</i>
Genus	: <i>Geloina</i>
Spesies	: <i>Geloina erosa</i>

Morfologi kerang lokan (*Geloina erosa*) adalah sebagai berikut:

- Bentuk: Kerang lokan memiliki bentuk bulat dengan permukaan licin dan berwarna coklat muda.
- Ukuran: Kerang lokan memiliki ukuran sekitar 3-4 cm pada bagian dalam dan 5-6 cm pada bagian luar.
- Kaki: Kerang lokan memiliki tiga pasang kaki yang dapat digunakan untuk bergerak dan memegang objek.
- Lipatan: Kerang lokan memiliki lipatan yang membentuk seperti telinga pada bagian luar dan juga memiliki lipatan pada bagian dalam untuk melindungi isi kerang.

- e. Rangka: Kerang lokan memiliki rangka keras yang membentuk permukaan licin.
- f. Lidah: Kerang lokan memiliki lidah yang berfungsi untuk memindahkan makanan ke mulut.
- g. Mulut: Kerang lokan memiliki mulut yang berfungsi untuk menelan makanan dan mengeluarkan air.
- h. Kandung empedu: Kerang lokan memiliki kandung empedu yang berfungsi untuk mengeluarkan sisa makanannya.

2.8 Baku Mutu Air Limbah Rumah Pemotongan Hewan (RPH)

Standar kualitas air limbah Rumah Pemotongan Hewan mengacu pada kriteria kualitas air yang ditentukan yang harus dipatuhi oleh fasilitas pemotongan hewan atau Rumah Pemotongan Hewan. Penetapan standar ini bertujuan untuk menjaga lingkungan dan kesejahteraan manusia dengan memitigasi dampak buruk kontaminasi air akibat operasi pemotongan hewan. Standar kualitas air limbah mencakup serangkaian kriteria kualitas air yang memerlukan pemantauan dan pemeliharaan untuk memastikan kriteria tersebut tetap berada dalam ambang batas yang telah ditentukan. Sesuai peraturan PERMEN LH Nomor 5 Tahun 2014, sebagaimana tercantum pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Rumah Pemotongan Hewan (RPH)

Parameter	Satuan	Nilai 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: PERMEN LH

2.9 Penelitian yang Relevan

Beberapa penelitian yang relevan dengan penelitian ini mengenai efektivitas biokoagulan dari cangkang kerang lokan dijadikan bahan referensi dan perbandingan. Penelitian yang relevan tersebut dijelaskan pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Matriks Penelitian

No.	Nama	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
1.	Susilawati (2022)	Pemanfaatan Kitosan Dari Limbah Cangkang Susuh Kura (<i>Sulcospira Testudinaria</i>) Sebagai Biokoagulan Untuk Menurunkan Kadar TSS dan COD Pada Limbah Cair RPH	<ul style="list-style-type: none"> - Mengetahui dosis optimum kitosan dari limbah cangkang susuh kura (<i>Sulcospira testudinaria</i>) dalam menurunkan kadar TSS dan COD pada limbah cair UPTD RPH Banda Aceh. - Mengetahui pengaruh variasi kecepatan pengadukan kitosan dari limbah cangkang susuh kura (<i>Sulcospira testudinaria</i>) dalam 	<ul style="list-style-type: none"> - Analisis kitosan cangkang susuh kura menggunakan <i>Spektrofotometer Fourier Transform InfraRed (FTIR)</i>. - Penelitian ini mulai berlangsung pada bulan Agustus 2021 sampai 	<ul style="list-style-type: none"> - Dosis optimum untuk menurunkan nilai TSS dan COD adalah pada dosis 2 mg dengan kecepatan pengadukan 150/65 rpm - Kecepatan pengadukan cepat yang paling optimal untuk menurunkan nilai TSS dan COD adalah 150/65 rpm dengan dosis 2 mg. - Efisiensi penurunan kadar TSS dan COD pada dosis optimum sebesar 88,76% untuk TSS dan

			<p>menurunkan kadar TSS dan COD pada limbah cair UPTD RPH Banda Aceh.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Menganalisis efisiensi penurunan TSS dan COD pada limbah cair UPTD RPH Kota Banda Aceh menggunakan kitosan dari limbah cangkang susuh kura (<i>Sulcospira testudinaria</i>). 	<p>bulan November 2021.</p>	<p>86,99 % untuk efisiensi penurunan COD.</p>
2.	Rahmalina Nur Zahra (2021)	<p>Pemanfaatan Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara Granosa</i>) Sebagai Koagulan Alami Dalam Menurunkan</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Untuk mengetahui kadar TSS dan kekeruhan setelah ditambahkan koagulan kitosan, serbuk cangkang kerang darah (<i>anadara ganosa</i>) dan 	<ul style="list-style-type: none"> - Analisis kitosan cangkang kerang darah (<i>Anadara ganosa</i>) menggunakan <i>Fourier</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Koagulan kitosan dapat menurunkan nilai TSS pada dosis optimum 200 mg/l, pH optimum 5 dan waktu pengendapan optimum 30 menit dengan nilai tss awal 198,4 mg/l menjadi 40 mg/l.

		<p>Kadar Tss Dan Kekeruhan</p>	<p>tawas sebagai koagulan alami dengan variasi dosis koagulan, variasi pH sampel dan variasi waktu pengendapan.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Untuk mengetahui persentase penyisihan parameter TSS dan kekeruhan setelah ditambahkan koagulan kitosan, serbuk cangkang kerang darah (<i>Anadara ganosa</i>) dan tawas 	<p><i>Transform Infrared (FTIR).</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Metode yang akan digunakan untuk pengujian kekeruhan dan TSS yaitu secara Nefelometri sedangkan TSS secara Gravimetri. 	<ul style="list-style-type: none"> - Koagulan serbuk cangkang kerang darah pada dosis optimum 75 mg/l, pH optimum 4 dan waktu pengendapan optimum 30 menit dapat menurunkan nilai TSS yang semula 118,8 mg/l menjadi 20 mg/l. - Koagulan tawas pada dosis optimum 200 mg/l, pH optimum 6 dan waktu pengendapan 15 menit dapat menurunkan nilai TSS 115,6 mg/l menjadi 6 mg/l. - Parameter kekeruhan, koagulan kitosan memiliki dosis, pH dan waktu pengendapan optimum yang sama dengan parameter TSS mampu menurunkan 23,73 NTU menjadi 4,45 NTU.
--	--	--------------------------------	---	---	---

				<ul style="list-style-type: none">- Koagulan serbuk cangkang kerang darah juga memiliki dosis, pH dan waktu pengendapan optimum yang sama dengan parameter TSS mampu menurunkan 30,2 NTU menjadi 8,02 NTU.- Koagulan tawas memiliki dosis, pH dan waktu pengendapan optimum yang sama dengan parameter TSS mampu menurunkan 16,24 NTU menjadi 0,46 NTU.- Persentase penyisihan TSS dengan koagulan kitosan pada kondisi optimum adalah 80%, dengan koagulan serbuk cangkang kerang darah adalah 76% dan dengan koagulan tawas adalah 95%.
--	--	--	---	---

					<ul style="list-style-type: none"> - Persentase penyisihan kekeruhan, dengan koagulan kitosan pada kondisi optimum sebesar 81%, dengan koagulan serbuk cangkang kerang darah sebesar 76% dan dengan koagulan tawas sebesar 97%
3.	Ridha Sofiyani	<p>Pemanfaatan Cangkang Kerang Kijing (<i>Pilsbryochonca Exilis</i>) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Limbah Cair RPH</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mengetahui kemampuan cangkang kerang kijing (<i>Pilsbryochonca exilis</i>) sebagai biokoagulan dalam menurunkan nilai COD serta TSS dalam pengolahan limbah cair RPH. - Mengetahui dosis optimum koagulan serbuk cangkang kerang kijing (<i>Pilsbryochonca</i> 	<p>Metode yang digunakan adalah metode koagulasi flokulasi.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Biokoagulan cangkang kerang kijing mampu menetralkan <i>pH</i> dan menurunkan parameter COD hingga 59,65% dan untuk TSS mampu menurunkan hingga 82,05%. Pada setiap variasi dosis mengalami penurunan yang berbeda pada setiap parameter yang diuji. - Dosis koagulan serbuk cangkang kerang kijing dalam penetralan parameter <i>pH</i> dan penurunan COD serta TSS,

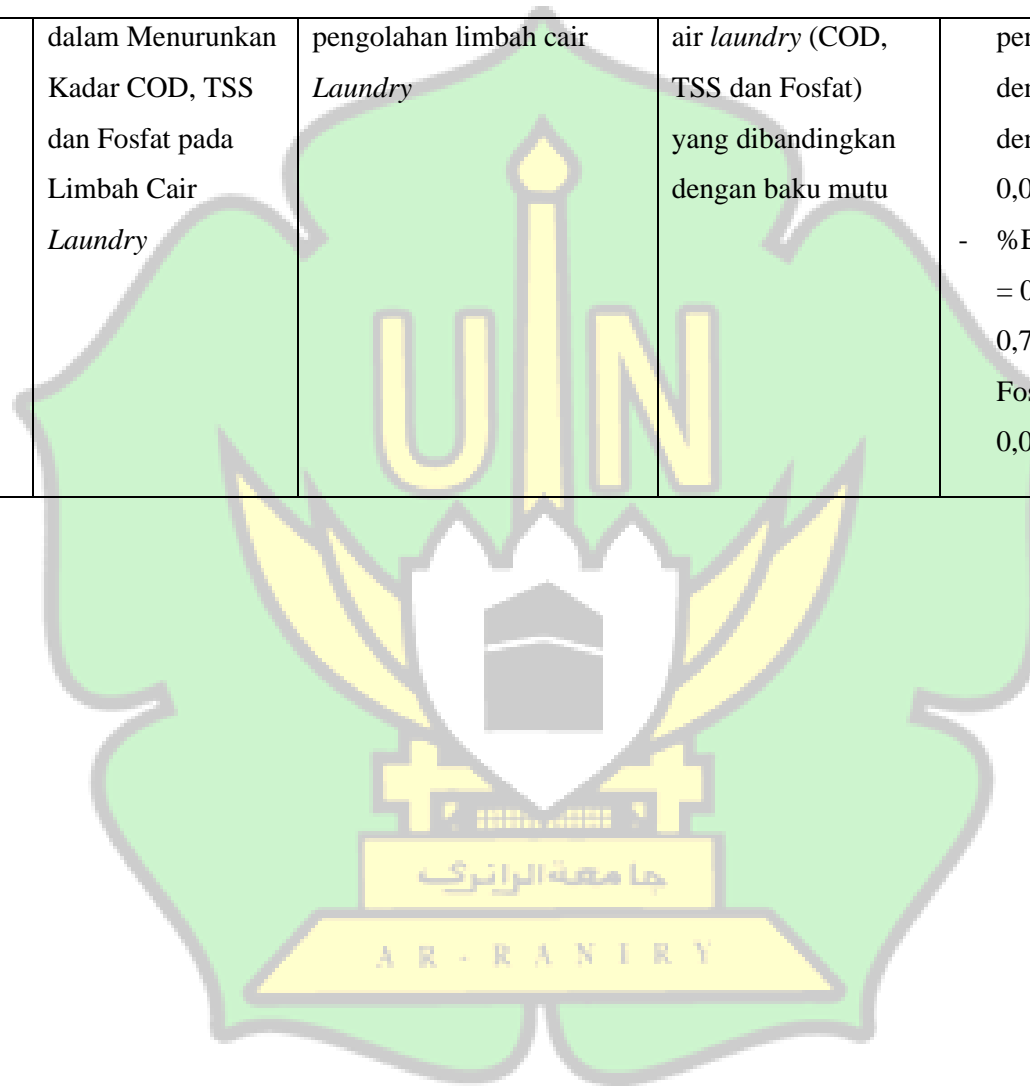
			<p><i>exilis</i>) dalam menurunkan nilai COD serta TSS pada pengolahan limbah cair RPH.</p>		<p>diperoleh penetralan pH pada penambahan dosis koagulan 10 g, 15 g dan 20 g dari kadar awal 5,3 menjadi 6; 6,2 dan 6,7.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Penurunan nilai COD dan TSS yang optimum terjadi pada dosis koagulan 10 g pada kecepatan pengadukan 125 rpm selama 2 menit dengan waktu pengendapan 60 menit yaitu dari kadar awal COD 409 mg/L menjadi 165 mg/L dan TSS dari kadar awal 117 mg/L menjadi 21 mg/L.
4.	Muhammad Hakam, Firnanti Praditama, dan Ely Kurniati	Peningkatan Derajat Deasetilasi dalam Sintesis Kitosan dari Cangkang Kerang Darah	<ul style="list-style-type: none"> - Mengetahui pengaruh nilai larutan NaOH dan waktu reaksi terhadap peningkatan nilai derajat deasetilasi sehingga diketahui 	Peningkatan Derajat Deasetilasi dalam Sintesis Kitosan menggunakan <i>Spektrofotometer</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Hasil penelitian menunjukkan sintesis cangkang kerang darah menjadi kitosan dengan penambahan nilai NaOH dan waktu reaksi dapat meningkatkan nilai derajat

			<ul style="list-style-type: none"> - Nilai larutan NaOH dan lama waktu reaksi terbaik dalam meningkatkan nilai derajat deasetilasi serta memperoleh produk kitosan dengan kualitas yang berdasarkan standar SNI. 	<i>Fourier Transform InfraRed</i> (FTIR).	<p>deasetilasi. Hasil terbaik pada penelitian diperoleh nilai rendemen sebesar 30,5%</p> <ul style="list-style-type: none"> - Derajat deasetilasi hasil analisa (FTIR) sebesar 86,0365% yang telah memenuhi dengan standar SNI kitosan tahun 2018. Hasil ini didapatkan pada nilai NaOH sebesar 50% dengan waktu reaksi selama 2,5 jam.
5.	Shifa Qorib Nasrulloh, Endah Rita S. Dewi dan M. Anas Dzakiy	Kombinasi Kitosan Cangkang Keong Sawah (<i>Pila Ampullacea</i>) dan Kerang Darah (<i>Anadara Granosa</i>) Sebagai Biokoagulan dalam Menurunkan Kadar	Mengetahui kemampuan kombinasi antara cangkang Keong Sawah (<i>Pila Ampullacea</i>) dan Kerang Darah (<i>Anadara ganosa</i>) dalam bentuk koagulan kitosan untuk menurunkan kadar COD dan TSS pada limbah cair batik.	Metode penelitian ini adalah eksperimen dengan desain Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang disusun dengan 3 perlakuan dan 1 tanpa perlakuan dengan 3 kali pengulangan	<ul style="list-style-type: none"> - Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada terjadi penurunan pada kadar COD, dengan hasil penurunan paling besar terdapat pada perlakuan 3, dengan rata-rata perlakuan sebanyak 232,22 mg/L atau turun 25,39% dari rata-rata perlakuan 0 (311,33mg/L).

		COD, TSS Pada Limbah Cair Batik			<ul style="list-style-type: none"> - Sedangkan pada kadar TSS terjadi kenaikan dengan persentase kenaikan tertinggi ada pada perlakuan ke 2 ulangan ke 2 yaitu 202 mg/L atau 1262,5% lebih tinggi dari pada Perlakuan 0 yaitu 16mg/L. - Koagulan dari kombinasi antara cangkang Keong Sawah dan Kerang Darah dapat secara efektif menurunkan kadar COD, tetapi tidak efektif dalam menurunkan TSS pada limbah cair batik.
6.	Faruq Miftahul Fahirin, Irawan Wisnu Wardhana dan Sri Sumiyati	Studi Penurunan COD, TSS dan <i>Turbidity</i> dengan Menggunakan Kitosan dari Limbah Cangkang	Menurunkan kadar COD, TSS dan <i>Turbidity</i> pada limbah cair PT. Sido Muncul Tbk, Semarang	Analisis kitosan Cangkang Kerang Hijau (<i>Perna Viridis</i>) menggunakan <i>Spektrofotometer Fourier Transform</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Dosis optimum biokoagulan kitosan berada pada nilai 250 mg/l. Pada dosis ini koagulan dapat mengikat bahan pencemar yang paling optimal.

		<p>Kerang Hijau (<i>Perna Viridis</i>) Sebagai Biokoagulan dalam Pengolahan Limbah Cair PT. Sido Muncul Tbk, Semarang</p>		<p><i>InfraRed</i> (FTIR) dan <i>Jar Test</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Kecepatan pengadukan cepat 100 rpm merupakan kecepatan pengadukan yang optimum. kecepatan besar akan menghasilkan gaya geser yang berlebihan dan mencegah susunan flok yang diinginkan. - Biokoagulan kitosan mampu berperan sebagai biokoagulan dan ini dibuktikan berdasarkan efisiensi yang dihasilkan pada penurunan nilai <i>Turbidity</i> sebesar 69% penurunan nilai TSS sebesar 83,9% dan penurunan COD sebesar 67,8%
7.	Putri Anggun Sari, Dhonny Suwazan dan Herlina Arilia	<p>Penggunaan Kitosan Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara Ganosa</i>) dan Biji Asam Jawa</p>	<p>Pemanfaatan koagulan kitosan cangkang Kerang darah dan koagulan biji asam jawa dalam proses</p>	<p>Pengujian kitosan dengan menggunakan <i>jar test</i> analisis karakteristik limbah</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Hasil penelitian menunjukkan bahwa kitosan cangkang kerang darah dan koagulan biji asam jawa memiliki efektifitas optimum didalam proses

		dalam Menurunkan Kadar COD, TSS dan Fosfat pada Limbah Cair Laundry	pengolahan limbah cair Laundry	air laundry (COD, TSS dan Fosfat) yang dibandingkan dengan baku mutu	<p>pengolahan limbah cair laundry dengan %Efektifitas nilai COD dengan persamaan $y = 0,0058x - 0,0923$ dan $R^2 = 0,54614$.</p> <p>- %Efektifitas nilai TSS adalah $y = 0,0091x + 0,1907$ dan $R^2 = 0,779175$. %Efektifitas nilai Fosfat adalah $y = 0,0021x - 0,0173$ dan $R^2 = 0,181818$.</p>
--	--	---	--------------------------------	--	--



BAB III

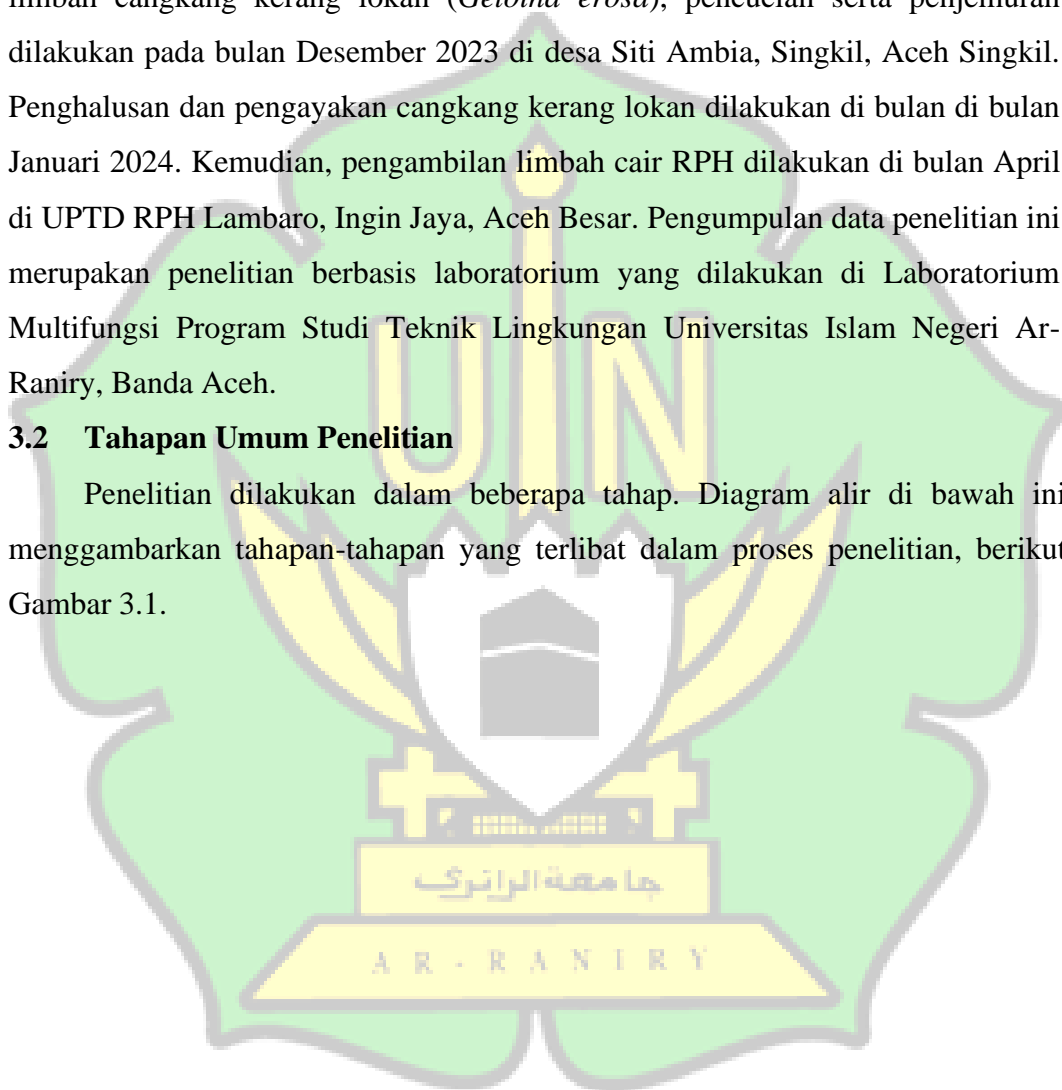
METODOLOGI PENELITIAN

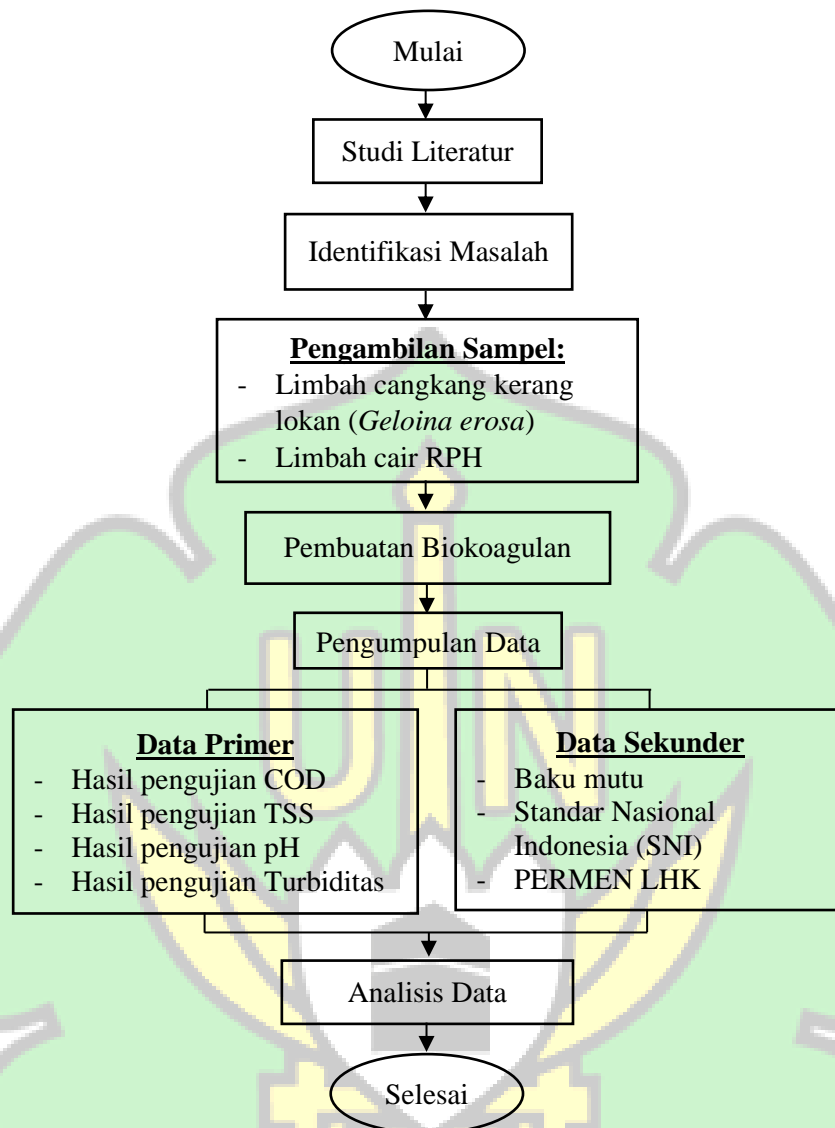
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan dari bulan Oktober s/d April 2024. Pengambilan limbah cangkang kerang lokan (*Geloina erosa*), pencucian serta penjemuran dilakukan pada bulan Desember 2023 di desa Siti Ambia, Singkil, Aceh Singkil. Penghalusan dan pengayakan cangkang kerang lokan dilakukan di bulan di bulan Januari 2024. Kemudian, pengambilan limbah cair RPH dilakukan di bulan April di UPTD RPH Lambaro, Ingin Jaya, Aceh Besar. Pengumpulan data penelitian ini merupakan penelitian berbasis laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Multifungsi Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh.

3.2 Tahapan Umum Penelitian

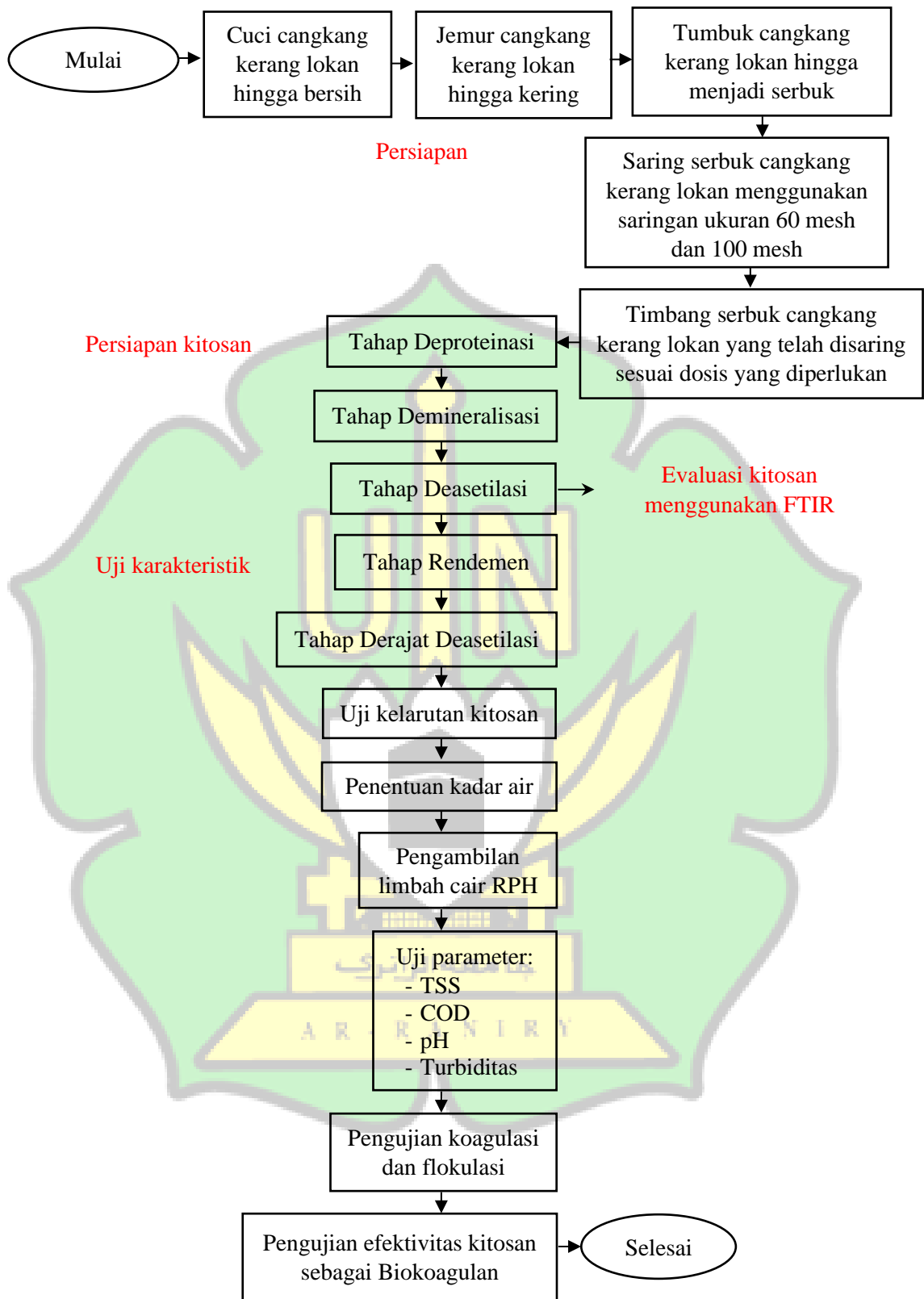
Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap. Diagram alir di bawah ini menggambarkan tahapan-tahapan yang terlibat dalam proses penelitian, berikut Gambar 3.1.





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Dibawah ini merupakan tahapan proses penelitian dari pengambilan sampel cangkang kerang lokan, pengambilan limbah cair RPH sampai dengan pengujian efektivitas kitosan sebagai koagulan, dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Diagram Proses Pembuatan dan Pengujian Efektivitas Koagulan pada Air Limbah RPH

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat

Penelitian ini menggunakan berbagai alat antara lain jar test model S6S merk *Messgerate*, spektrometer IR Prestige 21 FTIR merk Shimadzu, ayakan 60 mesh, peralatan gelas merk Pyrex, timbangan analitik merk Matrix AJ602B kapasitas $600\text{g} \times 0,01\text{g}$, magnetis. pengaduk, *hot plate* merk Daihan *Scientific*, pH meter merk Hanna *Instruments*, COD meter merk Hanna *Instruments* type HI 83099, ember kaki lengkap dengan tali, jerigen, cobek, blender elektrik merk Panasonic, toples, oven merk Memmert model 30-1060, desikator berisi magnetic gel merk Pyrex, pipet ukur, cup porselen 100 mL merk Pudak, cup aluminium, kaca arloji, penjepit, pompa vakum merk Rocker 300, bola karet, pipet timbangan, labu Erlenmeyer, corong, tabung reaksi, dan labu ukur.

3.3.2 Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan pada penelitian ini antara lain cangkang kerang *Geloina erosa*, air limbah UPTD RPH Kabupaten Aceh Besar, larutan natrium hidroksida nilai 3% dan 50%, asam klorida nilai 1,25 N, kertas saring Whatman No.42, aquades, (H₂O), larutan FAS, asam sulfat (H₂SO₄), kalium dikromat (K₂Cr₂O₇), aluminium foil, dan kertas lakmus.

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas (Independen)

Variabel bebas adalah faktor yang memberikan pengaruh atau menjadi faktor penyebab timbulnya variabel terikat. Penelitian ini mengkaji variabel bebas dosis koagulan dan kecepatan pengadukan tinggi. Percobaan menggunakan berbagai dosis koagulan, termasuk 0 mg, 1 mg, 1,5 mg, 2 mg dan 2,5 mg. Sedangkan kondisi percobaan meliputi dua tingkat kecepatan pengadukan yang berbeda, yaitu 120 rpm dan 65 rpm.

3.4.2 Variabel Terikat (Dependen)

Variabel terikat merupakan inti dari analisis eksperimental karena menghasilkan hubungan kausal antara tindakan atau kondisi yang diubah (variabel bebas) dan hasil yang diukur. Variabel ini dinilai dapat sejauh mana dampak yang ditimbulkan oleh variabel bebas tersebut. Variabel terikat yang dipertimbangkan

dalam penelitian ini meliputi parameter *Total Suspended Solid (TSS)* dan *Chemical Oxygen Demand (COD)*.

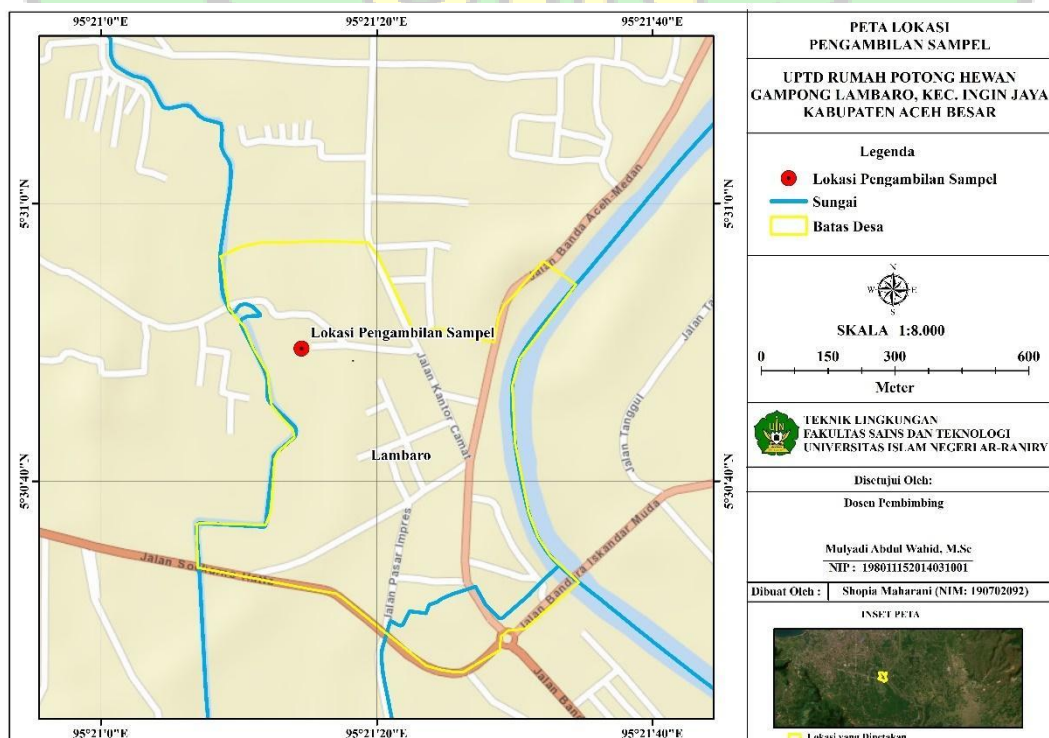
3.4.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol diartikan sebagai variabel yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara faktor independen dan variabel dependen. Penelitian ini melibatkan banyak variabel kontrol, antara lain biokoagulan yang berasal dari cangkang *Geloina erosa*, air limbah yang diperoleh dari Rumah Pemotongan Hewan (RPH) Aceh Besar, dan penggunaan metode *jar test* sebagai teknik percobaan.

3.5 Pengambilan Sampel

3.5.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Sampel limbah cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH) diambil dari UPTD RPH Desa Lambaro Kecamatan Ingin Jaya, Kabupaten Aceh Besar seperti terlihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Lokasi Pengambilan Cair RPH



Gambar 3. 4 Bak resapan limbah cair RPH UPTD Lambaro

3.5.2 Teknik Pengambilan Sampel

Metodologi sampel yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode *grab sampling* dengan cara mengambil bagian (*fragmen*) dari suatu lokasi atau waktu tertentu tanpa memperhatikan variasi waktu atau lokasi lainnya dan proses pengambilan sampel dilakukan pada satu kesempatan. Sampel sampah diambil langsung dari aliran keluar UPTD RPH di Dusun Lambaro, Kecamatan *Ingin Jaya*, Aceh Besar. Sampel limbah cair Rumah Pematangan Hewan dikumpulkan dengan menggunakan ember plastik yang dilengkapi tali, kemudian dimasukkan ke dalam jerigen berkapasitas 6 liter, sesuai spesifikasi yang ditetapkan dalam SNI 6989.59.2008. Selain itu, sampel limbah cair juga menjalani pemeriksaan cepat menggunakan *jar test* untuk menilai kemampuan biokoagulan, menentukan dosis optimal, dan mengevaluasi efektivitas penurunan kadar polutan.



Gambar 3. 5 Pengambilan limbah cair RPH

3.6 Pengujian Sampel Limbah RPH Sebelum dan Sesudah Prosedur Koagulasi dan Flokulasi

3.6.1 Pengujian *Total Suspended Solid* (TSS)

Pengukuran *Total Suspended Solids* (TSS) dilakukan dengan memasukkan kertas saring pada suhu 105°C dalam oven selama 1 jam. Selanjutnya, sampel didiamkan 10 menit kemudian dimasukkan ke dalam desikator dengan durasi 15 menit untuk memudahkan pendinginan. Setelah itu, sampel perlu ditimbang menggunakan neraca analitik. Aduk bahan secara menyeluruh hingga mencapai keadaan homogen, kemudian ekstrak sebanyak 100 mL dengan pipet untuk keperluan filtrasi menggunakan kertas saring.

Selanjutnya, proses penyaringan vakum dilakukan untuk menghilangkan sisa air. Setelah semua sisa air terekstraksi seluruhnya, kertas saring kemudian dipindahkan ke wadah timbang aluminium. Wadah tersebut kemudian dipanaskan dalam oven dengan suhu maksimal 105°C selama 1 jam. Sampel kemudian didinginkan didalam desikator, dilanjutkan dengan pengukuran dan catat data yang diperoleh. Tahap selanjutnya adalah penentuan kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) dalam limbah cair yang dihasilkan Rumah Pematangan Hewan sesuai pedoman yang dituangkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI 06-6989.3-2004).

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

Keterangan:

A : Berat kertas saring berisis zat tersuspensi (mg)

B : Berat kertas saring kosong (mg)

V : Volume sampel (mL)

3.6.2 Pengujian Chemical Oxygen Demand (COD)

Pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD) dilakukan dengan memasukkan sampel limbah cair Rumah Potong Hewan sebanyak 2,5 ml ke dalam tabung reaksi. Selanjutnya ditambahkan 1,5 ml larutan $K_2Cr_2O_7$, dilanjutkan dengan penambahan 3,5 mL larutan H_2SO_4 . Selanjutnya, sampel di homogenisasi dan dimasukkan ke dalam reaktor COD. Kemudian, dilakukan perlakuan termal pada suhu $150^\circ C$ selama 2 jam. kemudian benda uji tersebut dilakukan proses pendinginan kemudian dilakukan analisa dengan menggunakan *Chemical Oxygen Demand* (COD) meter untuk diketahui nilainya sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.72-2009.

3.7 Prosedur Kerja Pembuatan Kitosan dan Proses Koagulasi Flokulasi

3.7.1 Preparasi Sampel Cangkang Kerang Lokan

Cangkang kerang lokan yang dimaksud diperoleh dari lingkungan masyarakat Desa Siti Ambia yang bekerja sebagai nelayan Sungai. Selanjutnya, dilakukan dengan membersihkan kerang lokan secara menyeluruh dan memastikan kebersihannya, kemudian jemur di bawah sinar matahari hingga kering. Cangkang kerang lokan yang sudah kering kemudian dihaluskan menggunakan mortar atau lesung dan diproses lebih lanjut dengan blender hingga menghasilkan partikel halus, kemudian disaring melalui ayakan ukuran 60 *mesh* dan 100 *mesh*.

3.7.2 Pembuatan Kitosan

Proses produksi kitosan menjadi bahan penelitian yang dilakukan oleh Wulandari dkk. (2020). Kitosan diperoleh melalui serangkaian proses berurutan, dimulai dengan fase deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi.

1. Deproteinasi

Masukkan 300g serbuk cangkang lobak ke dalam gelas kimia. Selanjutnya ditambahkan larutan natrium hidroksida (NaOH) dengan nilai 3% dengan perbandingan volumetrik terhadap berat 3:1 (v/b). Campuran yang dihasilkan

kemudian dipanaskan dan diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 3 jam pada suhu 85°C. Setelah proses pendinginan, larutan selanjutnya disaring dan selanjutnya dinetralkan dengan penggunaan aquades hingga mencapai tingkat *pH* netral. Prosedur deproteinasi menghasilkan sampel kering yang dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 4 jam. Selanjutnya sampel ditimbang.

2. Demineralisasi

Serbuk cangkang kerang lokan yang di deproteinisasi diolah dengan larutan asam klorida (HCl) 1,25 N dengan perbandingan volumetrik terhadap berat 3:1. Larutan asam klorida (HCl) dengan nilai 1,25 N digunakan untuk tujuan penguraian dan penghilangan mineral kalsium karbonat (CaCO₃). Reaksi kimia ini ditandai dengan terbentuknya gelembung gas yang dapat diamati. Selanjutnya, campuran dipanaskan dan diaduk terus menerus menggunakan pengaduk magnet selama 2 jam dengan suhu tetap 85°C. Setelah melalui proses pendinginan, filtrasi, dan netralisasi dengan cara pencucian dengan aquades, zat tersebut dibawa ke tingkat *pH* netral. Selanjutnya larutan yang telah dinetralkan dilakukan proses pengeringan menggunakan oven dengan suhu 100°C selama 4 jam. Zat kering yang diperoleh dari cangkang kerang lokan mengalami proses deproteinasi dan demineralisasi sehingga terbentuk kitin. Kitin yang berhasil disintesis diukur dengan menggunakan neraca analitik.

3. Deasetilasi

Untuk mengubah kitin menjadi kitosan, prosesnya melibatkan reaksi kitin dengan larutan natrium hidroksida (NaOH) 50%, dengan perbandingan volumetrik dan berat 3:1. Sampel diberi suhu 85 °C selama 2 jam, dengan pengadukan terus menerus yang difasilitasi oleh pengaduk magnet. Setelah mengalami proses pendinginan, filtrasi, dan netralisasi dengan cara mencuci dengan aquades hingga mencapai *pH* netral. Selanjutnya, sampel dilakukan proses pengeringan menggunakan oven dengan suhu 100°C selama 4 jam. Kitosan diperoleh kemudian ditimbang menggunakan neraca analitik. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) digunakan untuk mengevaluasi kitosan yang dihasilkan.

3.7.3 Karakteristik Kitosan

Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui kualitas kitosan yang dihasilkan. Sampel kitosan dievaluasi beberapa sifat antara lain rendemen, derajat deasetilasi, kelarutan dalam asam asetat 2%, dan kadar air.

a. Rendemen

Zahiruddin dkk. (2008) mengusulkan agar kuantifikasi produksi kitosan dapat dilakukan dengan melakukan analisis perbandingan antara berat awal dan berat akhir sampel. Berikut dibawah ini rumus perhitungan rendemen:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{berat akhir sampel}}{\text{berat awal sampel}} \times 100\%$$

b. Derajat Deasetilasi

Derajat deasetilasi (DD) adalah ukuran proporsi gugus asetil yang telah dihilangkan dari molekul kitin untuk membentuk kitosan. Derajat deasetilasi merupakan persentase dan parameter yang menentukan sifat fisik dan kimia kitosan. Kitosan dengan derajat deasetilasi yang lebih tinggi memiliki lebih banyak gugus amina bebas yang mempengaruhi kelarutan, aktivitas dan kemampuan kitosan untuk berinteraksi dengan ion logam dan molekul biologis.

Anggun dkk., (2017) menegaskan bahwa derajat deasetilasi merupakan metrik penting kitosan yang mengukur proporsi gugus asetil yang dapat dihilangkan dari hasil kitin dan kitosan. Rochima (2014) berpendapat bahwa peningkatan derajat deasetilasi kitosan berhubungan dengan penurunan keberadaan gugus asetil, sehingga mengakibatkan peningkatan interaksi antara ion dan ikatan hidrogen. Penentuan derajat deasetilasi dapat dicapai dengan analisis spektrum serapan yang diperoleh dari spektroskopi *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Penentuan derajat deasetilasi kitosan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\% \text{ Derajat Deasetilasi} = \left[1 - \left[\frac{A_{1655}}{A_{3450}} \right] \times \left[\frac{1}{1,331} \right] \right] \times 100\%$$

Keterangan:

%DD : Persentase derajat deasetilasi

A_{1655} : Absorbansi pada bilangan gelombang 1655 cm untuk serapan gugus amina

A_{3450} : Absorbansi pada bilangan gelombang 3450 cm untuk serapan gugus hidroksil (OH)

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

c. Kelarutan Kitosan

Kelarutan kitosan tergantung pada pH dan jenis pelarut yang digunakan. Kitosan adalah polisakarida yang berasal dari kitin pada umumnya tidak larut dalam air pada pH netral atau basa, tetapi larut dalam larutan asam. Kelarutan kitosan yang digunakan diperiksa dengan melarutkannya kedalam larutan asam asetat 2% dengan perbandingan 1:100 (g/mL).

d. Kadar air

Penentuan kadar air merupakan faktor penting dalam menilai kualitas kitosan. Proses penentuan kadar air dilakukan sesuai standar SNI 01-2354.2-2006, khususnya menggunakan teknik gravimetri. Protokol yang ditetapkan untuk menentukan kadar air melibatkan memasukkan 0,5g kitosan dalam jumlah yang diukur secara tepat ke dalam cangkir porselen dengan berat tertentu. Sampel kitosan selanjutnya dilakukan proses pemanasan pada suhu 105°C selama 2 jam. Setelah itu, sampel dipindahkan ke desikator dan didiamkan di sana selama 30 menit untuk memastikan hilangnya kelembaban sepenuhnya. Kemudian, sampel ditimbang untuk mengetahui massanya. Selanjutnya, bahan tersebut dipanaskan kembali dalam lingkungan oven yang terkendali, diikuti dengan pendinginan di dalam peralatan desikator. Proses ini harus diulangi secara berulang-ulang hingga tercapai keadaan keseimbangan yang ditunjukkan dengan pengukuran berat yang konsisten. Perhitungan kadar air dapat ditentukan dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{a-b}{c} \times 100\%$$

Keterangan:

a : berat wadah + sampel basah (g)

b : berat wadah + sampel kering (g)

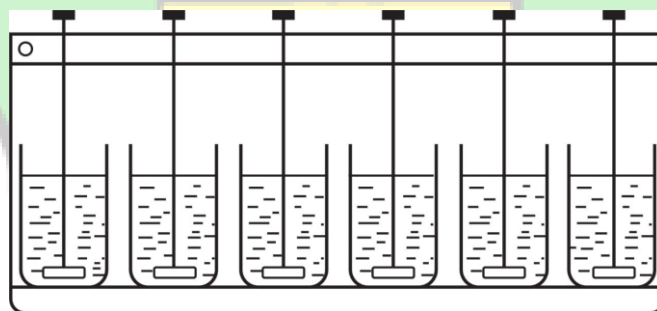
c : berat sampel basah (g)

3.7.4 Metode Pengujian Koagulasi Flokulasi Menggunakan Jar Test

Penggunaan *Jar test* sejalan dengan pedoman regulasi yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI 19-6449-2000), meliputi tahapan sebagai berikut.

1. Percobaan yang dilakukan meliputi penambahan massa serbuk cangkang kerang lokan yang dihancurkan (0 g; 0,5 g; 1 g; 1,5 g; 2 g; dan 2,5 g) ke dalam 1000 cc sampel air limbah perumahan.
2. Sesuaikan posisi kaca sehingga jarak antara baling-baling dan dinding kaca berukuran 6,4 mm dan lanjutkan dengan dokumentasi suhu pada awal percobaan.
3. Untuk mencapai pengadukan yang cepat, disarankan untuk mengatur pengaduk multi-posisi ke kecepatan putaran 120 putaran per menit (rpm) dengan durasi 2 menit.
4. Kecepatannya harus diturunkan menjadi 30 putaran per menit (rpm) selama 20 menit, diikuti dengan istirahat berikutnya selama 15 menit.

Setelah periode sedimentasi selama 15 menit, amati morfologi flok yang terletak di dasar bejana kaca dan dokumentasikan suhu benda uji. Gunakan pipet atau sifon untuk mengekstrak cairan supernat dalam volume yang sesuai, berfungsi sebagai spesimen representatif untuk tujuan menilai tingkat pH, TSS dan COD. Desain yang menggambarkan koagulasi flokulasi terlihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 6 Desain Koagulasi Flokulasi

Sumber: N. Haniyya (2024)

3.7.5 Pengujian Efektivitas Kitosan sebagai Biokoagulan

Penelitian yang dilakukan oleh Pradifan dkk., (2015) berkaitan dengan pengujian kapasitas biokoagulan:

1. Biokoagulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kitosan yang berasal dari cangkang lokan (*Geloina erosa*), dengan dosis berkisar antara 0 mg hingga 2,5 mg, termasuk penambahan 0,5 mg.
2. Biokoagulan cair dibuat dengan melarutkan setiap dosis dalam 100 mL larutan asam asetat 1%.
3. Larutan kitosan dimasukkan ke dalam gelas kimia yang berisi 1 liter limbah Rumah Potong Hewan.
4. *Jar test* dilakukan pada kecepatan pengadukan tinggi 120 rpm dengan durasi 1 menit, dilanjutkan dengan periode pengadukan rendah 65 rpm selama 15 menit dan selanjutnya diendapkan selama 30 menit.
5. Selanjutnya, nilai *Total Suspended Solid* (TSS) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dipersiapkan untuk setiap sampel dan pengukuran yang diperoleh di dokumentasikan dengan baik.

3.8 Efektivitas Penurunan

Efektivitas penurunan merupakan kemampuan suatu proses atau metode untuk mengurangi atau menghilangkan komponen tertentu dalam suatu sistem. Efektivitas penurunan sering terikat dengan proses pembuatan bikoagulan seperti pada proses deasetilasi yang menghilangkan gugus asetil pada kitin untuk membentuk kitosan. Untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan biokoagulan yang berasal dari cangkang lokan (*Geloina erosa*) untuk pengolahan pada limbah RPH, persamaan berikut dapat digunakan:

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

Keterangan:

%P : Efektivitas penurunan

C₀ : Nilai awal (mg/L)

C_e : Nilai akhir (mg/L)

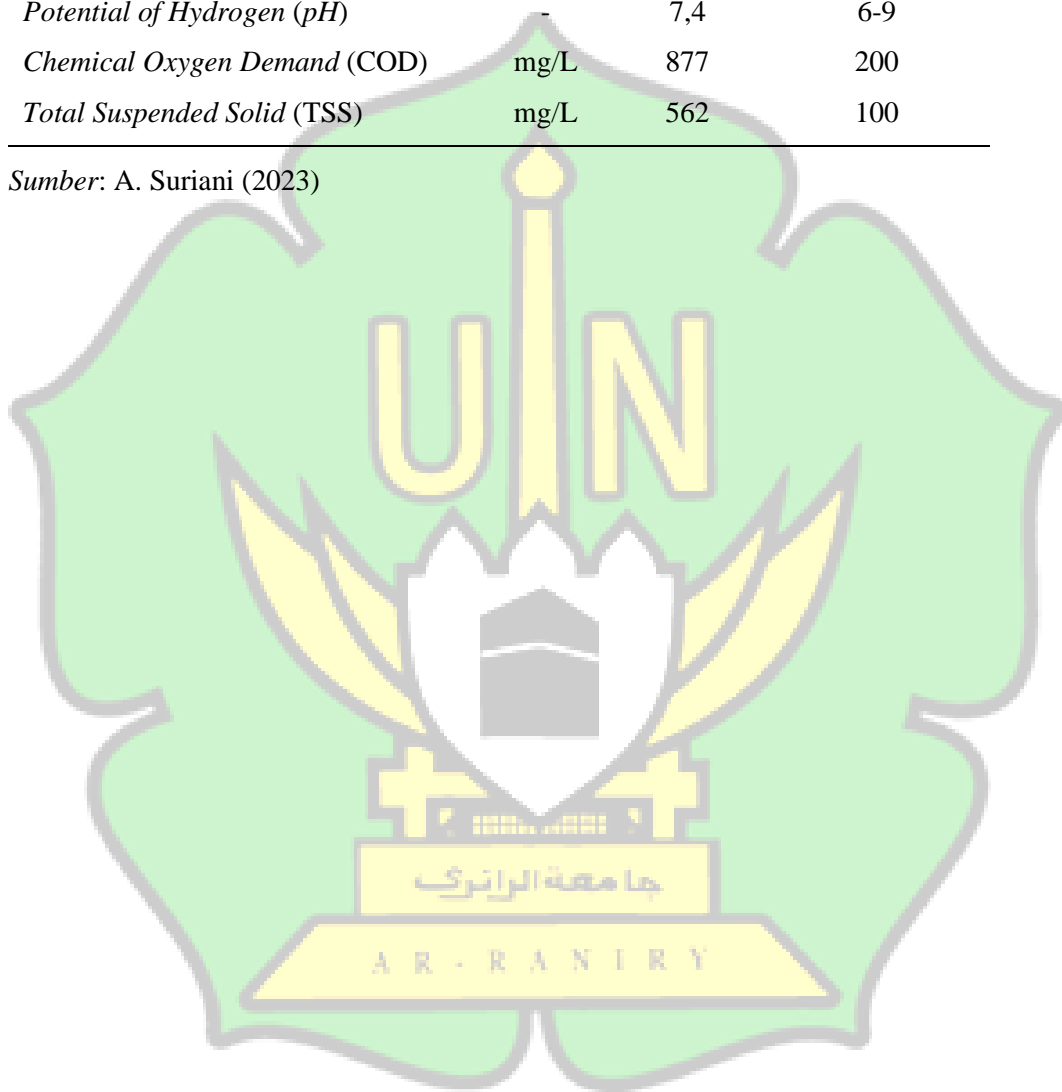
3.9 Uji Pendahuluan

Tabel 3.1 di bawah ini menyajikan temuan awal analisis yang dilakukan terhadap limbah cair yang berasal dari limbah Rumah Pemotongan Hewan (RPH) di UPTD RPH Desa Lambaro, Kecamatan Ingin Jaya, Aceh Besar.

Tabel 3. 1 Hasil Uji Pendahuluan Limbah Cair RPH

Parameter	Satuan	Hasil	Baku mutu
<i>Potential of Hydrogen (pH)</i>	-	7,4	6-9
<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	mg/L	877	200
<i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	mg/L	562	100

Sumber: A. Suriani (2023)



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Pembuatan Kitosan dari Limbah Cangkang Kerang Lokan (*Geloina erosa*)

4.1.1 Preparasi Sampel

Pada tahap preparasi sampel cangkang kerang lokan sebanyak 3 kg yang diambil dari perakarangan Masyarakat desa Siti Ambia, kabupaten Aceh Singkil. Pada penelitian yang dilakukan oleh M. Hakam dkk., (2023) tahap pembuatan serbuk cangkang dilakukan dengan menghilangkan sisa daging dan kotoran yang masih menempel pada cangkang kerang kemudian bilas dengan dengan air bersih. Cangkang kerang dijemur dibawah sinar matahari selama beberapa hari hingga memperoleh cangkang kerang yang kering.

Proses preparasi cangkang kerang lokan (*Geloina erosa*) pada penelitian ini Dicuci hingga bersih, sehingga diperoleh berat setelah pencucian sebanyak 3 kg. Kemudian, dijemur di bawah sinar matahari untuk menghilangkan kadar air yang terdapat dalam cangkang kerang lokan selama 7 hari agar kering merata dan maksimal. Setelah dikeringkan diperoleh berat cangkang kerang lokan mencapai 2,600 g. Selanjutnya, cangkang kerang lokan dihaluskan menggunakan lesung dan blender hingga berbentuk serbuk. Serbuk cangkang lokan yang diperoleh selanjutnya diayak menggunakan saringan 100 mesh dan 60 mesh. Hasil ayakan dari saringan 100 *mesh* digunakan untuk pengujian koagulan dan hasil saringan dari ayakan 60 *mesh* digunakan untuk pengujian kitosan. Adapun tujuan dari penghalusan tersebut yaitu untuk memperluas permukaan dan homogenisasi ukuran partikel kerang lokan, sehingga mempercepat reaksi saat proses pembuatan kitosan berlangsung.

4.1.2 Pembuatan Koagulan

Menurut Arga (2018), ukuran saringan yang tepat untuk pembuatan koagulan dari cangkang kerang berpengaruh terhadap kualitas koagulan yang dihasilkan. Ukuran saringan yang lebih kecil akan menghasilkan serbuk koagulan yang lebih baik. Setelah disaring, serbuk kerang yang diperoleh sebanyak 200 g. Kemudian

dibagi dipisahkan menjadi beberapa dosis, yaitu 0 g; 0,5 g; 1 g; 1,5 g; 2 g; dan 2,5 g.

4.1.3 Pembuatan Kitosan

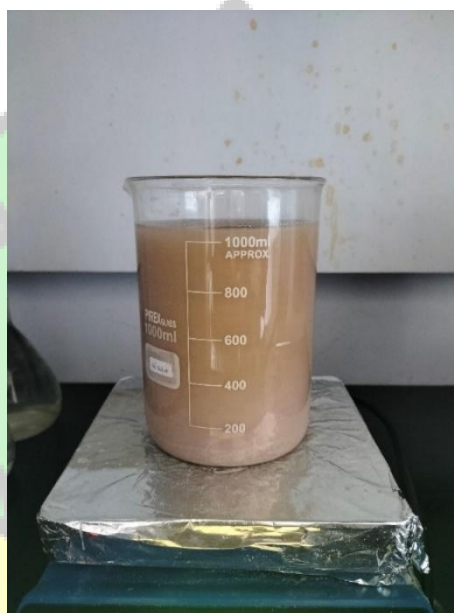
Pada tahap deproteinasi ditambahkan larutan NaOH 3,5% ke dalam 300 g serbuk cangkang lokan dengan perbandingan 3:1 (v/b). Kemudian dipanaskan dan diaduk dengan suhu 85°C selama 3 jam menggunakan *magnetic stirrer*. Setelah dingin, sampel dinetralkan dengan aquadest selanjutnya disaring untuk melarutkan Na-proteinat yang terbentuk saat penambahan NaOH. Kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 4 jam. Hasil sampel tahap deproteinasi ditimbang dan diperoleh sebanyak 254,5031g dengan hasil rendemen sebesar 80%. Menurut A. Suastuti dkk., (2022) Deproteinasi bertujuan untuk memisahkan asam amino bebas dari protein maupun peptida-peptida pendek yang mungkin tersisa dalam ekstrak, sehingga diperoleh data asam amino total. Selama proses deproteinasi, protein diekstrak dalam bentuk Na-asam lemak, atau Na-proteinat. Berikut ini gambar 4.1 proses pengadukan tahap deproteinasi.



Gambar 4. 1 Pengadukan pada tahap Deproteinasi

Tahap selanjutnya, adalah demineralisasi. Pada tahap ini dilakukan penambahan HCl 1,25 N pada sampel secara bertahap untuk meminimalisir terjadinya penguapan. Kemudian, dipanaskan menggunakan *magnetic stirrer*

selama 2 jam pada suhu 85°C. Pemanasan dan pengadukan ini bertujuan untuk mempercepat proses rusaknya mineral dan menghindari luapan gas CO₂. Setelah didinginkan, sampel disaring dengan kertas saring dan dinetralkan menggunakan *aquadest*. Selanjutnya, dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 4 jam. Hasil tahap demineralisasi yang diperoleh sebanyak 178,9720g dengan hasil rendemen 75%. Berikut proses pengadukan pada gambar 4.2



Gambar 4. 2 Pengadukan pada tahap Demineralisasi

Selanjutnya, tahapan terakhir yaitu tahap deasetilasi merupakan proses utama dalam pembuatan kitosan dari kitin. Proses ini menghilangkan gugus asetil dari molekul kitin untuk menghasilkan kitosan yang memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda. Nilai konsentrasi larutan NaOH, suhu dan waktu reaksi menentukan tahap deasetilasi. Pada tahap ini, gugus asetil dikeluarkan dari kitosan dan digantikan dengan gugus amina, yang meningkatkan kualitas kitosan. Selanjutnya ditambahkan larutan NaOH 50% kedalam 178,972 g kitin yang dihasilkan pada tahap demineralisasi. Kemudian, dilarutkan selama 2 jam pada suhu 85°C menggunakan *magnetic stirrer*. Berikut ini merupakan hasil koagulan sebelum dikeringkan pada tahap Deasetilasi pada gambar 4.3



Gambar 4. 3 Serbuk cangkang kerang lokan sebelum dikeringkan pada tahap Deasetilasi

Selanjutnya, merujuk kepada penelitian M. Hakam dkk., (2023) hasil pengadukan difiltrasi, kemudian dinetralkan menggunakan aquades hingga *pH* netral. Selanjutnya, pengeringan endapan menggunakan oven pada temperatur 100°C sekitar 4 jam untuk selanjutnya dihitung kadar rendemennya dan dianalisa derajat deasetilasinya. Sehingga, diperoleh hasil tahap deasetilasi diperoleh sebanyak 175,2506 g dengan rendemen sebesar 95%. Berikut adalah hasil kitosan dan serbuk cangkang kerang lokan pada gambar 4.4.



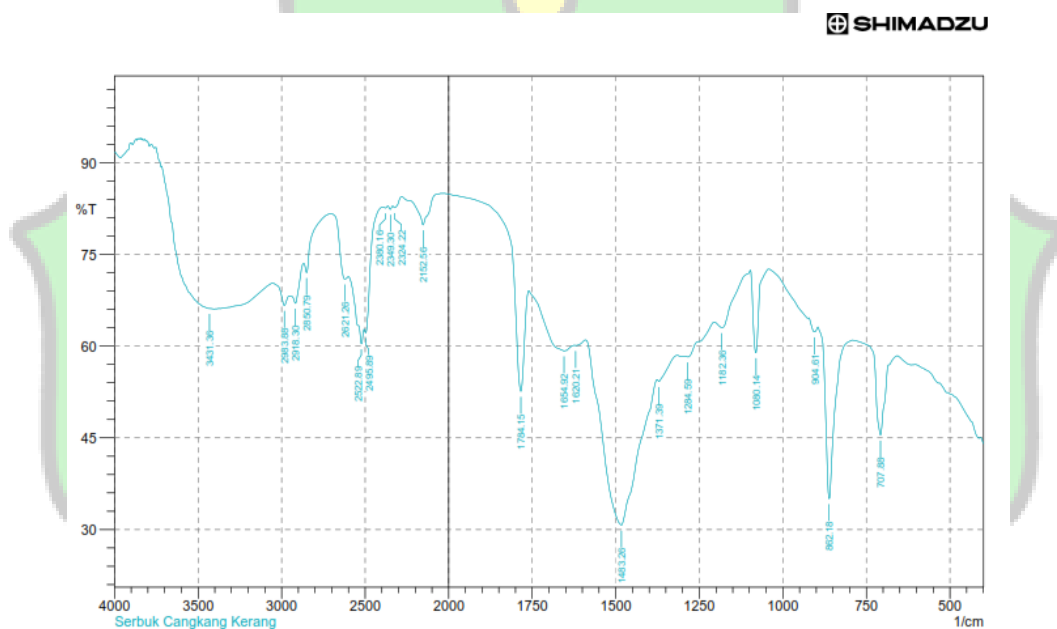
Gambar 4. 4 Hasil kitosan cangkang kerang lokan

Berikut ini merupakan hasil dari pengujian pada proses pengolahan cangkang kerang lokan (*Geloina erosa*) menjadi kitosan, dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Tabel Hasil Rendemen Kitosan Cangkang Kerang Lokan

Tahapan proses	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	Rendemen (%)
Deproteinasi	300	254,5031	84,8343
Demineralisasi	254,5031	178,9702	59,6567
Deasetilasi	178,9702	175,2506	58,4168

Proses pembuatan kitosan, semakin tinggi rendemen maka semakin baik kualitas kitosan yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena rendemen merupakan persentase dari bahan baku yang berhasil diubah menjadi kitosan dan lebih banyak bahan baku yang berhasil diubah menjadi kitosan jika rendemennya tinggi. Kitosan berkualitas tinggi memiliki derajat deasetilasi yang tinggi, sehingga lebih banyak gugus asetil yang hilang dari kitosan. Sehingga, peningkatan rendemen ini berdampak pada kualitas yang dihasilkan. Berikut ini merupakan hasil uji FTIR pada kitosan Cangkang Kerang Lokan. Berikut ini hasil uji FTIR dari kitosan kerang lokan pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Spektrum Serapan FTIR Kitosan Kerang Lokan

Berdasarkan analisis spektrum inframerah (FTIR) dari serbuk cangkang kerang lokan, derajat deasetilasi (DD) dari koagulan ini dihitung menggunakan dua puncak karakteristik. Puncak pada sekitar 1655 cm^{-1} yang berhubungan dengan gugus amnida dan puncak pada sekitar 3450 cm^{-1} yang berhubungan dengan gugus hidroksil. Namun, dari data yang diperoleh tidak ada puncak pada sekitar 1655 cm^{-1} yang biasanya digunakan menghitung derajat deasetilasi. Sehingga, digunakan data yang memiliki nilai terdekat. Absorbansi pada puncak-puncak ini adalah:

- Intensitas pada $1639,49 \text{ cm}^{-1} = 1639 = 45.242$
- Intensitas pada $3398,57 \text{ cm}^{-1} = 3398 = 53.385$

Dengan persamaan:

$$DD (\%) = 100 - \left(\frac{A_{1639,49}}{A_{3398,57}} \times 115 \right)$$

Keterangan:

- $A_{1639,49}$: Absorbansi yang terdekat pada nilai 1655 cm^{-1} , yang berkaitan dengan gugus amida I (*C=O stretching*).
- $A_{3398,57}$: Absorbansi yang terdekat pada sekitar 3450 cm^{-1} , yang berkaitan dengan gugus hidroksil (*O-H stretching*).
- 115 : Nilai dari korelasi empiris antara rasio absorbansi dua puncak spesifik (pada sekitar 1655 cm^{-1} dan 3450 cm^{-1}) dengan derajat deasetilasi yang sebenarnya.

Maka,

$$\begin{aligned} DD (\%) &= 100 - \left(\frac{45,242}{53,385} \times 115 \right) \\ &= 100 - (0,847 \times 115) \\ &= 100 - 97,405 \\ &= 2,595\% \end{aligned}$$

Jadi, derajat deasetilasi (DD) berdasarkan estimasi dari data yang tersedia adalah sekitar 2,6%. Namun, hasil ini adalah estimasi kasar karena menggunakan nilai terdekat dari puncak spektrum. Biasanya, puncak yang lebih tepat diperlukan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

4.2 Karakteristik Kitosan Cangkang Kerang Lokan (*Geloina erosa*)

Karakterisasi kitosan dilakukan dengan melakukan beberapa pengujian, yaitu kadar air, derajat deasetilasi, dan kelarutan. Hasil karakterisasi kitosan cangkang kerang lokan kemudian disesuaikan dengan SNI No. 7949:2013 tentang Kitosan (syarat mutu dan pengolahan).

a. Kadar Air

Kadar air yang terkandung pada kitosan tergantung proses pengeringan yang dilakukan pada tahap awal. Analisis kadar air bertujuan untuk mengetahui jumlah kandungan air yang terdapat pada kitin dan kitosan sehingga dapat diketahui dari banyaknya air yang menguap saat proses pemanasan menggunakan oven. Berdasarkan SNI 7949:2013, standar maksimal kadar air pada kitin dan kitosan

sebesar 12%. Kitosan mudah menyerap udara dan uap air sekitar sehingga gugus amina, N-asetil dan hidroksil pada kitosan akan berikatan dengan H₂O di udara. Oleh karena itu, kelembaban kitin dan kitosan relatif udara pada sekeliling tempat penyimpanan. Kadar air kitosan cangkang kerang lokan (*Geloina erosa*) yang dihasilkan pada penelitian ini telah memenuhi batas baku mutu. Kitosan yang dihasilkan memiliki kadar air yang sangat rendah yaitu 1,2059%.

b. Warna dan Bau

Kitosan yang dihasilkan memiliki warna putih krem, tidak berbau dan berbentuk serbuk. Sebagaimana yang tercantum dalam SNI No. 7949 2013, kitosan memiliki warna yang putih. Hal ini berarti warna kitosan telah memenuhi standar baku mutu. Menurut Eko (2018), warna kitosan yang dihasilkan disebabkan oleh selama proses demineralisasi dan deproteinasi masih terdapat bahan organik yang belum hilang secara sempurna.

4.3 Pengujian Kitosan dan Serbuk Cangkang Kerang Lokan (*Geloina erosa*)

Limbah yang telah diambil dari bak resapan UPTD RPH Lambaro diuji terlebih dahulu sebelum melakukan proses koagulasi-flokulasi. Parameter yang diuji, yaitu *pH*, TSS, COD, dan turbiditas. Hasil pengujian awal dibandingkan dengan PERMEN LH No. 5 tahun 2014 tentang Baku mutu air limbah usaha dan/atau kegiatan Rumah Potong Hewan. Berikut ini tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil Uji Pendahuluan dan Baku Mutu PERMEN LH No.5 Tahun 2014

Parameter uji	Hasil uji	Baku mutu (PERMEN LH NO. 5 Tahun 2014)
Total Suspended Solid (TSS)	562	100 mg/L
Chemical Oxygen Demand (COD)	877	200 mg/L
Potential of Hydrologen (<i>pH</i>)	7,7	6-9

Berdasarkan tabel 4.2 parameter *pH* pada air limbah RPH masih dibawah standar baku mutu, sedangkan parameter COD dan TSS sudah melebihi batas baku mutu. Standar baku mutu untuk parameter COD yaitu 200 mg/L, sedangkan parameter TSS yaitu 100 mg/L, seperti yang disebutkan dalam PERMEN LH No. 5 Tahun 2014 tentang baku Mutu Air Usaha dan/atau Kegiatan Rumah Potongan

Hewan. Oleh karena itu, limbah RPH Lambaro belum layak untuk dibuang ke lingkungan sekitar dan dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

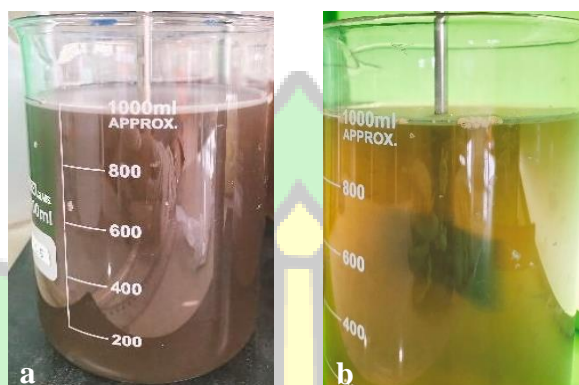
Pada pengujian biokoagulan, limbah cair RPH dibagi masing-masing ke dalam 6 *beaker glass* yang berisi 1L limbah cair RPH dan menambahkan koagulan dengan dosis yang bervariasi, yaitu 0 mg, 0,5 mg, 1 mg, 1,5 mg, 2 mg, 2,5 mg. Selanjutnya, dilakukan pengadukan menggunakan instrumen *jar test* dalam koagulasi flokulasi. *Jar test* adalah metode uji laboratorium yang digunakan untuk menentukan kondisi optimum pengendapan dan koagulan dalam proses pengolahan air. Menurut P.A. Sari (2024) *Jar test* dilakukan untuk mendapatkan dosis optimal dan efektif pada koagulan yang akan digunakan pada proses pengolahan air atau limbah cair. Hal ini menjadi tahapan yang penting dalam pengolahan air limbah untuk menghilangkan zat-zat terlarut, partikel dan mikroorganisme.

Proses koagulasi atau pengadukan cepat dilakukan dengan kecepatan 120 rpm selama 1 menit dan flokulasi atau pengadukan lambat dilakukan dengan kecepatan 65 rpm selama 30 menit. Kemudian, masing-masing sampel diendapkan selama 30 menit setelah proses koagulasi-flokulasi. Setelah proses pengendapan selesai, dilakukan analisis kadar *pH*, TSS, COD dan turbiditas.

Selanjutnya, pengujian pada kitosan dengan melarutkan serbuk cangkang kerang lokan dengan variasi 0 mg, 0,5 mg, 1 mg, 1,5 mg, 2 mg, 2,5 mg. masing-masing dosis dimasukkan kedalam 100 ml asam asetat 1% kemudian dicampurkan ke dalam 1L air limbah RPH. Selanjutnya, dilakukan tahap pengadukan yang menggunakan dua tahap, pengadukan cepat dilakukan dengan kecepatan 120 rpm selama 1 menit dan diikuti dengan pengadukan lambat dengan kecepatan 65 rpm selama 30 menit, setelah semua tahap pengadukan selesai, selanjutnya dilakukan proses pengendapan selama 1 jam.

Dosis koagulan memengaruhi proses koagulasi-flokulasi karena koagulan mengikat partikel dalam air limbah, membantu menggumpalkan partikel menjadi flok yang lebih besar dan stabil. Dosis koagulan yang tepat dapat meningkatkan proses koagulasi-flokulasi dengan mengurangi kekeruhan air limbah. Dosis koagulan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan koagulan berfungsi sebagai pengotor, mengurangi efisiensi proses koagulasi-flokulasi, dan meningkatkan biaya

operasional. Sebaliknya, dosis koagulan yang terlalu rendah tidak dapat mengikat partikel dengan baik, sehingga tidak dapat mengurangi kekeruhan air limbah secara signifikan. Berikut ini hasil sebelum dan sesudah pengadukan menggunakan koagulan pada gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Penampakan fisik air limbah RPH a) sebelum b) sesudah penambahan koagulan

4.4 Pengaruh Kemampuan Kitosan dan Serbuk Cangkang Kerang Lokan Terhadap Nilai COD pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH)

Nilai COD adalah ukuran kuantitatif dari jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa-senyawa kimia yang terlarut dalam air. Nilai COD digunakan sebagai indikator untuk menentukan Tingkat pencemaran organik dalam air, karena senyawa-senyawa organik seperti karbohidrat, lemak dan protein akan memerlukan oksigen untuk teroksidasi. Nilai COD pada air limbah RPH Lambaro telah melebihi batas baku mutu yang ditetapkan. Setelah pengujian *jar test*, dosis koagulan dan kitosan dapat mempengaruhi penurunan nilai COD pada air limbah RPH Lambaro yang dapat dilihat pada tabel 4.3.

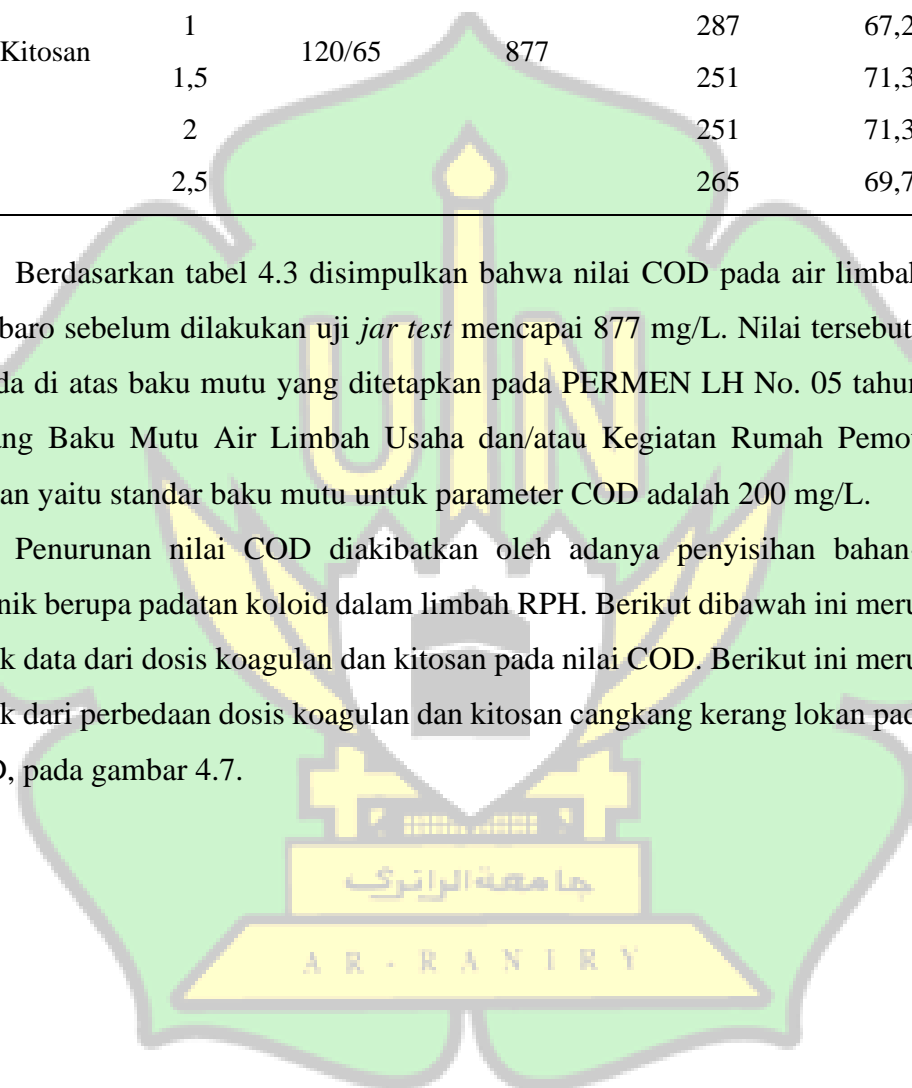
Tabel 4. 3 Perbandingan hasil kitosan dan serbuk cangkang kerang lokan terhadap nilai COD

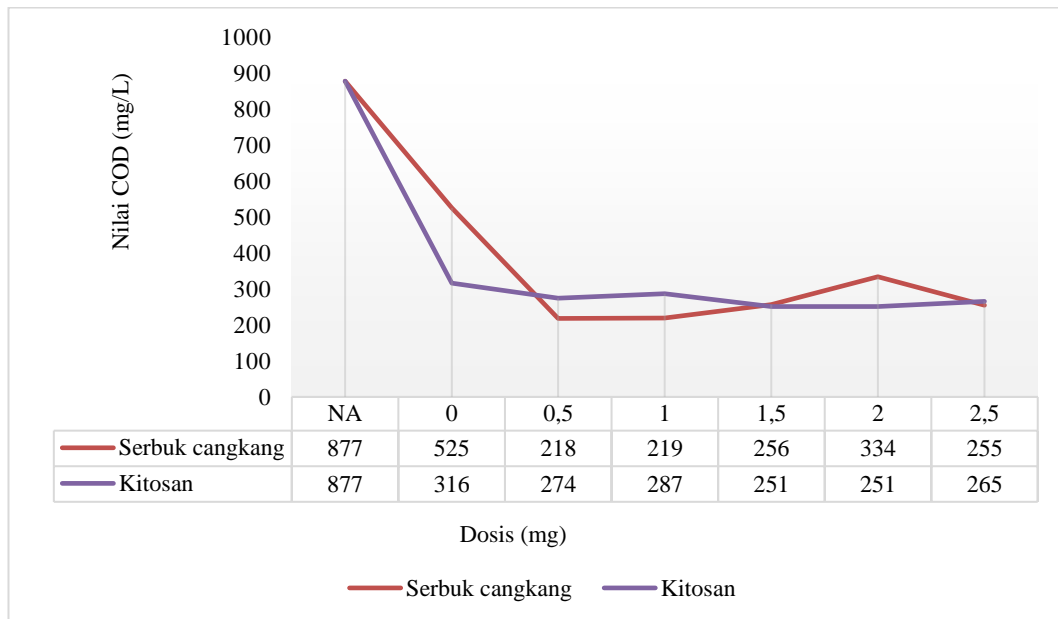
Variasi dosis (mg/L)	Kecepatan pengadukan (rpm)	Nilai awal COD (mg/L)	Nilai akhir COD (mg/L)	Efektivitas (%)
Serbuk	0	877	525	40,13
Cangkang	0,5	877	218	75,14

	1		219	75,02
	1,5		256	70,80
	2		334	61,91
	2,5		255	70,92
	0		316	63,96
	0,5		274	68,75
Kitosan	1	120/65	877	287
	1,5			251
	2			251
	2,5			265

Berdasarkan tabel 4.3 disimpulkan bahwa nilai COD pada air limbah RPH Lambaro sebelum dilakukan uji *jar test* mencapai 877 mg/L. Nilai tersebut masih berada di atas baku mutu yang ditetapkan pada PERMEN LH No. 05 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Usaha dan/atau Kegiatan Rumah Pemotongan Hewan yaitu standar baku mutu untuk parameter COD adalah 200 mg/L.

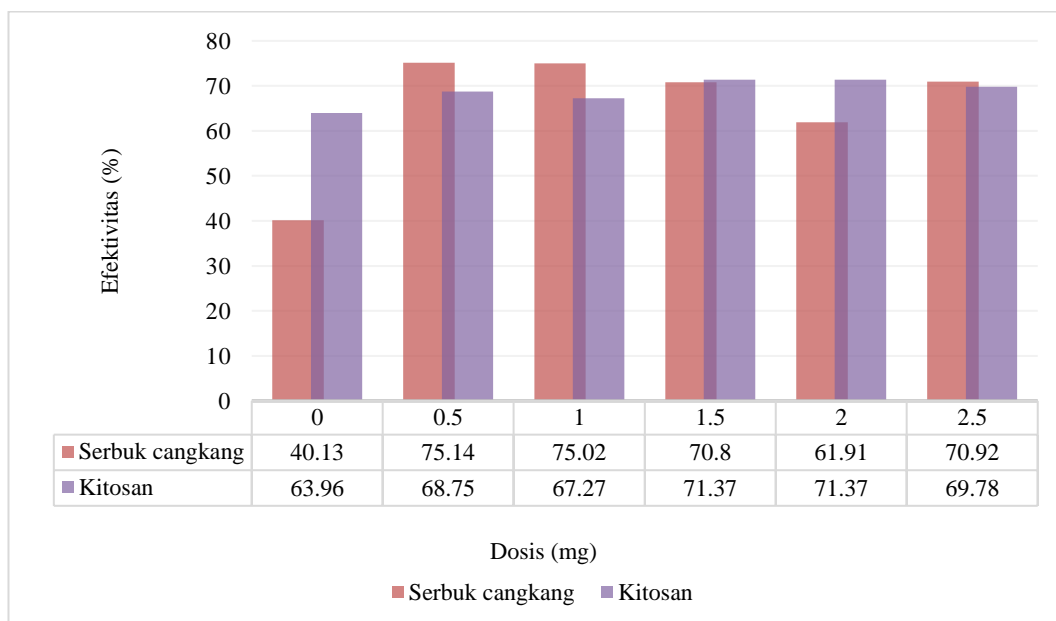
Penurunan nilai COD diakibatkan oleh adanya penyisihan bahan-bahan organik berupa padatan koloid dalam limbah RPH. Berikut dibawah ini merupakan grafik data dari dosis koagulan dan kitosan pada nilai COD. Berikut ini merupakan grafik dari perbedaan dosis koagulan dan kitosan cangkang kerang lokan pada nilai COD, pada gambar 4.7.





Gambar 4. 7 Grafik kemampuan kitosan dan cangkang kerang pada nilai COD

Dari grafik pada gambar 4.7 dapat diketahui nilai awal COD 877 mg/L turun menjadi 525 mg/L dengan kecepatan pengadukan 120/65rpm. Sedangkan, pada kitosan dosis 0 mg, nilai awal COD 877 mg/L turun menjadi 316 mg/L dengan kecepatan pengadukan 120/65 rpm. Penurunan yang paling signifikan terjadi pada serbuk cangkang dengan dosis 0,5 mg nilai penurunan menjadi 218 mg/L dan pada kitosan turun menjadi 251 mg/L pada dosis 1,5 mg/L dan 2 mg/L. Penurunan tersebut disebabkan oleh pengaruh gravitasi dan pengendapan alami. Berikut dibawah ini merupakan diagram perbandingan efektivitas dari koagulan dan kitosan pada gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Diagram efektivitas cangkang kerang dan kitosan kerang loka pada nilai COD

Dikutip dari Masduqi dan Slamet (2002) pada penelitian S.Q. Nasrulloh (2021) penyisihan COD terjadi akibat proses kimia saat koagulan berikatan dengan partikel penyebab COD pada proses koagulasi juga dipengaruhi oleh proses flotasi. Proses flotasi menyebabkan terjadinya turbulensi pada limbah yang membantu meningkatkan suplai oksigen. Akan tetapi, pada tahap ini hasil terendah nilai COD belum mencapai batas baku mutu. Nilai COD yang paling mendekati baku mutu adalah pada pengujian koagulan, sedangkan pada pengujian kitosan juga hampir mendekati. Penurunan terendah pada pengujian koagulan terjadi pada dosis 0 mg dengan efektivitas hanya mencapai 40,13%. Pada pengujian kitosan juga terjadi penurunan terendah pada dosis 0 mg dengan efektivitas hanya mencapai 63,96%.

4.5 Pengaruh Kemampuan Kitosan dan Serbuk Cangkang Kerang Loka Terhadap Nilai TSS pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH)

Menurut Dian, dkk (2022) Nilai TSS adalah ukuran jumlah partikel padat yang tersuspensi dalam suatu volume air atau komponen tersuspensi koloid yang mengandung bahan organik dan anorganik. Dari hasil data yang diperoleh yaitu nilai TSS pada air limbah RPH Lambaro telah melebihi batas baku mutu yang ditetapkan. Berikut hasil pengujian menggunakan *jar test* menggunakan dosis

koagulan dan kitosan yang dapat mempengaruhi nilai TSS pada air limbah RPH Lambaro, dapat dilihat pada tabel 4.4.

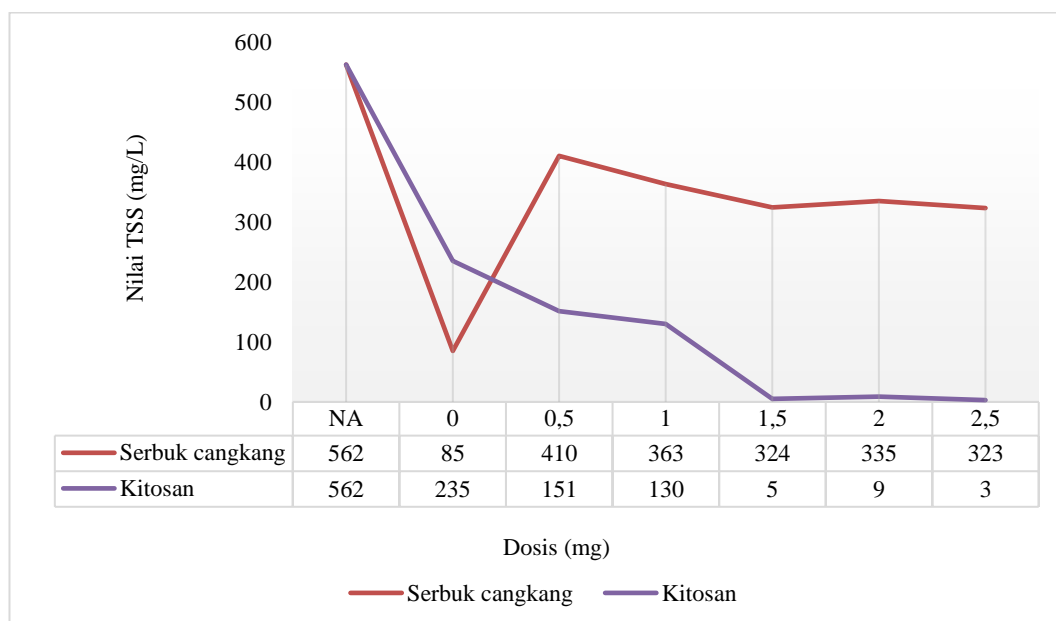
Tabel 4. 4 Perbandingan hasil kitosan dan serbuk cangkang kerang lokan terhadap nilai TSS

Variasi dosis (mg/L)	Kecepatan pengadukan (rpm)	Nilai awal TSS (mg)	Nilai akhir TSS (mg)	Efektivitas (%)
Serbuk cangkang	0	120/65	85	84,87
	0,5		410	27,04
	1		363	35,40
	1,5		324	42,34
	2		335	40,39
	2,5		323	42,52
Kitosan	0	120/65	235	58,18
	0,5		151	73,13
	1		130	76,86
	1,5		5	99,11
	2		9	98,39
	2,5		3	99,46

Dari tabel 4.4, diketahui bahwa nilai TSS sebelum dilakukan uji *jar test* mencapai 562 mg/L. Menurut PERMEN LH No. 05 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Usaha dan/atau Kegiatan Rumah Pemotongan Hewan, standar baku mutu untuk parameter TSS adalah 100 mg/L. Maka nilai tersebut masih berada di atas baku mutu yang telah ditetapkan. Adapun setelah dilakukan pengujian *jar test* koagulan dan kitosan dari cangkang kerang lokan dapat menurunkan nilai TSS pada air limbah RPH Lambaro. Penurunan yang paling signifikan yaitu pada kitosan dengan efektivitas penurunan sebesar 99,46%.

Seperti pada hasil penelitian yang dilakukan oleh P.A. Sari dkk., (2024) hasil uji dengan dosis 1000 ppm, 2000 ppm dan 3000 ppm, diperoleh hasil efektivitas penurunan yaitu -0,77%, -0,74% dan 0%. Semakin tinggi dosis yang diberikan semakin menurunkan nilai TSS. Penurunan TSS ini disebabkan oleh kemampuan kitosan dalam menyerap dan mengikat bahan-bahan organik dan anorganik yang

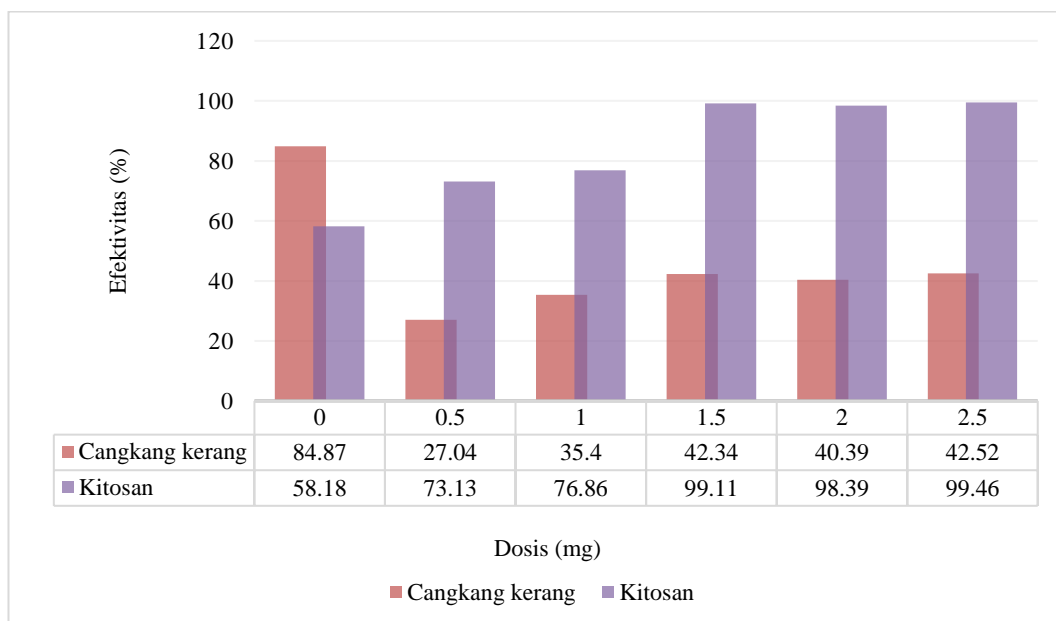
terkandung dalam limbah cair, sehingga mengurangi nilai TSS. Berikut dibawah ini merupakan grafik data dari dosis koagulan dan kitosan pada nilai TSS pada gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Grafik kemampuan kitosan dan cangkang kerang lokan pada nilai TSS

Dari grafik gambar 4.9 dapat diketahui pada koagulan dosis 0 mg, nilai awal TSS 562 mg/L turun menjadi 85 mg/L dengan kecepatan pengadukan 120/65 rpm. Sedangkan, pada kitosan dosis 0 mg, nilai awal TSS 562 mg/L turun menjadi 235 mg/L dengan kecepatan pengadukan 120/65 rpm. Penurunan TSS pada proses koagulasi flokulasi disebabkan oleh adanya interaksi antara koagulan dengan partikel koloid yang terkandung dalam air limbah. Nilai TSS terendah pada koagulan belum melewati batas baku mutu. Sedangkan nilai TSS terendah pada kitosan telah melewati batas baku mutu. Hal ini berarti kitosan lebih efektif menurunkan kadar TSS pada air limbah RPH Lambaro.

Penurunan terendah pada pengujian koagulan terjadi pada dosis 0,5 mg dengan efektivitas hanya mencapai 27,04%. Sedangkan pada pengujian kitosan terjadi pada dosis 0 mg dengan efektivitas hanya mencapai 58,18%. Dapat dilihat pada diagram 4.10.



Gambar 4. 10 Diagram efektivitas kitosan dan serbuk cangkang kerang lokan pada nilai TSS

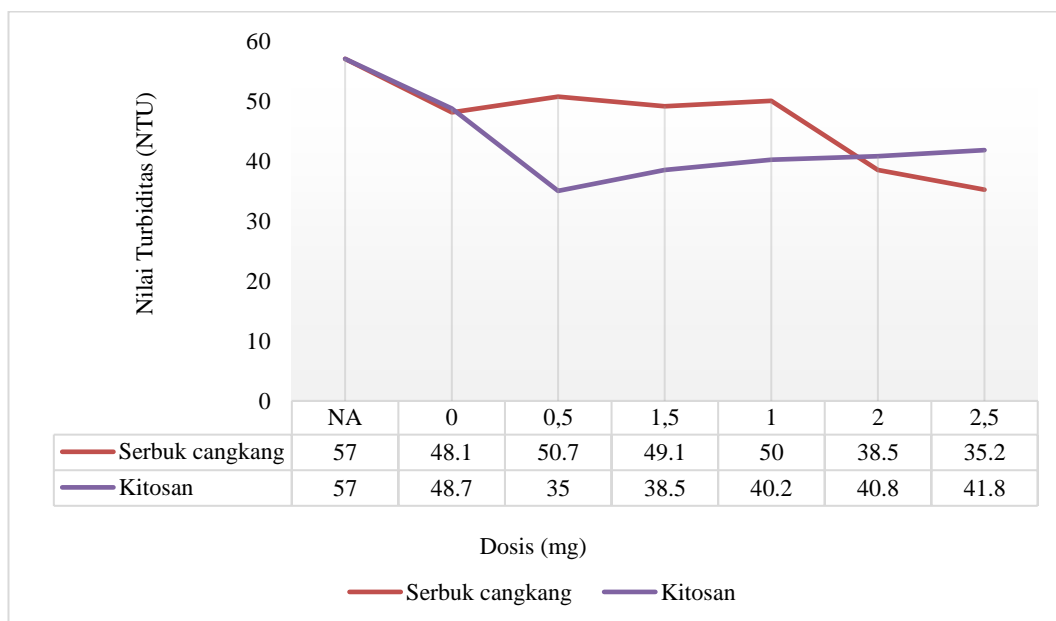
4.6 Pengaruh Kemampuan Kitosan dan Serbuk Cangkang Kerang Lokan Terhadap Nilai Turbiditas pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH)

Cangkang kerang lokan memiliki kandungan karbonat (CaCO_3) dan kitinnya memiliki beberapa manfaat yang signifikan dalam pengolahan turbiditas. Kitosan yang diperoleh dari cangkang kerang lokan merupakan polimer alami yang efektif sebagai agen koagulan. Kitosan dapat membantu mengumpulkan partikel-partikel tersuspensi dalam air sehingga membentuk flok yang lebih mudah untuk diendapkan atau disaring. Hal ini dapat mengurangi kekeruhan air secara signifikan. Dosis koagulan dan kitosan dapat mempengaruhi penurunan nilai turbiditas pada air limbah RPH Lambaro setelah dilakukan uji *jar test* yang dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Perbandingan hasil kitosan dan serbuk cangkang kerang lokan terhadap nilai turbiditas

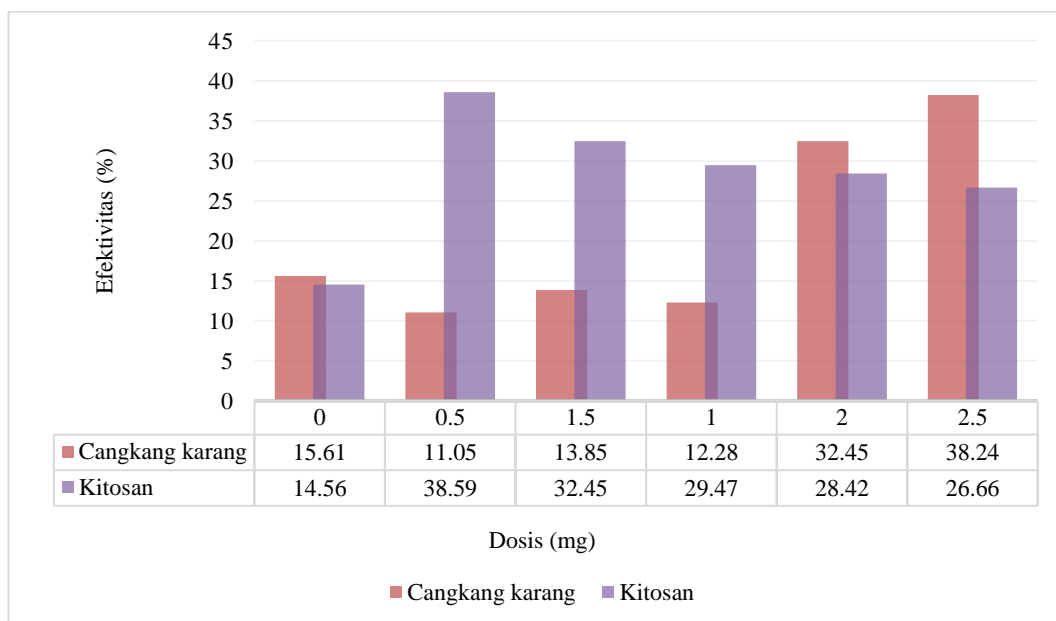
Variasi dosis (mg/L)	Kecepatan pengadukan (rpm)	Nilai awal turbiditas (NTU)	Nilai akhir turbiditas (NTU)	Efektivitas (%)	
Serbuk cangkang	120/65	57	0	48,1	15,61
			0,5	50,7	11,05
			1,5	49,1	13,85
			1	50	12,28
			2	38,5	32,45
			2,5	35,2	38,24
Kitosan	120/65	57	0	48,7	14,56
			0,5	35	38,59
			1,5	38,5	32,45
			1	40,2	29,47
			2	40,8	28,42
			2,5	41,8	26,66

Dari tabel 4.5 dapat diketahui bahwa nilai kekeruhan sebelum dilakukan uji *jar test* mencapai 57 NTU. Parameter turbiditas tidak disebutkan dalam PERMEN LH Nomor 5 Tahun 2014, perbandingan pada peraturan tersebut tidak dapat dilakukan. Akan tetapi, hal ini dapat dijadikan perbandingan untuk setelah perlakuan dengan metode *Jar Test* menggunakan koagulan dan kitosan cangkang kerang lokan. Adapun setelah dilakukannya uji *jar test* koagulan dan kitosan dari cangkang kerang lokan, dapat menurunkan nilai kekeruhan pada air limbah RPH Lambaro. Penurunan yang paling signifikan yaitu pada koagulan dosis 2,5 mg dengan efektivitas penurunan pada koagulan sebesar 38,24% dan pada kitosan sebesar 38,59% di dosis 2,5 mg. Berikut dibawah ini merupakan grafik data dari perbandingan dari dosis koagulan dan kitosan pada nilai Turbiditas, pada gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Grafik kemampuan hasil kitosan dan serbuk cangkang kerang lokan pada nilai turbiditas

Pada gambar 4.11 dapat diketahui pada koagulan dosis 0 mg, nilai awal kekeruhan 57 NTU turun menjadi 48,1 NTU dengan kecepatan pengadukan 120/65rpm. Sedangkan pada kitosan dosis 0 mg, nilai awal kekeruhan 57 NTU turun menjadi 48,7 mg/L dengan kecepatan pengadukan 120/65 rpm. Penurunan yang paling signifikan terjadi pada penambahan dosis 2,5. Pada koagulan turun menjadi 35,2 NTU dan pada kitosan turun menjadi 41,8 NTU. Hal ini disebabkan oleh adanya interaksi antara kitosan dengan partikel-partikel yang tidak larut dalam air. Kitosan yang terdapat dalam cangkang kerang hijau, memiliki sifat menyerap dan penggumpal yang baik, sehingga dapat mengikat partikel-partikel yang tidak larut dalam air dan mengurangi kekeruhan. Berikut dibawah ini merupakan diagram perbandingan efektivitas koagulan dan kitosan cangkang kerang lokan pada nilai turbiditas, pada gambar 4.12.



Gambar 4. 12 Diagram efektivitas kitosan dan serbuk cangkang kerang lokan pada nilai Turbiditas

Nilai efektivitas yang signifikan adalah 38,24% pada serbuk cangkang kerang lokan dan 38,58% pada kitosan. Sedangkan, penurunan terendah pada pengujian koagulan terjadi pada dosis 0,5 mg dengan efektivitas hanya mencapai 11,05%. Sedangkan pada pengujian kitosan terjadi pada dosis 0 mg dengan efektivitas hanya mencapai 14,56%. Semakin banyak dosis yang ditambahkan, maka nilai turbiditas semakin menurun. Penambahan dosis koagulan yang lebih tinggi dapat meningkatkan efektivitas koagulasi, yang berarti bahwa lebih banyak partikel-partikel yang tidak larut dalam air dapat diikat dan dihilangkan. Namun, jika dosis koagulan yang ditambahkan terlalu tinggi, maka dapat terjadi kegagalan pembentukan flok yang dapat mengakibatkan partikel-partikel tidak dapat bergabung dengan partikel lain dan tidak dapat dihilangkan.

4.7 Pengaruh Kemampuan Kitosan dan Serbuk Cangkang terhadap Nilai pH pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan (RPH)

Kitosan dapat mempengaruhi nilai pH pada limbah cair RPH, namun efek kitosan terhadap pH tergantung pada karakteristik awal cair, diantaranya komposisi kimia dan Tingkat keasaman. Pada penelitian ini pH awal limbah cair RPH sebelum pengujian terhadap koagulan dan kitosan adalah 7,4 dan setelah dilakukan

pengadukan menggunakan koagulan dan kitosan nilai pH berubah menjadi 7. Sehingga, pada penelitian ini nilai biokoagulan dan kitosan terhadap pH limbah cair RPH tidak terlalu berpengaruh, karena nilai pH yang diperoleh menunjukkan hasil yang normal sesuai dengan peraturan PERMEN LH Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah RPH.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Derajat deasetilasi kitosan yang diperoleh dari cangkang kerang lokan (*Geloina erosa*) adalah 2,6%.
2. Cangkang kerang lokan mampu dijadikan sebagai koagulan dalam menurunkan nilai COD dan kekeruhan.
3. Pada pengujian serbuk cangkang kerang lokan (*Geloina erosa*), efektivitas penurunan nilai COD adalah sebesar 75,14%, efektivitas penurunan nilai TSS adalah sebesar 84,87% dan efektivitas penurunan nilai kekeruhan adalah sebesar 38,24%. Penurunan nilai COD dan TSS belum memenuhi standar standar baku mutu PERMEN LH Nomor 5 tahun 2014.
4. Pada pengujian kitosan, efektivitas penurunan nilai COD adalah sebesar 71,37%, dimana belum memenuhi standar baku mutu PERMEN LH Nomor 5 tahun 2014. Sedangkan, efektivitas penurunan nilai TSS adalah sebesar 99,46% dan efektivitas penurunan nilai kekeruhan adalah sebesar 38,59%, nilai kekeruhann yang diperoleh sudah memenuhi standar baku mutu.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengamatan dari penelitian ini, maka hal yang disarankan pada penelitian ini sebaiknya digunakan jenis limbah cangkang atau biokoagulan lain yang memiliki zat kitin yang lebih tinggi agar didapatkan nilai kitosan yang lebih akurat dan dapat diperoleh hasil uji parameter terhadap koagulan yang sesuai dengan standar baku mutu.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi Suastuti, N. G. A. M. D., Awalia Ramadhani, A., Laksmiwati, A. A. I. A. M., & Ratnayani, K. (2022). Komposisi Asam Amino Dari Ekstrak Kecambah Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L) Setelah Tahap Deproteinasi. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 11(1), 159.
- Agustina, S., Made, D. S., dan Nyoman, S. (2015). Isolasi Kitin, Karakterisasi dan Sintesis Kitosan dari Kulit Udang. *Jurnal Kimia*, 271-278.
- Aini, A., Sriasih, M., dan Kisworo, D. (2017). Studi Pendahuluan Cemaran Air Limbah Rumah Pemotongan Hewan di Kota Mataram. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 15(1), 42.
- Anggun, N.C., Woro, H.S., dan Gunanti, (2017). Pengaruh Kombinasi Naoh dan Suhu Berbeda Terhadap Nilai Derajat Deasetilasi Kitosan dari Cangkang Kerang Kampak (*Atrina Pectinata*). *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 6 (2), 48-56.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. Kitosan-Syarat Mutu dan Pengolahan. SNI No. 7949. 2013. Dewan Standardisasi Nasional. Jakarta. Diakses tanggal 22 Mei 2019.
- Dwi, E., Sari, A., Moelyaningrum, A. D., dan Ningum, P. T. (2018). Kandungan Limbah Cair Berdasarkan Parameter Kimia di Inlet dan Outlet Rumah Pemotongan Hewan (Studi di Rumah Pemotongan Hewan X Kabupaten Jember). Skripsi. Universitas Jember.
- Edward, J. D., Marni, K., Riardi, P.D. (2016). Isolasi Kitin dan Kitosan dari Limbah Kulit Udang. *Jurnal kemenperin*, 12 (01), 32-38.
- Hakam, M., Praditama, F., & Kurniati, E. (2023). peningkatan Derajat Deasetilasi Dalam Sintesis Kiotsan Dari Cangkang Kerang Darah. *Jurnal Teknik Kimia*, 17(2),97-104.
- Jalaly, M. J. H. (2020). Eco Filter Air Dengan Memanfaatkan Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*) Sebagai Media Filtrasi Untuk Menurunkan Kekeruhan Dan Kadar Tss (Total Suspended Solid).

- Mahatmanti, F. W., Kusumastuti, E., Jumaeri, J., Sulistyani, M., Susiyanti, A., Haryati, U., & Dirgantari, P. S. (2022). Pembuatan Kitin Dan Kitosan Dari Limbah Cangkang Udang Sebagai Upaya Memanfaatkan Limbah Menjadi Material Maju. *Inovasi Kimia*, 1, 1–38.
- Nasrulloh, S. Q., Dewi, E. R. S., & Dzakiy, M. A. (2021). Kombinasi Kitosan Cangkang Keong Sawah (*Pila Apullacea*) dan Kerang Darah (*Anadara Granosa*) sebagai Biokoagulan dalam Menurunkan Kadar COD, TSS pada Limbah Cair Batik. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Enterpreneurship VII*, 1(1), 162–168.
- Nurfitasari, I. (2018). Pengaruh Penambahan Kitosan dan Gelatin Terhadap Kualitas Biodegradable Foam Berbahan Baku Pati Biji Nangka (*Artocarpus heterophyllus*). 1–2.
- Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021. (2021). Lampiran VI tentang Baku Mutu Air Nasional-PP Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Sekretariat Negara Republik Indonesia, 1(078487A), 483.
- Pradifan, A., Sutrisno, E., dan Hadiwidodo, M. (2016). Studi Penggunaan Kitosan dari Limbah Cangkang Kerang Simpson (*Amusium Pleuronectes*) Sebagai Biokoagulan untuk Menurunkan Kadar COD dan TSS (Studi Kasus: Air Saluran Singosari Semarang). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5, 283.
- Purwatie, M. I. (2020). Eco Filter Air Dengan Memanfaatkan Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*) sebagai Media Filtrasi untuk Menurunkan Kadar Timbal (Pb). *Universitas Islam Indonesia*, 1–75.
- Rahimah, Z., Heldawati, H., dan Syauqiah, I. (2018) Pengolahan Limbah Deterjen Menggunakan Proses Aerasi, Koagulasi, dan Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur dan PAC. *Konversi*, 5(2), 13-19.
- Rahimawati, Nurhasanah, & Nurhanisa, M. (2019). 38764-75676618912-1-Pb. Pengaruh Penambahan Massa Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Teraktivasi Pada Peningkatan Kualitas Air Sumur Bor, 7(3), 312–318.
- Rohana, H., dan Sri, T, P. (2019) Uji Optimasi Ekstrak Daun *Ipomoea batatas* L. yang Digunakan sebagai Flokulan dalam Pengolahan Air untuk Praktikum

- pada Mata Kuliah Kimia Analisis Lingkungan. *Jurnal Inovasi dan Pengelolaan Laboratorium*, 1 (1).
- Samsuarni, R. (2022). Pemanfaatan Cangkang Kerang Lokan (*Geloina erosa*) sebagai Biokoagulan pada Pengolahan Limbah Cair UPTD Rumah Pemotongan Hewan Kota Banda Aceh.
- Sianipar, W. S. (2006). Studi Aplikasi Produksi Bersih pada Industri Rumah Pemotongan Hewan (RPH). Skripsi.
- SNI 6989.59.2008 tentang Metoda pengambilan contoh air permukaan. 59, 19. Metoda Pengambilan-Contoh-Air-Limbah.
- Sofiyani, R. (2022). Pemanfaatan Cangkang Kerang Kijing (*Pilsbroconcha exilis*) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Limbah Cair RPH. Skripsi. (Universitas Islam Negeri Ar-Raniry).
- Susilawati. (2022). Pemanfaatan Kitosan Dari Limbah Cangkang Susuh Kura (*Sulcospira testudinaria*) Sebagai Biokoagulan Untuk Menurunkan Kadar Tss Dan Cod Pada Limbah Cair RPH. Skripsi.
- Wulandari, W. T., Pratita, A. T. K., dan Idacahyati, K. (2020). Pengaruh Variasi Nilai NaOH Terhadap Nilai Derajat Deasetilasi Kitosan dari Limbah Cangkang Kerang Hijau (*Perna viridis* L): The Effect of NaOH Concentration on The Value of The Deacetylation Degree of Chitosan from Green Mussels Shell Waste (*Perna v. Kovalen*). *Jurnal Riset Kimia*, 6(3), 171–176.
- Zahiruddin, W., Aprilia, A., dan Ella, S. (2008). Karakteristik Mutu dan Kelarutan Kitosan dari Ampas Silase Kepala Udang Windu (*Penaeus monodon*). 11 (2), 140-151.
- Zahra, R. N. (2021). Pemanfaatan Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Sebagai Koagulan Alami Dalam Menurunkan Kadar TSS dan Kekeruhan. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

LAMPIRAN



Masyarakat sebagai
penjual dan penghasil
limbah cangkang kerang
lokan



Proses penjemuran
cangkang kerang lokan
setelah dibersihkan



Proses penghalusan
kerang lokan menjadi
serbuk



Proses pengayakan
serbuk cangkang kerang
lokan



Timbang serbuk
cangkang kerang lokan
sesuai dosis yang
diperlukan



Penambahan NaOH
3,5% kedalam sampel



Pengecekan sampel menggunakan COD meter setelah dipanaskan menggunakan COD reaktor



Uji Turbiditas



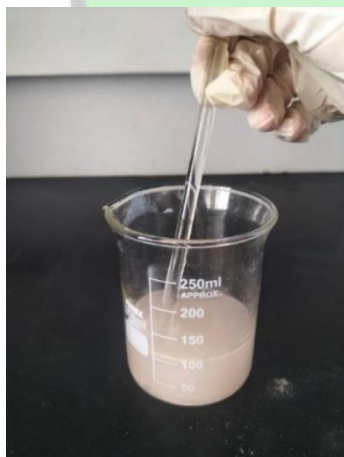
Proses pemanasan sampel menggunakan COD reaktor



Proses penimbangan sampel sesuai dosis yang telah ditentukan



Proses pendinginan sampel dari hasil pemanasan menggunakan COD reaktor



Proses penetralan sampel



Pengecekan *pH* setelah dilakukan netralisasi hingga *pH* netral



Proses pengasingan hasil endapan dari tahapan pengadukan koagulan masing-masing beaker yang selanjutnya akan dipanaskan menggunakan oven kemudian dilakukan netralisasi *pH* terhadap sampel



Proses dari uji TSS menggunakan *vacuum filtration*



Limbah RPH sebelum
dilakukan pengujian
koagulasi flokulasi



Pengujian flokulasi



Lampiran SNI: Metode pengambilan sampel air limbah:

SNI

Standar Nasional Indonesia

SNI 6989.59:2008



**Air dan air limbah – Bagian 59:
Metoda pengambilan contoh air limbah**

ICS 13.060.50

Badan Standardisasi Nasional

BSN

Lampiran Perhitungan:

Perhitungan Nilai Rendemen dari Setiap Tahap

1. Tahap Deproteinasi

$$\begin{aligned}\text{Rendemen (\%)} &= \frac{\text{berat kitosan yang dihasilkan}}{\text{berat kitin}} \times 100\% \\ &= \frac{254,5031}{300} \times 100\% \\ &= \mathbf{84,8343\%}\end{aligned}$$

2. Tahap Demineralisasi

$$\begin{aligned}\text{Rendemen (\%)} &= \frac{\text{berat kitosan yang dihasilkan}}{\text{berat kitin}} \times 100\% \\ &= \frac{178,9702}{254,5031} \times 100\% \\ &= \mathbf{59,6567\%}\end{aligned}$$

3. Tahap Deasetilasi

$$\begin{aligned}\text{Rendemen (\%)} &= \frac{\text{berat kitosan yang dihasilkan}}{\text{berat kitin}} \times 100\% \\ &= \frac{175,2506}{178,9702} \times 100\% \\ &= \mathbf{58,4168\%}\end{aligned}$$

Perhitungan Kadar Air

$$\begin{aligned}\text{Kadar air (\%)} &= \frac{a-b}{c} \times 100\% \\ &= \frac{90,3138-90,3011}{1,0531} \times 100\% \\ &= \mathbf{1,2059\%}\end{aligned}$$

Perhitungan Derajat Deasetilasi

$$\begin{aligned}\text{DD (\%)} &= 100 - \left(\frac{45,242}{53,385} \times 115 \right) \\ &= 100 - (0,847 \times 115) \\ &= 100 - 97,405 \\ &= \mathbf{2,595\%}\end{aligned}$$