

TUGAS AKHIR
PEMANFAATAN CANGKANG KERANG DARAH
(*Anadara Granosa*) SEBAGAI KOAGULAN ALAMI
DALAM MENURUNKAN KADAR TSS DAN
KEKERUHAN

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



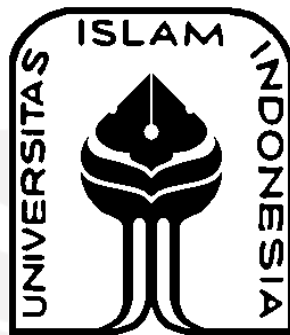
RAHMALINA NUR ZAHRA
17513102

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2021

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN CANGKANG KERANG DARAH
(*Anadara Granosa*) SEBAGAI KOAGULAN ALAMI
DALAM MENURUNKAN KADAR TSS DAN
KEKERUHAN**

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



الجامعة الإسلامية
INDONESIA

RAHMALINA NUR ZAHRA
17513102

Disetujui,
Dosen Pembimbing:


Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.E.S., Ph.D.

NIK. 025100406

Tanggal: 20 September 2021


Dr. Eng Awwaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng

NIK. 095100403

Tanggal: 20 September 2021

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII


Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.E.S., Ph.D.

NIK. 025100406

Tanggal: 20 September 2021

HALAMAN PENGESAHAN

PEMANFAATAN CANGKANG KERANG DARAH (*Anadara Granosa*) SEBAGAI KOAGULAN ALAMI DALAM MENURUNKAN KADAR TSS DAN KEKERUHAN

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari: Kamis

Tanggal: 26 Agustus 2021

Disusun Oleh:

RAHMALINA NUR ZAHRA

17513102

Tim Penguji:

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

()

Dr.Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng.

()

Lutfia Isna Ardhayanti, S.Si., M.Sc.

( 31/08/2021)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya,
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program software komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 9 Juni 2021

Yang membuat pernyataan,



Rahmalina Nur Zahra

NIM: 17513102

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga Tugas Akhir ini berhasil diselesaikan. Judul yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Desember 2020 ini ialah **Pemanfaatan Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) sebagai Koagulan Alami dalam Menurunkan Kadar TSS dan Kekeruhan.**

Selanjutnya penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang membantu kelancaran dalam penyusunan Tugas Akhir baik berupa dukungan, bantuan, bimbingan dan nasehat kepada penulis. Untuk itu penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas rahmat, karunia dan hadiah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dekan FTSP Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc., Ph.D. dan Bapak Dr.Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng. selaku pembimbing serta Ibu Lutfia Isna Ardhayanti, S.Si., M.Sc. selaku penguji yang telah banyak memberi saran sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
5. Seluruh dosen di Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu yang banyak kepada penulis.
6. Ayah, Ibu dan Mas Iwan atas segala doa, dukungan moril dan materiil serta kasih sayangnya.
7. Staff laboran dari Laboratorium Teknik Lingkungan FTSP UII.
8. Fika Nur Amaliah dan Nurul Hardina yang telah berjuang bersama di laboratorium dan bertukar pendapat selama penyelesaian Tugas Akhir.
9. Miftah Intan Kusuma dan Riefka Kinanti yang selalu menemani dan membantu penulis serta memberikan pendapat dalam pengerjaan Tugas Akhir.

10. Teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 2017 yang telah memberikan banyak kenangan di masa perkuliahan penulis.
11. Anisa Nur Fitriani, Dwi Marlianti dan Melinda Elhaq yang selalu menjadi penyemangat dan tempat berbagi keluh kesah dalam pengerjaan Tugas Akhir.
12. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu selama penelitian dan pengumpulan data dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
13. *Last but not least, I wanna thank me. I wanna thank me for believing in me. I wanna thank me for doing all this hardwork. I wanna thank me for having no days off. I wanna thank me for never quitting. I wanna thank me for always being a giver and tryna give more than I receive. I wanna thank me for tryna do more right than wrong. I wanna thank me for just being me at all times.*

Dalam penelitian dan penulisan laporan mungkin masih terdapat kekurangan dan kelemahan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun demi kelengkapan dan kesempurnaan penelitian dan penulisan laporan. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat.

Yogyakarta, 9 Juni 2021

Rahmalina Nur Zahra

ABSTRAK

RAHMALINA NUR ZAHRA. Pemanfaatan Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) sebagai Koagulan Alami dalam Menurunkan Kadar TSS dan Kekeruhan. Dibimbing oleh Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES. Ph.D dan Dr.Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng.

Air sumur merupakan salah satu sumber air yang masih banyak digunakan oleh sebagian besar manusia untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Permasalahan umum yang dialami air sumur ialah tingginya kadar *Total Suspended Solid* (TSS) dan kekeruhan sehingga dibutuhkan pengolahan salah satunya dengan pemanfaatan cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) sebagai koagulan alami yang mengandung mineral kalsium karbonat (CaCO_3) sebanyak 59,87% dan kitin sebanyak 14-35% yang dapat menurunkan kadar TSS dan kekeruhan. Kitin dapat diolah lebih lanjut menjadi kitosan yang memiliki banyak manfaat salah satunya sebagai koagulan untuk pengolahan air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyisihan TSS dan kekeruhan setelah ditambahkan koagulan kitosan, serbuk cangkang kerang darah dan tawas dengan variasi dosis koagulan, pH sampel air dan waktu pengendapan flok. Metode jar test digunakan untuk pengujian koagulasi-flokulasi. Didapatkan hasil koagulan kitosan 200 mg/L pada pH 5 dapat menyisihkan 80% TSS dan 81% kekeruhan. Koagulan serbuk cangkang kerang darah 75 mg/L pada pH 4 dapat menyisihkan 76% TSS dan kekeruhan. Koagulan tawas 200 mg/L pada pH 6 dapat menyisihkan 95% TSS dan 97% kekeruhan.

Kata kunci: Cangkang kerang darah, Kekeruhan, Kitosan, Koagulasi Flokulasi, *Total Suspended Solid*

ABSTRACT

RAHMALINA NUR ZAHRA. *Utilization of Blood Shell (Anadara Granosa) as a Natural Coagulant in Reducing TSS and Turbidity Levels. Supervised by Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES. Ph.D and Dr.Eng Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng.*

Well water is one of the clean water sources that is still widely used by most people to meet their daily needs. Common problems experienced by groundwater are high levels on Total Suspended Solid (TSS) and turbidity that need to be treated. The utilization of blood shell (Anadara Granosa) as natural coagulant because it contains 59,87% of calcium carbonate (CaCO_3) minerals and 14-35% of chitin which can reduce TSS and turbidity levels. Chitin can be further processed into chitosan which has many benefits, one of the benefits is for a natural coagulant in water treatment. This study aims to determine the removal of TSS and turbidity after the addition of chitosan coagulant, blood shell clam powder and alum with variations in coagulant dose, pH of water samples and settling time. The jar test method is used for coagulation-flocculation process. The results of 200 mg/L of chitosan coagulant at pH 5 can remove 80% of TSS and 81% of turbidity. 75 mg/L of the blood shell clam powder coagulant at pH 4 can remove 76% of TSS and turbidity. 200 mg/L of alum coagulant can remove 95% of TSS and 97% of turbidity.

Keywords: Blood Shell, Coagulation Flocculation, Chitosan, Total Suspended Solid, Turbidity, Water Treatment

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	i
ABSTRAK.....	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Ruang Lingkup.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Koagulasi dan Flokulasi.....	7
2.1.1 Pengertian Koagulasi dan Flokulasi.....	7
2.1.2 Koloid.....	9
2.1.3 Koagulan.....	9
2.2 <i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	10
2.3 Kekeruhan.....	11
2.4 Kerang Darah (<i>Anadara Granosa</i>).....	12
2.4.1 Anatomi Kerang Darah (<i>Anadara Granoasa</i>).....	13
2.4.2 Morfologi Kerang Darah (<i>Anadara Granosa</i>).....	13
2.5 Kitin dan Kitosan.....	14
2.6 Pembuatan Kitosan.....	15
2.7 Penelitian Terdahulu.....	17
2.8 Jar Test.....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	19

3.1	Waktu dan Lokasi Penelitian.....	19
3.2	Metode Pengumpulan Data	19
3.3	Variabel Penelitian	19
3.4	Alat dan Bahan	19
3.4.1	Alat.....	19
3.4.2	Bahan.....	20
3.5	Parameter dan Metode Uji.....	20
3.6	Diagram Alir Penelitian.....	20
3.7	Prosedur Analisis Data	21
3.7.1	Persiapan Koagulan Cangkang Kerang Darah.....	21
3.7.2	Pembuatan Kitosan.....	22
3.7.3	Uji TSS.....	24
3.7.4	Uji Kekeruhan	24
3.7.5	Uji Koagulan	25
3.8	Analisis Data	27
3.8.1	Analisis TSS.....	28
3.8.2	Analisis Kekeruhan	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Karakterisasi Serbuk Cangkang Kerang Darah dan Kitosan.....	29
4.1.1	<i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	29
4.1.2	<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR)	32
4.2	Pengujian Koagulan	35
4.2.1	Data Hasil Pengujian <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	36
4.2.2	Data Hasil Pengujian Kekeruhan	47
4.3	Hubungan Penyisihan TSS dan Kekeruhan.....	57
4.4	Perbandingan Hasil Koagulan	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		62
5.1	Kesimpulan.....	62
5.2	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA		64
LAMPIRAN.....		70

Lampiran I Data Hasil Uji TSS	70
Lampiran II Data Hasil Uji Kekerasan	76
Lampiran III Hasil SEM.....	81
Lampiran IV Hasil FTIR	82
Lampiran V Dokumentasi	84
RIWAYAT HIDUP.....	89



DAFTAR TABEL

<i>Tabel 2. 1</i> Ukuran Partikel dalam Air	9
<i>Tabel 2. 2</i> <i>Water Turbidity Levels</i>	12
<i>Tabel 2. 3</i> Penelitian Terdahulu	17
<i>Tabel 3. 1</i> Variabel Penelitian	19
<i>Tabel 4. 1</i> Karakteristik Sampel Air Sumur	35
<i>Tabel 4. 2</i> Data Hasil Pengujian Dosis Optimum Parameter TSS	37
<i>Tabel 4. 3</i> Data Hasil Pengujian pH Optimum Parameter TSS.....	41
<i>Tabel 4. 4</i> Data Hasil Data Hasil Pengujian Waktu Pengendapan Optimum Parameter TSS	45
<i>Tabel 4. 5</i> Data Hasil Pengujian Dosis Optimum Parameter Kekeruhan.....	48
<i>Tabel 4. 6</i> Data Hasil Pengujian pH Optimum Parameter Kekeruhan	52
<i>Tabel 4. 7</i> Data Hasil Pengujian Waktu Pengendapan Optimum Parameter Kekeruhan	55
<i>Tabel 4. 8</i> Kondisi Optimum Koagulan	59



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kerangka Berpikir.....	4
Gambar 2. 1 Proses Koagulasi dan Flokulasi	8
Gambar 2. 2 Anatomi Kerang Darah	13
Gambar 2. 3 Penampang Melintang Cangkang dan Mantel Kerang Darah	14
Gambar 2. 4 Proses Deasetilasi.....	16
Gambar 3. 1 Diagram Penelitian.....	21
Gambar 3. 2 Persiapan Koagulan Cangkang Kerang Darah.....	21
Gambar 3. 3 Tahap Deproteinasi	22
Gambar 3. 4 Tahap Demineralisasi.....	23
Gambar 3. 5 Tahap Deasetilasi	23
Gambar 3. 6 Uji TSS.....	24
Gambar 3. 7 Uji Kekeruhan	24
Gambar 3. 8 Uji Koagulan Variasi Dosis Koagulan.....	25
Gambar 3. 9 Uji Koagulan Variasi pH Sampel	26
Gambar 3. 10 Uji Koagulan Variasi Waktu Pengendapan	27
Gambar 4. 1 Karakteristik Morfologi Cangkang Kerang Darah Perbesaran 5000 x (a) Serbuk (b) Kitosan	29
Gambar 4. 2 Morfologi Cangkang Kerang Darah Perbesaran 5000 x.....	31
Gambar 4. 3 Morfologi Kitosan Cangkang Tiram Perbesaran 5000 x	32
Gambar 4. 4 Karakterisasi Koagulan Serbuk dan Chitosan dengan FTIR	33
Gambar 4. 5 Hasil Analisis FTIR Kitin dan Kitosan Cangkang Rajungan	34
Gambar 4. 6 Grafik Dosis Optimum terhadap Persentase Penyisihan TSS	38
Gambar 4. 7 Grafik pH Optimum terhadap Persentase Penyisihan TSS.....	42
Gambar 4. 8 Grafik Waktu Pengendapan Optimum terhadap Persentase Penyisihan TSS.....	46
Gambar 4. 9 Grafik Dosis Optimum terhadap Persentase Penyisihan Kekeruhan	49
Gambar 4. 10 Grafik pH Optimum terhadap Persentase Penyisihan Kekeruhan	53
Gambar 4. 11 Grafik Waktu Pengendapan Optimum terhadap Persentase Penyisihan Kekeruhan.....	56
Gambar 4. 12 Perbandingan Kejernihan Koagulan (a) Kitosan (b) Tawas	

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air sumur gali atau air tanah merupakan salah satu sumber air baku yang hingga saat ini masih terus dimanfaatkan oleh manusia. Air tanah adalah air hujan yang turun ke permukaan bumi dan masuk meresap melewati beberapa lapisan tanah sebelum mencapai ke lapisan dimana air hujan tersebut ditampung. Akibat adanya kontak antara air hujan saat melewati beberapa lapisan tanah, air hujan akan mengandung berbagai macam zat mineral dengan konsentrasi tertentu (Chandra, 2007). Menurut Sudadi (2003), air hujan yang mengandung zat mineral tersebut merupakan faktor alami yang mempengaruhi kualitas air sumur. Besarnya konsentrasi zat mineral yang terkandung pada air sumur sangat tergantung pada lamanya waktu kontak antara air hujan dan lapisan tanah. Sedangkan faktor non alami yang mempengaruhi kualitas air tanah yaitu aktivitas manusia yang lama kelamaan akan terakumulasi sehingga konsentrasi pencemar tinggi dan menyebabkan permasalahan air sumur.

Permasalahan air sumur yang sering terjadi yaitu meningkatnya kadar TSS (*Total Suspended Solid*) dan tingginya kekeruhan (*turbidity*) hingga melewati baku mutu lingkungan. TSS dan kekeruhan memiliki hubungan yang erat karena kekeruhan disebabkan oleh adanya zat yang tersuspensi di dalam air. Zat tersuspensi dapat berupa bahan organik seperti lemak, mikroorganisme dan bahan anorganik seperti pasir halus. Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin tinggi kadar TSS maka akan semakin tinggi pula tingkat kekeruhan pada sumber air tersebut. Namun, nilainya tidak selalu sebanding karena TSS mengandung zat tersuspensi yang bermacam-macam yang berbeda karakteristiknya. Sebagai persyaratan kualitas sumber air untuk dijadikan sebagai air minum kadar maksimum TSS menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 yaitu 50 mg/L. Sedangkan untuk kekeruhan menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor

492/MENKES/PER/IV/2010 kekeruhan pada sumber air yaitu 5 NTU. Dari permasalahan air tanah tersebut dibutuhkan pengolahan air. Pengolahan air memiliki berbagai macam metode yaitu pengolahan kimia, fisika dan biologi. Contoh dari pengolahan secara kimia yaitu koagulasi. Koagulasi merupakan suatu proses yang bekerja untuk mendestabilisasi partikel koloid dalam air dengan bantuan koagulan. Koagulan adalah bahan kimia yang biasanya digunakan pada proses koagulasi. Contoh dari koagulan yang paling sering digunakan yaitu aluminium sulfat atau tawas dan *Polyaluminium Chlorida* (PAC). Tujuan dari penambahan koagulan yaitu menghancurkan kestabilan dari partikel koloid sehingga akan terbentuk gumpalan partikel koloid yang berukuran lebih besar yang kemudian akan diendapkan di proses pengolahan air selanjutnya (Benefield, 1982).

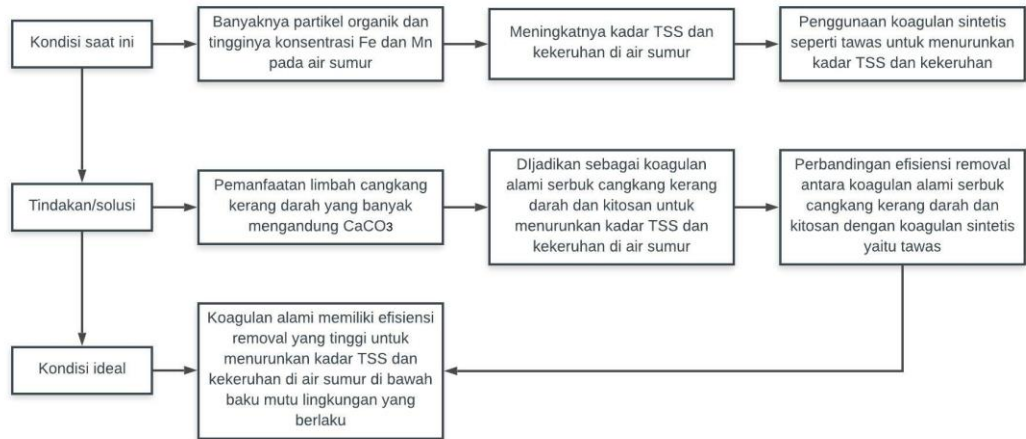
Penggunaan koagulan yang berbahan dasar dari bahan kimia memiliki dampak negatif baik terhadap kesehatan manusia maupun terhadap lingkungan sekitar. Dampak negatif dari koagulan kimia terutama yang mengandung aluminium terhadap kesehatan manusia berdasarkan studi yang sudah dilakukan sebelumnya yaitu dapat menyebabkan penyakit *Alzheimer* (Campbell, 2002). Sedangkan dampak negatif dari koagulan kimia terhadap lingkungan yaitu apabila terakumulasi maka akan sulit untuk dihilangkan karena memiliki sifat *non-degradable* dan untuk menghilangkannya membutuhkan biaya yang cukup besar. Dari beberapa dampak negatif yang ditimbulkan oleh koagulan kimia dapat ditarik garis besar bahwa dibutuhkan alternatif koagulan yang terbuat dari bahan alami dengan memanfaatkan jaringan tumbuhan, bagian tubuh hewan atau mikroorganisme.

Koagulan alami yang digunakan pada penelitian ini adalah cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*). Cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) dipilih karena mengandung mineral yang tinggi dan komposisi mineral paling banyak yang terkandung yaitu kalsium karbonat (CaCO_3) sebanyak 59,87%. Dengan tingginya komposisi kalsium karbonat diharapkan cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) dapat menurunkan kadar TSS dan kekeruhan pada air sumur. Selain itu, cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) dipilih karena

memiliki tekstur yang keras dibandingkan dengan kulit kerang lainnya. Berdasarkan penelitian Qoniah dan Praetyoko (2011) semakin keras kulit kerang yang digunakan, maka semakin banyak kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) di dalamnya.

Sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh Prastowo, Destiarti dan Zaharah (2017) memanfaatkan limbah cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) sebagai koagulan dalam mengolah air gambut menjadi air bersih. Parameter yang diuji yaitu pH, kekeruhan, COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan BOD (*Biological Oxygen Demand*). Penelitian dilakukan dengan membuat variasi massa koagulan menjadi 800 mg/L, 900 mg/L dan 1000 mg/L yang kemudian dikontakkan dalam 1 L air gambut. Hasil penelitian yang dilakukan didapatkan bahwa massa koagulan yang paling efektif dalam menurunkan parameter uji yaitu 800 mg/L. Selain itu, kitosan juga dapat mengolah limbah cair seperti pada penelitian yang dilakukan Farihin (2015), menggunakan metode jar test dengan variasi dosis koagulan 100 mg/L, 150 mg/L, 200 mg/L, 250 mg/L dan 300 mg/L dengan variasi kecepatan pengadukan 100 rpm, 125 rpm dan 150 rpm. Hasilnya, didapatkan dosis optimum untuk parameter COD, TSS dan kekeruhan yaitu 250 mg/L dengan persentase penyisihan masing-masing parameter sebesar 67,8%, 83,9% dan 69%. Sedangkan untuk penelitian yang dibuat saat ini yaitu pemanfaatan cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) yang kemudian diubah menjadi kitosan sebagai koagulan alami yang bertujuan untuk mengolah air sumur dengan parameter uji TSS (*Total Suspended Solid*) dan kekeruhan meliputi variasi dosis koagulan, variasi pH sampel air dan variasi waktu pengendapan untuk mendapatkan kondisi optimum koagulan serbuk cangkang kerang darah, kitosan dan tawas dalam mengurangi TSS dan kekeruhan.

Kerangka berpikir dalam melakukan penelitian pemanfaatan cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) dalam menurunkan kadar TSS dan kekeruhan dapat dilihat pada **Gambar 1.1**.



Gambar 1. 1 Kerangka Berpikir Penelitian

1.2 Perumusan Masalah

1. Berapa kadar TSS dan kekeruhan sampel air setelah ditambahkan koagulan kitosan, serbuk cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) dan tawas dengan variasi dosis koagulan, variasi pH sampel dan variasi waktu pengendapan?
2. Berapa persentase penyisihan TSS dan kekeruhan dengan koagulan kitosan, serbuk cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) dan tawas pada sampel air?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui kadar TSS dan kekeruhan setelah ditambahkan koagulan kitosan, serbuk cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) dan tawas sebagai koagulan alami dengan variasi dosis koagulan, variasi pH sampel dan variasi waktu pengendapan.
2. Untuk mengetahui persentase penyisihan parameter TSS dan kekeruhan setelah ditambahkan koagulan kitosan, serbuk cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) dan tawas.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dapat didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. Bagi Masyarakat

Memberikan informasi terhadap masyarakat mengenai koagulan alami yang berasal dari cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) yang dapat membantu proses koagulasi pengolahan air dalam mengurangi kadar TSS dan kekeruhan. Sehingga penggunaan koagulan sintetis seperti tawas dapat digantikan dengan koagulan alami yang ramah lingkungan serta tidak memiliki efek samping terhadap kesehatan masyarakat namun efektif dalam mengurangi kadar TSS dan kekeruhan.

2. Bagi Pemerintah

Memberikan referensi yang dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam melakukan proses pengolahan air agar tidak selalu bergantung kepada koagulan sintetis seperti tawas yang tidak ramah lingkungan. Sehingga dengan dimanfaatkannya cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) sebagai koagulan alami untuk mengurangi kadar TSS dan kekeruhan dapat mengurangi beban pencemaran lingkungan.

3. Bagi Universitas

Memberikan referensi dalam mengembangkan alternatif teknologi pengolahan air menggunakan koagulan alami cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*).

4. Bagi Peneliti

Hasil dari penelitian diserahkan kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi persyaratan memperoleh derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan.

1.5 Ruang Lingkup

1. Air sampel yang diuji adalah air sumur PAM UII.
2. Penelitian sebatas pengujian laboratorium menggunakan *jar test* dan dilakukan pada suhu kamar.

3. Penelitian ini menggunakan tiga macam koagulan yaitu:
 - a. Koagulan sintetis berupa tawas,
 - b. Koagulan alami berupa kitosan dan serbuk cangkang kerang darah.
4. Variabel lain yang diamati pada penelitian ini meliputi:
 - a. Kecepatan pengadukan: pengadukan cepat 120 rpm selama 1 menit dan pengadukan lambat 60 rpm selama 10 menit
 - b. Variasi dosis (mg/L) ketiga koagulan untuk menentukan dosis optimum adalah 75, 100, 150, 200 dan 250 (mg/L)
 - c. Variasi pH sampel air untuk menentukan pH optimum adalah 4, 5, 6, 8 dan 9
 - d. Variasi waktu pengendapan untuk menentukan waktu pengendapan optimum adalah 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit dan 30 menit.
5. Metode yang akan digunakan untuk pengujian kekeruhan dan TSS yaitu untuk kekeruhan berdasarkan SNI 06-6989.25-2005 secara Nefelometri sedangkan untuk TSS berdasarkan SNI 06-6989.3-2004 secara Gravimetri.

BAB II

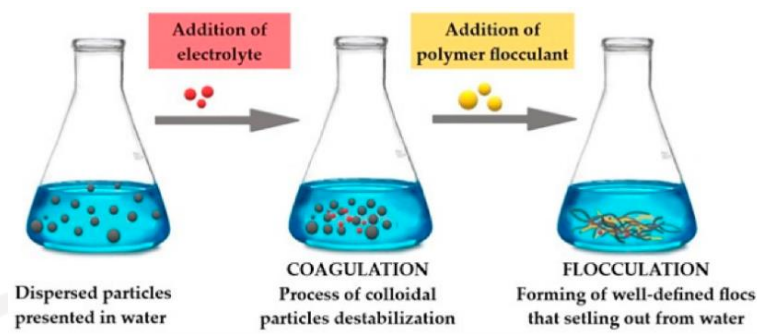
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Koagulasi dan Flokulasi

2.1.1 Pengertian Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi merupakan suatu proses pengolahan air yang menggunakan koagulan (bahan kimia) sebagai pengendap yang kemudian dicampurkan ke dalam air baku atau air yang akan diuji pada waktu yang singkat dan kecepatan pengadukan yang tinggi. Dalam proses koagulasi, setelah mencampurkan air baku dengan koagulan maka akan terbentuk flok. Terbentuknya flok disebabkan karena pengadukan cepat yang terjadi pada proses koagulasi yang menyebabkan destabilisasi koloid sehingga koloid terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Sehingga tujuan dari dilakukannya proses koagulasi yaitu untuk memudahkan terjadinya pengendapan koloid yang awalnya berukuran kecil dan ringan menjadi koloid yang berukuran lebih besar dan lebih berat atau disebut sebagai flok (Susanto, 2008).

Sedangkan flokulasi yaitu proses penyisihan air dengan pembentukan flok atau aglomerasi antara partikel dengan flokulan sehingga partikel kecil yang sudah didestabilisasi pada proses koagulasi digabungkan menjadi partikel yang lebih besar. Hal ini bertujuan untuk memudahkan proses pengendapan dengan pengadukan lambat. Pengadukan secara lambat merupakan salah satu faktor keberhasilan proses flokulasi karena dengan pengadukan lambat partikel akan bergabung. Selain itu, gaya antar molekul juga termasuk salah satu faktor yang berpengaruh dalam proses flokulasi yaitu pada laju terbentuknya flok (Risdiyanto, 2007). Proses koagulasi dan flokulasi dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2. 1 Proses Koagulasi dan Flokulasi

Sumber: Macczak *et al.*, (2020)

Pada proses koagulasi dan flokulasi terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi efektivitas proses koagulasi dan flokulasi sehingga perlu diperhatikan agar selalu pada kondisi optimum, diantaranya:

1. pH

Proses koagulasi menjadi efektif apabila pH yang digunakan sesuai dengan pH optimum koagulan.

2. Suhu/Temperatur

Proses koagulasi menjadi kurang efektif pada suhu rendah karena terjadi peningkatan viskositas yang menyebabkan ukuran partikel menjadi lebih kecil sehingga sulit untuk diendapkan.

3. Konsentrasi Koagulan

Penambahan koagulan harus sesuai dengan kebutuhan. Partikel akan sulit mengendap apabila konsentrasi koagulan kurang karenanya pembentukan flok juga akan sulit terjadi. Namun sebaliknya, apabila konsentrasi koagulan terlalu banyak maka akan terjadi kekeruhan karena pembentukan flok tidak berjalan dengan sempurna.

4. Pengadukan

Kecepatan pengadukan berpengaruh terhadap efektivitas proses koagulasi. Apabila kecepatan pengadukan terlalu lambat maka waktu pertumbuhan flok juga akan semakin lama. Sedangkan, apabila kecepatan pengadukan terlalu cepat maka akan terjadi perpecahan pada flok yang sudah terbentuk (Susanto, 2008).

2.1.2 Koloid

Pasir, tanah, bakteri, virus, material organik, dan material anorganik merupakan padatan tersuspensi yang terkandung di dalam air. Partikel tersebut dapat menimbulkan permasalahan saat air diolah. Partikel memiliki ukuran yang bervariasi. Apabila ukuran partikel lebih besar dari 1 μm maka biasanya dalam kondisi air yang tenang partikel tersebut akan mengendap lebih cepat dengan sendirinya. Sedangkan, apabila ukuran partikel lebih kecil maka pengendapan akan terjadi secara lambat. Koloid merupakan partikel yang menyusun suspensi yang dapat mengendap tersebut (Qasim, 2000). *Tabel 2.1* merupakan jenis partikel dan ukuran partikel yang terdapat di dalam air:

Tabel 2. 1 Ukuran Partikel dalam Air

Material	Diameter Partikel (μm)
Virus	0,005 – 0,01
Bakteri	0,3 – 3,0
Koloid berukuran kecil	0,001 – 0,1
Koloid berukuran besar	0,1 – 1
Tanah	1 – 100
Pasir	500
Partikel flok	100 – 2000

Sumber: Qasim (2000)

2.1.3 Koagulan

Koagulan dibagi menjadi dua yaitu koagulan sintetis dan koagulan alami. Menurut Prihatinningtyas (2013), koagulan sintetis adalah koagulan yang dibuat dari bahan kimia seperti *aluminum sulphate (alum)*, *aluminum chloride*, *sodium aluminate*, *ferric sulphate*, dan lain-lain. Alum atau tawas merupakan koagulan sintetis yang paling sering digunakan dalam proses pengolahan air. Tawas menghasilkan *sludge* yang sangat banyak dan juga

sulit terurai secara alami sehingga meningkatkan biaya pengolahan (Muyibi, 2005).

Sedangkan koagulan alami merupakan koagulan yang terbuat dari bahan alami yang banyak tersedia di alam seperti dengan memanfaatkan ekstrak mikroorganisme, hewan atau tumbuhan. Tumbuhan banyak dimanfaatkan sebagai koagulan alami karena mengandung protein yang cukup banyak. Protein inilah yang dibutuhkan untuk dijadikan sebagai koagulan karena terdiri dari unsur-unsur C, H, O, N, S dan P (Othmer, 1978). Sementara itu, hasil penelitian Rumapea (2009) mengatakan bahwa cangkang kerang memiliki kitosan yang merupakan senyawa polisakarida. Kitosan memiliki kemampuan untuk dijadikan sebagai koagulan karena dapat mengikat ion-ion logam.

Koagulan alami digunakan untuk mengurangi penggunaan koagulan sintetis yang memiliki beberapa dampak negatif terhadap lingkungan, ekonomi dan kesehatan manusia. Koagulan alami diketahui memiliki beberapa keuntungan seperti *sludge* yang dihasilkan dapat terurai secara alami, bersifat *biodegradable*, relatif murah dan banyak tersedia di mana saja sehingga diharapkan dapat menggantikan ketergantungan terhadap koagulan sintetis atau setidaknya memiliki efektivitas yang sama dalam mengolah sumber air baku.

2.2 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) yaitu padatan seperti lumpur dan jasad renik yang berasal dari tanah yang terkikis lalu kemudian terbawa masuk ke badan air tetapi tidak terlarut di dalam air sehingga disebut sebagai padatan tersuspensi. Partikel ini menyebabkan terjadinya kekeruhan pada air dan menimbulkan mikroorganisme berkembang biak menjadikan air berubah rasa dan bau (Effendi, 2003).

Menurut Brady (1994), partikel tersuspensi tidak mempengaruhi titik beku atau tekanan uap pada sumber air. Misalnya, air yang mengandung *sludge*

tetap akan membeku pada suhu 0° C sama seperti air murni. Hal ini dikarenakan, jumlah partikel tersuspensi jauh lebih besar dibandingkan jumlah molekul air sehingga pengaruh yang diberikan tidak terukur.

Metode Gravimetri digunakan untuk menghitung nilai TSS dengan cara menimbang berat hasil dari reaksi pengendapan. Agar Metode Gravimetri dapat berhasil maka saat melakukan proses pemisahan harus terjadi secara sempurna. Hal ini bertujuan agar partikel yang ditimbang memiliki kualitas yang mendekati murni bahkan murni. Dengan menggunakan Metode Gravimetri maka baku mutu air yang digunakan yaitu berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 dengan nilai maksimal TSS pada air sebesar 50 mg/L (Kusnaedi, 2002).

2.3 Kekeruhan

Kekeruhan adalah jumlah butiran (*granules*) yang tergenang di air. Zat yang dapat menyebabkan kekeruhan antara lain: tanah liat, endapan lumpur, bahan organik dan bahan anorganik yang terdiri dari butiran halus, campuran organik terlarut, plankton dan mikroorganisme. Apabila di dalam air terkandung partikel baik yang terlarut maupun yang tersuspensi hingga terjadi perubahan warna menjadi kotor dan berlumpur maka dapat dikatakan bahwa air tersebut keruh (Sutrisno, 2004).

Kekeruhan air diukur dengan metode Nefelometri. Dalam metode ini, sumber cahaya dilewatkan melalui sampel dan intensitas cahaya yang dipantulkan menyebabkan kekeruhan. Kemudian, diukur dengan menggunakan formazin sebagai larutan standar. NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) adalah satuan untuk mengukur kekeruhan. Padatan yang terbentuk sebanding dengan nilai kekeruhan. Semakin banyak jumlah padatan tersuspensi maka semakin tinggi nilai kekeruhan (Das, 1995). *Tabel 2.2* merupakan variasi level kekeruhan:

Tabel 2. 2 Water Turbidity Levels

Turbidity level	TSM (NTU)
Fairly turbid	15 – 25
Rather turbid	25 – 35
Turbid	35 – 50
Very turbid	> 50

Sumber: Azis *et al.*, (2015)

2.4 Kerang Darah (*Anadara Granosa*)

Kerang darah (*Anada Granosa*) adalah salah satu dari sekian banyak jenis kerang yang memiliki potensi yang besar dalam memenuhi kebutuhan pangan manusia. Selain itu juga, kerang darah (*Anada Granosa*) memiliki nilai ekonomis tinggi karena merupakan komoditas perikanan yang cukup populer. Kerang darah (*Anada Granosa*) banyak ditemukan di daerah berlumpur. Oleh sebab itu, kerang darah memiliki kemampuan untuk membenamkan diri di bawah permukaan lumpur yang disebut dengan *infauna*. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan kerang darah (*Anada Granosa*) diantaranya suhu, salinitas, musim dan sumber makanan. Kerang darah (*Anada Granosa*) memiliki dua keping cangkang yang tebal, berbentuk seperti ellips dan memiliki berbagai macam warna seperti putih, kuning kecoklatan hingga coklat kehitaman (Lathifah, 2011).

Kerang darah (*Anada Granosa*) menurut Tantra (2015), memiliki klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom: Animalia

Filum: Mollusca

Kelas: Bivalvia

Sub Kelas: Pteriomorphia

Ordo: Arcoida

Famili: Archidea

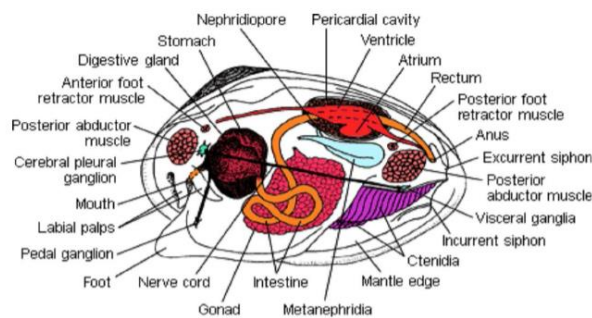
Genus: Anadara

Species: Anadara Granosa

2.4.1 Anatomi Kerang Darah (*Anadara Granosa*)

Pada tubuh kerang darah (*Anadara Granosa*) terbagi menjadi 3 bagian yaitu kaki, mantel dan *massa visceral*. Terdapat rongga mantel yang terletak di antara tubuh dan mantel yang berfungsi sebagai jalur masuk dan keluarnya air. Kaki digerakkan oleh sepasang otot sehingga dapat memendek dan menjulur (Afiati, 2007).

Sistem pernafasan menggunakan dua buah insang. Sistem pencernaan pada kerang darah (*Anadara Granosa*) yaitu makanan masuk melalui mulut dilanjutkan ke kerongkongan, lambung, usus kemudian berakhir di anus. Lambung mencerna makanan dengan menggunakan hati dan getah pencernaan (Suwignyo *et al.*, 2005).



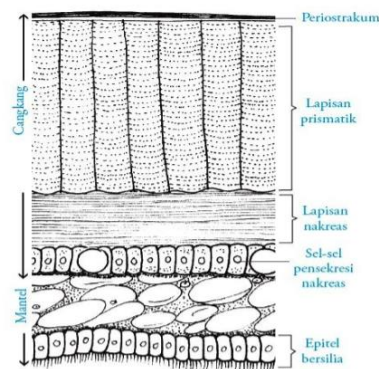
Gambar 2. 2 Anatomi Kerang Darah

Sumber: Bunje (2011)

2.4.2 Morfologi Kerang Darah (*Anadara Granosa*)

Menurut Suwignyo *et al.*, (2005) cangkang kerang darah terdiri dari 3 lapisan, yaitu lapisan periostrakum yang berfungsi sebagai pelindung dan tersusun oleh kalsium karbonat (CaCO_3), lapisan perismatik atau lapisan palisade dan lapisan nakreas atau hypostracum yang terletak di paling dalam dan tempat melekatnya mutiara.

Cangkang kerang darah (*Anada Granosa*) terdiri dari 2 buah cangkang (*bivalvia*) yang bisa membuka dan menutup diakibatkan oleh pergerakan antar otot, cenderung tebal, kasar, berbentuk bulat dan simetris, tidak ditumbuhi rambut dan bergerigi di bagian ujungnya. Pada cangkang kerang darah (*Anada Granosa*) juga terdapat garis palial yang terletak di bagian luar dan dalam cangkang yang berwarna putih mengkilat. Sedangkan warna dagingnya yaitu kemerahan. Ukuran kerang darah (*Anada Granosa*) dewasa sekitar 6-9 cm (Nurjanah, 2005).



Gambar 2. 3 Penampang Melintang Cangkang dan Mantel Kerang Darah

Sumber: Rusyana (2013)

2.5 Kitin dan Kitosan

Kitin ($C_8H_{13}O_5N)_n$ adalah polisakarida alami dari monomer β -(1-4)-N-acetyl-D-glucosamine, mengandung nitrogen, berwarna putih, keras, tidak elastis, tidak berbau, tidak berasa dan tidak larut di dalam air yang ditemukan di eksoskeleton krustasea seperti kepiting, kerang, udang serta dinding sel fungi. Jaringan pada eksoskeleton krustasea mengandung 30%-40% protein, 30%-50% kalsium karbonat dan 20%-30% kitin. Kitin memiliki fungsi yang terbatas karena gugus asetilnya tetapi melalui proses isolasi secara kimiawi seperti deproteinasi, demineralisasi dan deasetilasi kitin dapat diubah menjadi kitosan (Shamshina *et al.*, 2019).

Kitosan adalah kitin yang telah melalui proses isolasi secara kimiawi yang telah dihilangkan gugus asetilnya. Selama proses deasetilasi, gugus asetil yang terkandung di dalam kitin diubah menjadi hidroksil (OH) dan amino (NH₂). Kitosan mudah larut dalam larutan asam organik seperti asam asetat dan asam nitrat tetapi tidak dapat larut dalam air dan larutan alkali dengan pH di atas 6,5. Akibat terbentuknya gugus hidroksil dan amina pada proses deasetilasi menyebabkan kitosan menjadi lebih reaktif sehingga kitosan dapat dijadikan sebagai koagulan alami karena banyaknya kandungan nitrogen pada gugus amina. Kitin dan kitosan memiliki sifat biokimia yang unik seperti biokompatibilitas, biodegradabilitas dan non-toksisitas. Perubahan gugus asetil tersebut menjadikan fungsi kitosan menjadi lebih banyak dan lebih luas. Ada banyak manfaat dari kitosan diantaranya dalam pengolahan air limbah sebagai penghilang ion logam, pewarna, sebagai membran dan proses penjernihan air, dalam industri makan sebagai bahan pengemas, dan bahan pengawet (Elieh-Ali-Komi *et al.*, 2016; Kumari *et al.*, 2020).

2.6 Pembuatan Kitosan

Menurut Setiawan (2011), pembuatan kitosan terdiri dari 3 proses, yaitu:

1. Deproteinasi

Proses ini bertujuan untuk melepaskan protein yang terkandung di dalam serbuk cangkang kerang darah dengan menambahkan larutan NaOH. Setelah menambahkan NaOH kemudian dipanaskan dan disaring untuk mendapatkan endapan. Endapan lalu dibilas dengan aquades dan dikeringkan. Protein yang direaksikan dengan NaOH akan membentuk Na-proteinat yang apabila dicuci dan disaring akan larut dan hilang. Reaksi protein dengan NaOH:



2. Demineralisasi

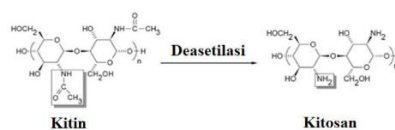
Proses ini bertujuan untuk menghilangkan mineral yang terkandung di dalam serbuk cangkang kerang darah yaitu kalsium karbonat (CaCO₃) dengan menambahkan larutan HCl dan dipanaskan lalu didinginkan

kemudian disaring untuk mendapatkan endapannya. Endapan tersebut kemudian dibilas dengan aquades dan dikeringkan. Serbuk cangkang kerang darah yang telah mengalami proses demineralisasi dan deproteinasi disebut dengan Kitin. Saat ditambahkan HCl, pada serbuk cangkang kerang darah akan terbentuk buih pada permukaan. Artinya bahwa, terdapat gugus karbon dioksida (CO₂) dan uap air. Reaksi yang terjadi:



3. Deasetilasi

Kitin yang dihasilkan pada tahap deproteinasi dan demineralisasi kemudian dilanjutkan dengan deasetilasi. Proses ini mengubah kitin menjadi kitosan dengan menghilangkan gugus asetilnya menggunakan basa kuat yaitu larutan NaOH. Saat pencampuran dengan larutan NaOH terjadi adisi OH⁻ pada amida kemudian terjadi eliminasi gugus COCH₃⁻ sehingga terbentuklah gugus NH₂ yang berikatan dengan polimer kitin. Senyawa inilah disebut dengan Kitosan. Dengan menambahkan larutan NaOH pekat ≥40% menyebabkan transformasi gugus asetil yang berikatan dengan atom nitrogen membentuk gugus amina. Kitin bertindak sebagai amida dan NaOH sebagai basa. Mula-mula ikatan rangkap antara C dan O akan terlepas sehingga C bermuatan positif dan O bermuatan negatif, selanjutnya. OH⁻ dari NaOH yang lebih elektronegatif akan menyerang C yang lebih elektropositif, sedangkan Na⁺ akan berikatan dengan O dari NHCOCH₃. Selanjutnya pasangan elektron bebas dari -NH akan berikatan dengan H dari OH. Selanjutnya akan terjadi delokalisasi elektron, -NH₂ yang kurang elektron mendapat donor dari C. Hal ini menyebabkan C kekurangan elektron, supaya stabil satu elektron dari O digunakan untuk berikatan dengan C, ikatan asetil dengan amida ini akan terputus sehingga terbentuk gugus -NH₂.



Gambar 2. 4 Proses Deasetilasi

Sumber: Fernandez (2004)

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan penelitian yang telah dilakukan peneliti sebelumnya yang berkaitan dengan koagulan alami dalam menurunkan kadar TSS dan kekeruhan. Penelitian terdahulu juga digunakan sebagai referensi dalam melakukan penelitian ini. Penelitian terdahulu terkait koagulan alami dapat dilihat pada *Tabel 2.3*.

Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu

No.	Penelitian	Lingkup Penelitian	Hasil
1.	Penggunaan Cangkang Bekicot sebagai Katalis untuk Reaksi Transesterifikasi Refined Palm Oil. (Qoniah <i>et al.</i> , 2011).	Penelitian menggunakan cangkang kerang darah dengan menambahkan massa koagulan 800 mg/L untuk menurunkan kekeruhan pada air gambut.	Menurunkan kekeruhan dari kekeruhan awal 10,62 NTU menjadi 5,6 NTU.
2.	Studi Penurunan TSS, Turbidity dan COD dengan menggunakan Kitosan dari Limbah Cangkang Keong Sawah (Pila Ampullacea) sebagai Nano Biokoagulan dalam Pengolahan Limbah Cair PT. Phapros, Tbk. (Ainurrofiq <i>et al.</i> , 2017).	Penelitian dilakukan menggunakan kitosan dari cangkang keong sawah dengan metode jar test untuk menurunkan TSS dan kekeruhan dalam pengolahan limbah cair.	Dosis optimum kitosan untuk menurunkan TSS adalah 300 mg/L dengan efisiensi penurunan 55,44%. Dosis optimum kitosan untuk menurunkan kekeruhan adalah 200 mg/L dengan efisiensi penurunan 64,37%.
3.	Studi Penurunan COD, TSS dan Turbidity dengan Menggunakan Kitosan dari Limbah Cangkang Kerang Hijau (<i>Perna Viridis</i>) sebagai Biokoagulan dalam Pengolahan	Penelitian dilakukan menggunakan kitosan dari cangkang kerang hijau dalam mengolah limbah cair PT. Sido Muncul Tbk, Semarang menggunakan metode jar test dengan variasi	Dosis optimum untuk parameter TSS dan kekeruhan yaitu 250 mg/L dengan persentase penyisihan 83,9% untuk TSS dan 69% untuk kekeruhan.

	Limbah Cair PT. Sido Muncul Tbk, Semarang. (Farihin <i>et al.</i> , 2015).	dosis koagulan dan variasi kecepatan pengadukan.	
4.	Studi Penggunaan Biokoagulan Cangkang Kerang Hijau (<i>Perna Viridis</i>) sebagai Penjernih Air dengan Metode Jar Test. (Sitinjak, 2019).	Penelitian dilakukan menggunakan kitosan dari cangkang kerang hijau dengan metode jar test dan terdapat beberapa variasi dosis koagulan.	Dosis optimum untuk parameter TSS dan kekeruhan yaitu 25 mg/L dengan persentase penyisihan 70,74% untuk TSS dan 72,18% untuk kekeruhan.

2.8 Jar Test

Jar test digunakan untuk melakukan koagulasi-flokulasi skala laboratorium. Pada proses koagulasi-flokulasi, jar test digunakan untuk memperkirakan dosis koagulan minimum yang diperlukan untuk mencapai tujuan tertentu. Sampel air yang akan diolah, ditempatkan dalam gelas beker lalu berbagai dosis koagulan ditambahkan ke setiap gelas beker diaduk dan dibiarkan untuk mengendapkan flok.

Proses koagulasi dengan pengadukan cepat membutuhkan waktu yang singkat yaitu sekitar 30 – 60 detik. Sedangkan pada proses flokulasi, membutuhkan waktu pengadukan yang lebih lama yaitu sekitar 5 – 30 menit untuk pembentukan flok yang berukuran lebih besar. Diperlukannya penentuan dosis bahan kimia karena penambahan bahan kimia tidak boleh dilakukan sembarangan harus ditambahkan dengan dosis yang tepat dan dengan memperhatikan karakteristik air yang akan diolah seperti pH. Dosis bahan kimia terendah yang dengan hasil pengendapan yang terbaik adalah dosis yang digunakan untuk mengolah air (Risdiyanto, 2007).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yaitu di Laboratorium Kualitas Air, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Penelitian akan dilakukan selama 3 bulan mulai Bulan Maret 2021 hingga Bulan Juni 2021.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data diperoleh dari hasil pengujian sampel air sumur PAM UII di Laboratorium Kualitas Air dengan melakukan beberapa variasi dosis, pH sampel air dan waktu pengendapan. Lalu dilakukan analisis terhadap hasil pengujian laboratorium dan didapatkan kesimpulan.

3.3 Variabel Penelitian

Pengujian koagulan menggunakan metode jar test dengan variabel penelitian yang harus diperhatikan yaitu pada *Tabel 3.1*.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Variabel Tetap			Variabel Berubah		
Volume Sampel (ml)	Kecepatan Pengadukan (rpm)	Jenis Koagulan	Dosis Koagulan (mg/L)	pH Sampel Air	Waktu Pengendapan (menit)
500	• Pengadukan cepat = 120 rpm 1 menit	• Kitosan	• 75	• 4	• 10
		• Serbuk Cangkang	• 100	• 5	• 15
	• Pengadukan lambat = 60 rpm 10 menit	• Kerang	• 150	• 6	• 20
		• Darah	• 200	• 8	• 25
		• Tawas	• 250	• 9	• 30

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

a. Desikator

b. Oven

- c. Timbangan analitik
- d. Pengaduk magnetic
- e. Shaker
- f. Pipet volum
- g. Pipet ukur
- h. Cawan aluminium
- i. Penjepit
- j. Kaca arloji
- k. Erlenmeyer
- l. Botol semprot
- m. Turbidimeter
- n. pH meter
- o. Jar test
- p. Gelas beker
- q. Ayakan

3.4.2 Bahan

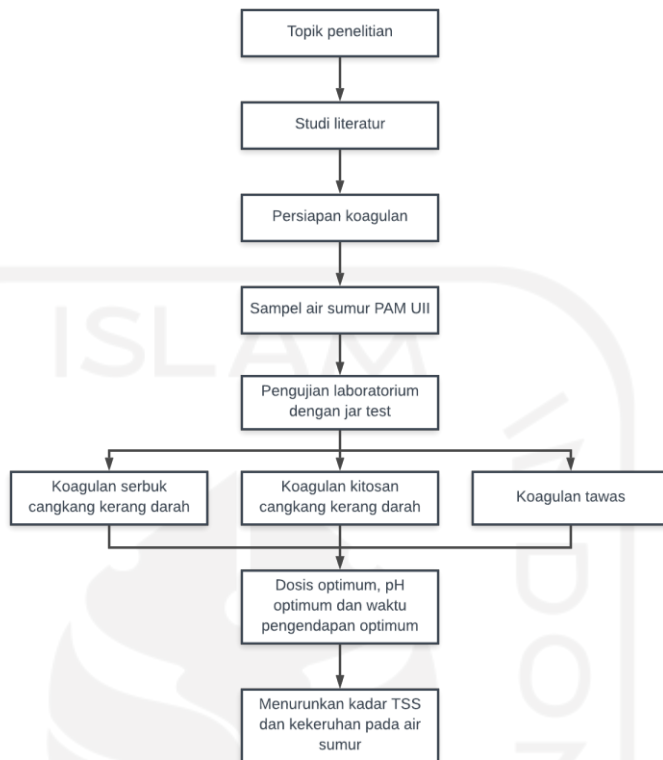
- a. Cangkang kerang darah
- b. Aquades
- c. Kertas saring
- d. NaOH
- e. Larutan HCl
- f. Larutan HNO₃

3.5 Parameter dan Metode Uji

Parameter yang diuji pada penelitian ini yaitu TSS dan kekeruhan dengan metode uji yang digunakan untuk parameter TSS berdasarkan SNI 06-6989.3-2004 tentang Cara Uji Padatan Tersuspensi secara Gravimetri sedangkan metode uji yang digunakan untuk parameter kekeruhan berdasarkan SNI 06-6989.25-2005 tentang Cara Uji Kekeruhan secara Nefelometri.

3.6 Diagram Alir Penelitian

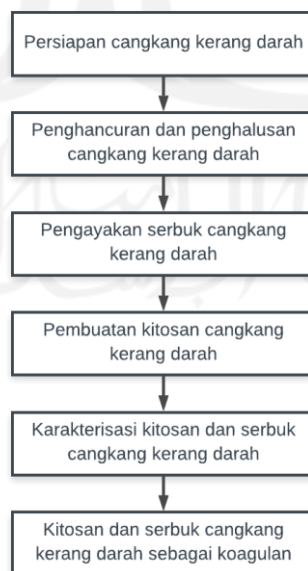
Penelitian koagulan alami dengan pemanfaatan cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) untuk menurunkan konsentrasi TSS dan kekeruhan dilakukan seperti diagram berikut.



Gambar 3. 1 Diagram Penelitian

3.7 Prosedur Analisis Data

3.7.1 Persiapan Koagulan Cangkang Kerang Darah



Gambar 3. 2 Persiapan Koagulan Cangkang Kerang Darah

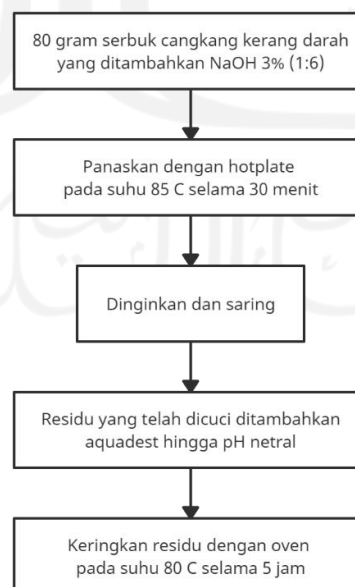
Pembersihan dan pencucian cangkang kerang darah menggunakan aquades. Setelah dibersihkan dan dicuci selanjutnya cangkang kerang darah dikeringkan dengan oven 105°C selama 24 jam. Lalu dilakukan penghancuran dan penghalusan untuk disaring menggunakan ayakan 100 mesh. Hasil ayakan dibagi menjadi dua yaitu serbuk cangkang kerang darah dan kitosan. Setelah diayak, dilakukan karakterisasi terhadap kitosan dan serbuk cangkang kerang darah menggunakan SEM dan FTIR.

3.7.2 Pembuatan Kitosan

Terdapat 3 tahap untuk membuat kitosan diantaranya tahap deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi. Ketiga tahapan tersebut berpengaruh terhadap kualitas yang didapatkan saat ekstraksi kitin seperti faktor lama proses pengolahan, suhu, konsentrasi zat kimia dan pH (Sinardi, 2013).

1. Deproteinasi

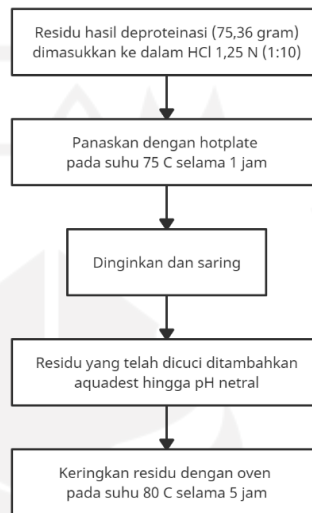
Tahap deproteinasi memiliki tujuan untuk menghilangkan kandungan protein pada serbuk cangkang kerang darah. Penghilangan protein ini agar bahan tidak mudah mengalami pembusukan. Berikut cara kerja tahap deproteinasi:



Gambar 3. 3 Tahap Deproteinasi

2. Demineralisasi

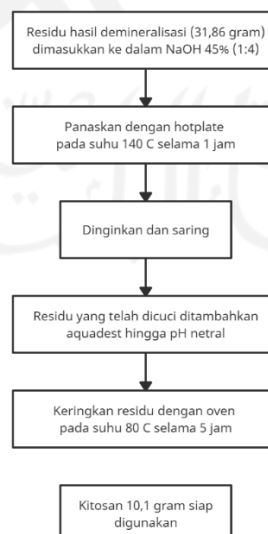
Tahap demineralisasi memiliki tujuan untuk menghilangkan kandungan mineral dalam cangkang kerang darah dengan penambahan larutan HCl. Berikut tahap demineralisasi:



Gambar 3. 4 Tahap Demineralisasi

3. Deasetilasi

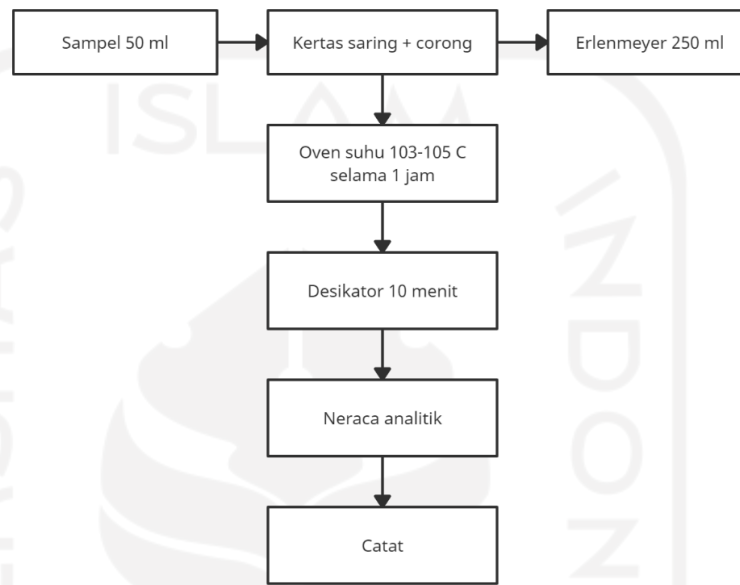
Tahap deasetilasi memiliki tujuan untuk menghilangkan gugus asetil dari Kitin dengan melakukan pemanasan dalam larutan NaOH yaitu larutan alkali berkonsentrasi kuat. Berikut tahap deasetilasi:



Gambar 3. 5 Tahap Deasetilasi

3.7.3 Uji TSS

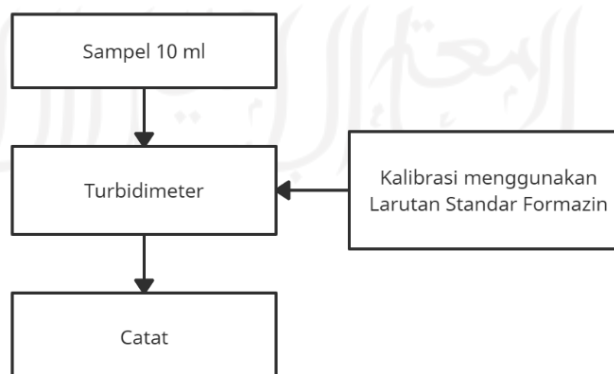
Metode untuk mengukur konsentrasi TSS yaitu secara Gravimetri berdasarkan SNI 06-6989.3-2004 tentang Cara Uji Padatan Tersuspensi (TSS) dengan langkah kerja sebagai berikut:



Gambar 3. 6 Uji TSS

3.7.4 Uji Kekeruhan

Metode untuk mengukur konsentrasi kekeruhan yaitu secara Nefelometri berdasarkan SNI 06-6989.25-2005 tentang Cara Uji kekeruhan dengan langkah kerja sebagai berikut:

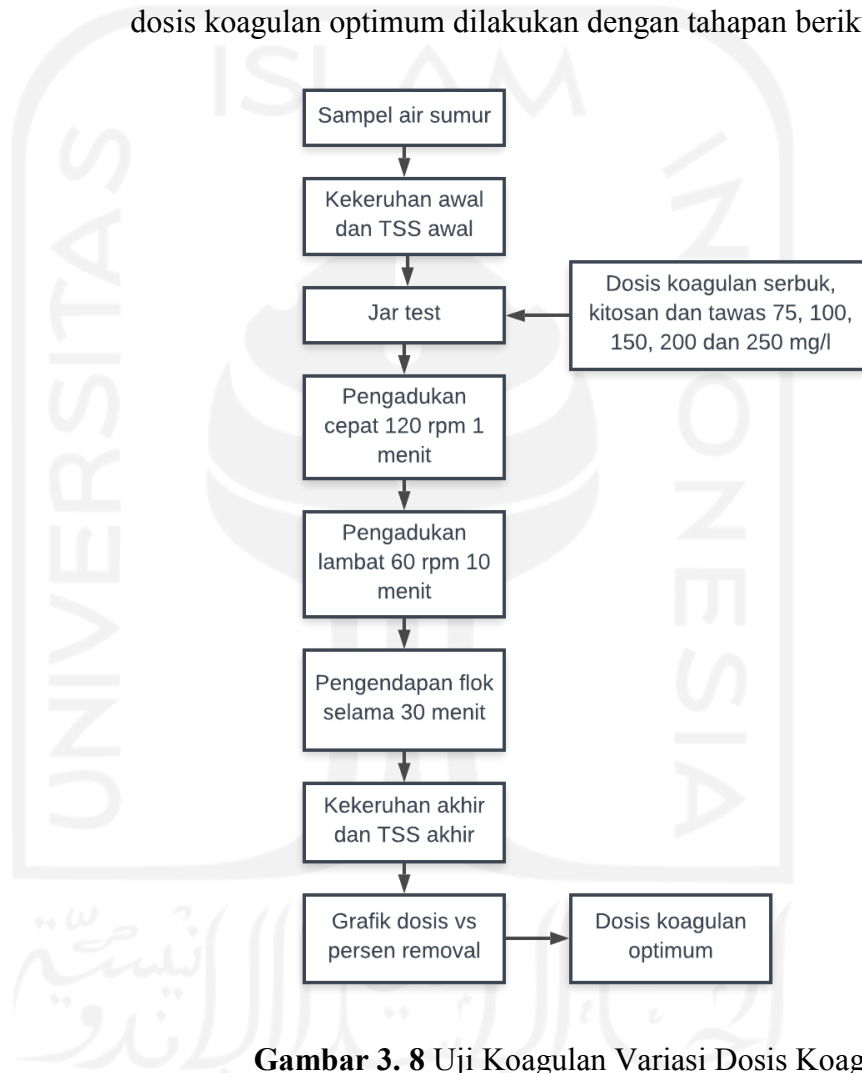


Gambar 3. 7 Uji Kekeruhan

3.7.5 Uji Koagulan

1. Variasi Dosis Koagulan

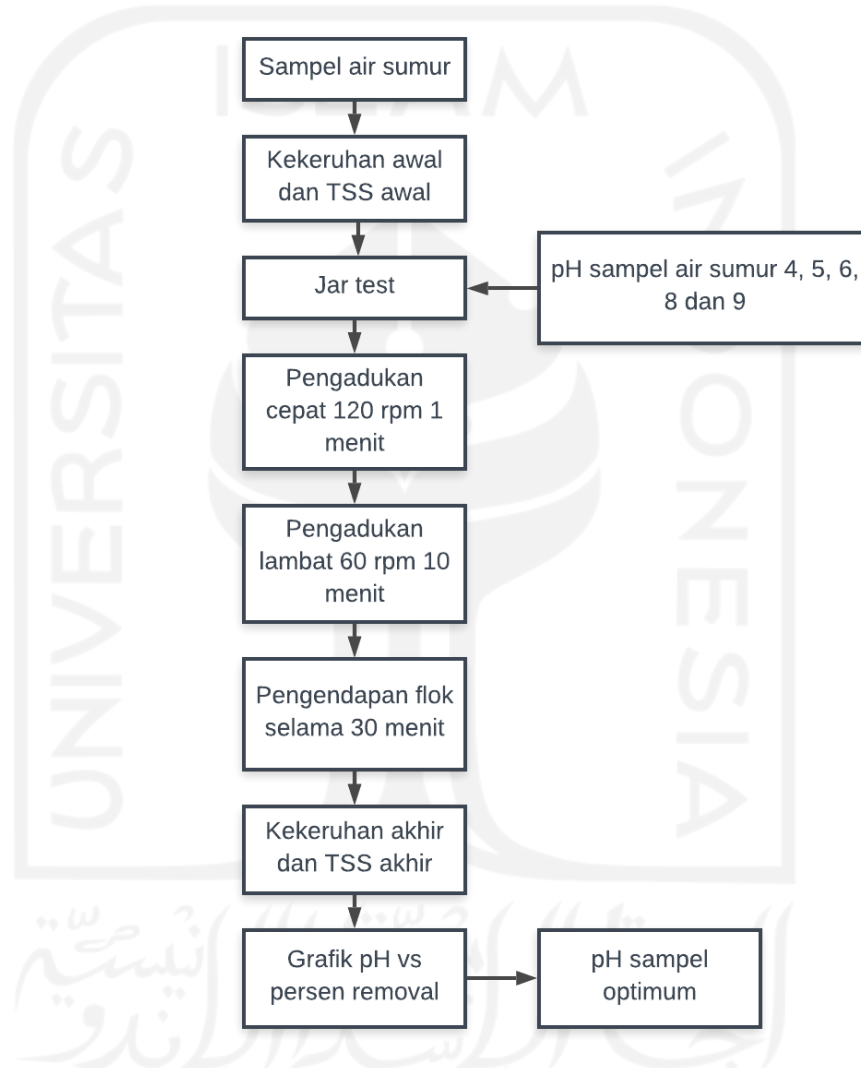
Pengujian koagulan serbuk cangkang kerang darah, koagulan kitosan dan koagulan tawas dengan variasi dosis koagulan pada pH 7,1 dan waktu pengendapan 30 menit untuk mendapatkan dosis koagulan optimum dilakukan dengan tahapan berikut.



Gambar 3. 8 Uji Koagulan Variasi Dosis Koagulan

2. Variasi pH Sampel

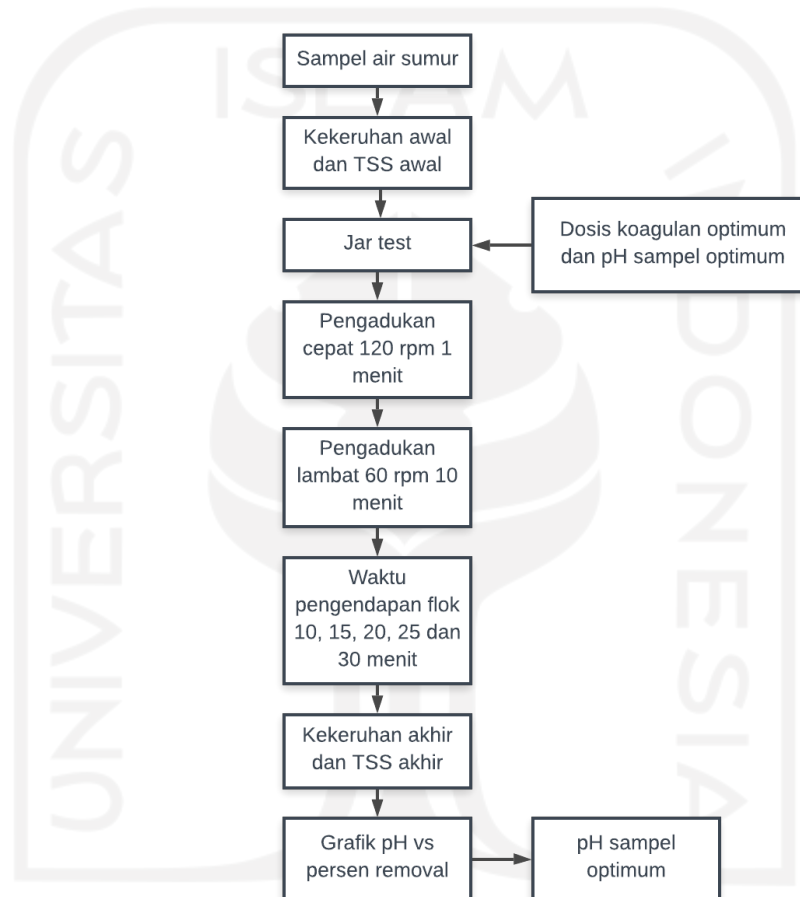
Setelah mendapatkan dosis koagulan optimum untuk masing-masing jenis koagulan, kemudian dilakukan pengujian dengan variasi pH sampel air sumur dan pada waktu pengendapan 30 menit dengan langkah-langkah berikut.



Gambar 3. 9 Uji Koagulan Variasi pH Sampel

3. Variasi Waktu Pengendapan

Dosis koagulan optimum dan pH sampel optimum yang telah didapatkan pada pengujian sebelumnya kemudian digunakan pada pengujian variasi waktu pengendapan dengan langkah-langkah berikut.



Gambar 3. 10 Uji Koagulan Variasi Waktu Pengendapan

3.8 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan mengambil data yang diperoleh dari hasil pengujian parameter-parameter uji seperti TSS dan kekeruhan sehingga kemudian didapatkan efisiensi penyisihan masing-masing parameter yang telah diberi koagulan alami berupa serbuk cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*).

3.8.1 Analisis TSS

Perhitungan untuk mengetahui konsentrasi TSS berdasarkan SNI 06-6989.3-2004 dilakukan dengan cara:

$$mg\ TSS\ per\ liter = \frac{(A-B) \times 1000}{Vol\ sampel\ (ml)} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

A = berat kertas saring + residu kering (mg)

B = berat kertas saring (mg)

Untuk menghitung efisiensi penyisihan TSS menggunakan perhitungan sebagai berikut (Sethu *et al.*, 2010):

$$\% penyisihan = \frac{C_o - C_a}{C_o} \times 100\% \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

C_o = konsentrasi awal TSS (mg/L)

C_a = konsentrasi akhir TSS (mg/L)

3.8.2 Analisis Kekeruhan

Perhitungan besarnya efisiensi penyisihan kekeruhan menurut Sethu *et al.*, (2010) dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$\% penyisihan = \frac{C_o - C_a}{C_o} \times 100\% \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan:

C_o = konsentrasi awal kekeruhan (NTU)

C_a = konsentrasi akhir kekeruhan (NTU)

BAB IV

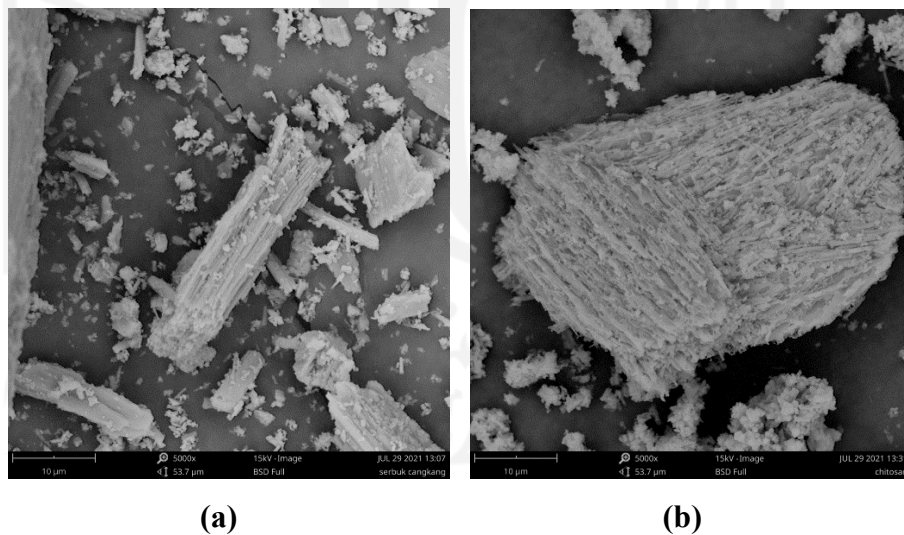
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi Serbuk Cangkang Kerang Darah dan Kitosan

Karakterisasi koagulan yaitu untuk mengetahui bentuk permukaan, ukuran pori, unsur kimia dan gugus fungsi yang terkandung pada koagulan serbuk cangkang kerang darah dan koagulan kitosan dengan SEM dan FTIR.

4.1.1 *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) memberikan hasil berupa gambar yang terdiri dari informasi morfologi atau fitur permukaan pada skala yang diperbesar 10 kali hingga 100.000 kali. Koagulan kitosan dan koagulan cangkang kerang darah diuji karakteristiknya dengan menggunakan metode SEM untuk mengetahui bentuk morfologi masing-masing koagulan (Garbacz, 2019). Hasil dari uji karakteristik dengan metode SEM dapat dilihat pada **Gambar 4.1** di bawah.



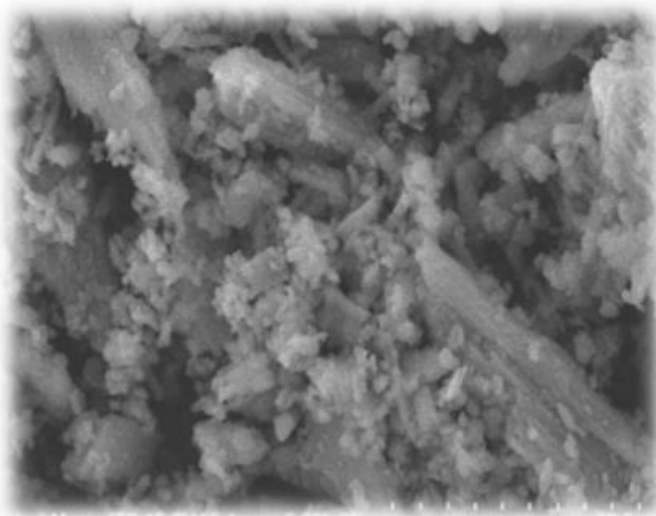
Gambar 4. 1 Karakteristik Morfologi Cangkang Kerang Darah
Perbesaran 5000 x (a) Serbuk (b) Kitosan

Karakteristik morfologi serbuk cangkang kerang darah perbesaran 5000 x pada **Gambar 4.1 (a)** terlihat persebarannya tidak homogen dan banyak bentuk yang tidak beraturan. Diameter partikel sebesar 7,01 µm.

Adanya batuan yang berbentuk seperti kristal suatu mineral berupa batang/jarum yang menunjukkan bahwa terdapat kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) pada serbuk cangkang kerang darah. Kristal kalsium memiliki tiga jenis fase yang berbeda yaitu kalsit yang berbentuk kubus padat, aragonite yang berbentuk seperti kumpulan jarum dan veterit seperti bunga (Halipah, 2016). Ketiga fase tersebut mempunyai sifatnya masing-masing seperti kalsit paling banyak ditemukan di alam dan sifatnya yang paling stabil, aragonit banyak ditemukan pada cangkang kerang dan veterit tidak ditemukan di alam melainkan dengan proses sintesis (Asmi, 2017). Kristal kalsium veterit memiliki sifat yang tidak stabil dan dapat berubah menjadi kalsit dengan bantuan pelarut. Sedangkan kristal kalsium aragonit bersifat mudah terlepas dari dinding dan kristal kalsium kalsit merupakan yang paling stabil karena menempel kuat pada permukaan (Saksono *et al.*, 2006).

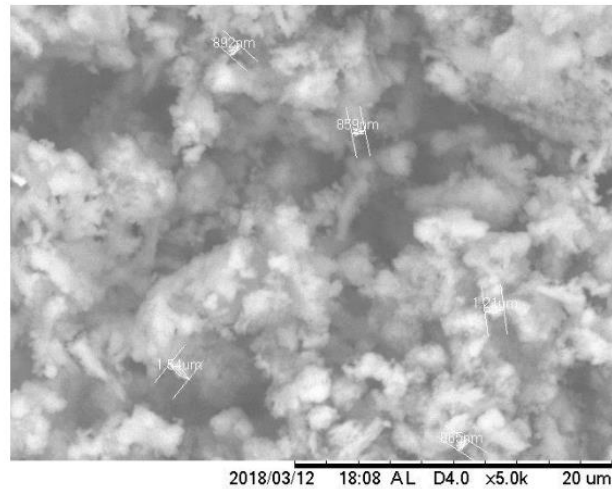
Sedangkan hasil karakteristik morfologi pada koagulan kitosan yang terdapat pada **Gambar 4.1 (b)**, persebarannya cenderung lebih homogen dan strukturnya berubah menjadi gumpalan yang lebih halus bila dibandingkan dengan koagulan serbuk cangkang kerang darah. Terlihat bahwa rongga pada koagulan kitosan juga lebih besar. Rongga yang besar dapat dijadikan sebagai tempat untuk menyerap kadar TSS dan kekeruhan dan juga luas permukaan koagulan kitosan yang besar dengan diameter partikel $31,7 \mu\text{m}$ sehingga kemampuan untuk menyisihkan kadar TSS dan kekeruhan oleh koagulan kitosan cukup tinggi. Di samping itu, ditemukan gumpalan-gumpalan pada koagulan kitosan, menurut Prahmila (2016) gumpalan tersebut terjadi karena aglomerasi yang disebabkan oleh ikatan yang kuat antar partikel akibat proses pengeringan yang hanya menggunakan oven lalu kemudian dihaluskan. Aglomerasi dapat terjadi secara tak terduga pada kondisi tertentu, seperti fenomena alam. Mekanisme utama yang dapat menyebabkan terbentuknya ikatan yang kuat antar partikel ialah ikatan mekanis, ikatan fisika kimia (*caking*) atau kombinasi lainnya.

Hasil pengujian karakteristik cangkang kerang darah ini sesuai dengan hasil pengujian yang dilakukan oleh Kurnyawati *et al.*, (2020), karakteristik cangkang kerang darah lokal untuk menurunkan kadar logam besi Fe^{2+} dengan metode SEM mengandung kalsium karbonat ($CaCO_3$) dengan struktur kristal kalsium berbentuk aragonit yang merupakan jenis struktur kristal kalsium yang paling umum ditemukan di cangkang kerang yang dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4. 2 Morfologi Cangkang Kerang Darah Perbesaran 5000 x
Sumber: Kurnyawaty et al., (2020).

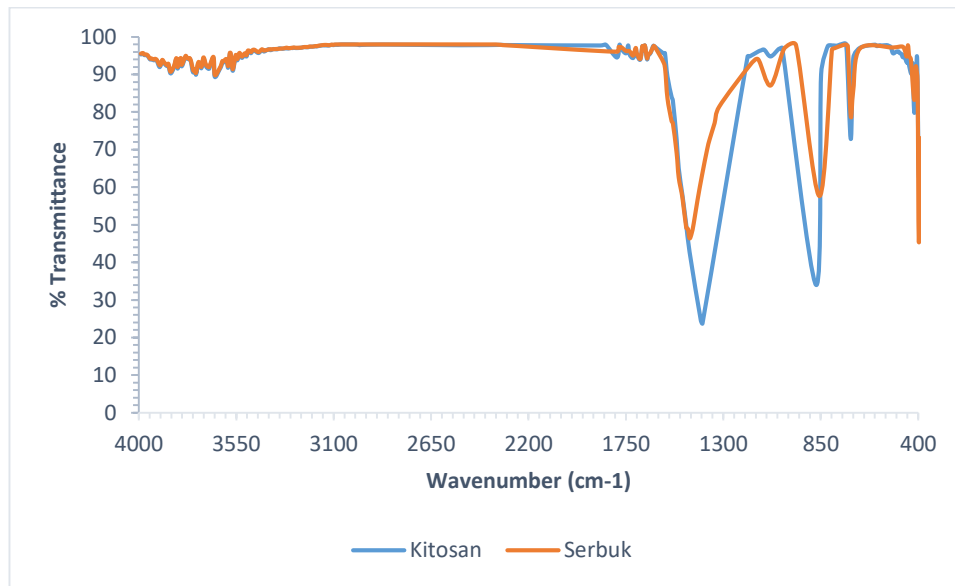
Sedangkan untuk hasil karakteristik kitosan juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Handayani *et al.*, (2018) dengan menganalisis kitosan cangkang tiram juga mendapatkan hasil yang sama yaitu terdapat gumpalan akibat aglomerasi yang disebut *caking* dan terdistribusi merata atau homogen yang dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4.3 Morfologi Kitosan Cangkang Tiram Perbesaran 5000 x
Sumber: Handayani *et al.*, (2018).

4.1.2 *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*

FTIR adalah digunakan untuk mengidentifikasi bahan organik, anorganik dan polimer dengan memanfaatkan sinar inframerah untuk memindai sampel. Memiliki panjang gelombang serapan 400 cm^{-1} hingga 4000 cm^{-1} . Perubahan pola panjang gelombang serapan menunjukkan perubahan komposisi material. FTIR berguna dalam mengidentifikasi dan mengkarakterisasi bahan yang tidak diketahui, kontaminan dalam bahan, dekomposisi dan oksidasi. Koagulan serbuk cangkang kerang darah dan koagulan kitosan selanjutnya dikarakterisasi dengan FTIR guna mengetahui gugus fungsi yang terdapat di dalam masing-masing koagulan. Pada **Gambar 4.4** adalah hasil dari karakterisasi dengan FTIR.



Gambar 4. 4 Karakterisasi Koagulan Serbuk dan Chitosan dengan FTIR

Hasil analisis karakterisasi koagulan serbuk cangkang kerang darah dengan FTIR menunjukkan unsur utama yang menyusun serbuk cangkang kerang darah yaitu unsur anorganik berupa kalsium karbonat (CaCO_3). Berdasarkan hasil analisis SEM yang dapat dilihat pada **Gambar 4.1**, jenis kristal kalsium yang terkandung di cangkang kerang darah adalah aragonit.

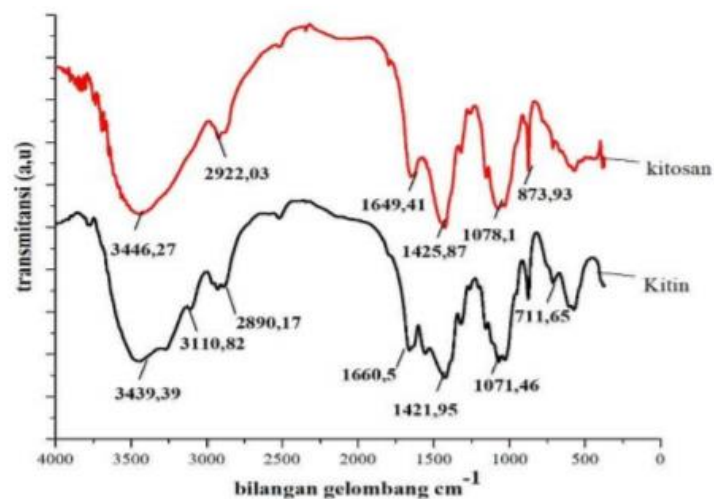
Pada **Gambar 4.4** terjadi *peak* pada panjang gelombang $711,73 \text{ cm}^{-1}$ pada koagulan serbuk cangkang kerang darah menandakan adanya jenis kristal kalsium aragonit yang terkandung di dalam serbuk cangkang kerang darah. Menurut Vagenas *et al.*, (2003), jenis kristal kalsium aragonit dapat ditemukan pada panjang gelombang $713\text{-}700 \text{ cm}^{-1}$ dengan bentuk vibrasi tumpang tindih akibat ikatan ionik antara atom karbon pada dua molekul hidrogen ($\text{C}=\text{O}$). Selain itu, ikatan karboksil juga ditemukan pada panjang gelombang $856,39 \text{ cm}^{-1}$ dengan vibrasi *bending out-of-plane* dan juga pada panjang gelombang $1456,26 \text{ cm}^{-1}$ dengan vibrasi *stretching asymmetric*.

Hasil analisis FTIR koagulan serbuk cangkang kerang darah ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Henggu *et al.*, (2019) yang menganalisis cangkang sotong sebagai biomaterial perancah tulang. Pada penelitiannya, jenis kristal kalsium aragonit cangkang sotong ditemukan

pada panjang gelombang 713 cm^{-1} . Selanjutnya, ikatan karboksil juga ditemukan pada panjang gelombang 1083 cm^{-1} dengan jenis vibrasi *stretching symmetric*, pada panjang gelombang 1507 cm^{-1} jenis vibrasi *stretching asymmetric*, dan pada panjang gelombang 1795 cm^{-1} .

Sedangkan untuk hasil analisis FTIR pada koagulan kitosan, seharusnya mengandung gugus fungsi $-\text{NH}$ dan $-\text{OH}$. Menurut Ghodsinia *et al.*, (2015) gugus fungsi amina ($-\text{NH}$) terdapat pada panjang gelombang 3500-3300 cm^{-1} dan untuk gugus fungsi alkohol ($-\text{OH}$) terdapat pada panjang gelombang 3600-3200 cm^{-1} . Namun pada hasil penelitian, tidak begitu terlihat adanya perubahan gugus fungsi antara koagulan serbuk cangkang kerang darah dan koagulan kitosan. Perubahan yang terlihat hanya pada *peak* panjang gelombang 871,82 cm^{-1} yang merupakan vibrasi NH_2 serapan khas kitosan sedangkan pada koagulan serbuk cangkang kerang darah tidak muncul serapan pada panjang gelombang tersebut.

Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nurmala *et al.*, (2018). Dalam penelitiannya membandingkan hasil analisis FTIR antara kitin dan kitosan yang disintesis dari cangkang rajungan. Hasil penelitiannya dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



Gambar 4.5 Hasil Analisis FTIR Kitin dan Kitosan Cangkang Rajungan

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

Dari **Gambar 4.5** gugus fungsi –OH terlihat pada panjang gelombang 3446,27 cm^{-1} untuk kitosan dan 3439,39 cm^{-1} untuk kitin. Gugus fungsi –NH pada panjang gelombang 3446,27 cm^{-1} untuk kitosan dan 3110,82 cm^{-1} untuk kitin. Pada kitosan muncul serapan baru yaitu di panjang gelombang 873,93 cm^{-1} yang merupakan vibrasi NH_2 . Serapan ini tidak muncul pada kitin karena tidak mengalami proses sintesis deasetilasi pembuatan kitosan.

Dari hasil analisis penelitian, kitosan yang dihasilkan memang kurang sesuai dengan literatur karena terbentuknya serapan gugus fungsi –NH dan –OH memiliki %*transmittance* yang besar yang berarti hanya sedikit jumlah –NH dan –OH pada koagulan kitosan. Hal ini dapat disebabkan karena pada saat pembuatan kitosan, pemberian larutan NaOH 45% pada proses deasetilasi hanya dengan perbandingan (1:4) sedangkan pada literatur seharusnya perbandingannya adalah (1:20). Semakin kuat larutan basa maka akan semakin besar konsentrasi OH^- dalam larutan yang dapat mempengaruhi proses deasetilasi. Selain itu, dapat juga disebabkan karena pada saat residu dicuci oleh aquades pH residu masih belum netral sehingga terjadi perubahan pH secara ekstrim. Namun, serapan khas kitosan yaitu vibrasi NH_2 terlihat pada koagulan kitosan di panjang gelombang 871,82 cm^{-1} . Adanya NH_2 inilah yang membedakan performa antara koagulan kitosan dan koagulan serbuk cangkang kerang darah.

4.2 Pengujian Koagulan

Sampel air yang digunakan untuk pengujian TSS dan kekeruhan berasal dari air sumur PAM UII dengan karakteristik awal sebagaimana dapat dilihat pada *Tabel 4.1*.

Tabel 4. 1 Karakteristik Sampel Air Sumur

Tanggal Sampling	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	pH Awal	Kekeruhan Awal (NTU)	TSS Awal (mg/L)
23-03-21	27,6	7,4	18,5	118,8

26-03-21	27,8	7,4	18,94	122,3
27-04-21	26,2	7,1	23,73	198,4
25-05-21	26,3	7,1	16,24	115,6

Pengujian untuk kedua parameter dilakukan melalui 3 tahap yaitu tahap pertama untuk menentukan dosis optimum koagulan serbuk cangkang kerang darah, kitosan dan tawas pada pH awal sampel air sumur 7,1 dan waktu pengendapan 30 menit. Tahap kedua yaitu untuk menentukan pH optimum dengan dosis optimum koagulan yang telah didapat dan waktu pengendapan 30 menit. Tahap ketiga yaitu untuk menentukan waktu pengendapan optimum dengan dosis optimum dan pH optimum yang telah didapat pada pengujian tahap sebelumnya. Langkah pengujian TSS dan kekeruhan sesuai dengan SNI yang diacu.

4.2.1 Data Hasil Pengujian *Total Suspended Solid (TSS)*

1. Penentuan Dosis Optimum

Penentuan dosis optimum sangatlah penting untuk berhasilnya proses koagulasi dan flokulasi karena pemberian dosis yang terlalu sedikit dapat mengakibatkan tidak terbentuknya flok akibat pada saat pembentukan flok kekurangan inti flok sehingga partikel koloid semakin banyak. Sedangkan apabila pemberian dosis koagulan terlalu banyak maka dapat mengakibatkan restabilisasi koloid (Ainurrofiq, 2017).

Untuk menentukan dosis optimum pengujian dilakukan dengan metode jar test dengan melarutkan koagulan serbuk cangkang kerang darah, kitosan dan tawas pada sampel air 500 ml. Serbuk cangkang kerang darah sudah diayak sebelumnya dengan ayakan berukuran 100 mesh. Sebelum melakukan pengujian terlebih dahulu diukur TSS awal agar kemudian dapat diketahui persentase penyisihan masing-masing koagulan.

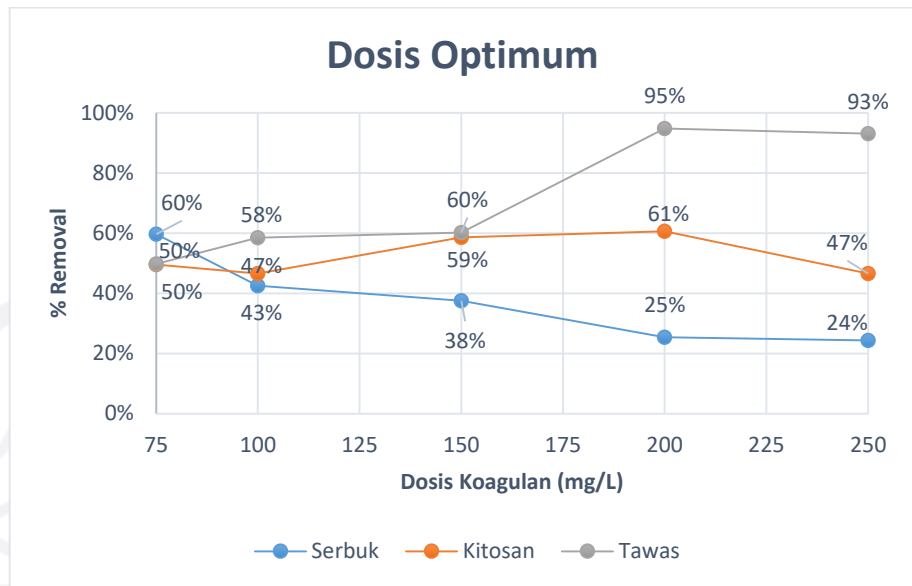
Pengujian dengan metode jar test menggunakan pengadukan cepat dengan kecepatan 120 rpm selama 1 menit dan pengadukan lambat dengan kecepatan 60 rpm selama 10 menit

untuk pembentukan flok. Kemudian waktu yang digunakan untuk mengendapkan flok yaitu 30 menit. Penentuan dosis optimum ini dilakukan pada pH awal sampel air sumur yaitu 7,1. Dikatakan sebagai dosis optimum ketika air yang diolah memiliki kualitas yang baik seperti tidak berwarna serta penyisihan terhadap parameter uji tinggi sehingga dapat memenuhi baku mutu lingkungan yang dijadikan sebagai acuan. Berikut adalah hasil uji jar test terhadap koagulan serbuk cangkang kerang darah, kitosan dan tawas dalam menghilangkan TSS pada *Tabel 4.2*.

Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Dosis Optimum Parameter TSS

Jenis Koagulan	Dosis Koagulan (mg/L)	TSS Awal (mg/L)	TSS Akhir (mg/L)
Kitosan	75	198,4	100
	100		106
	150		82
	200		78
	250		106
Serbuk	75	198,4	80
	100		114
	150		124
	200		148
	250		150
Tawas	75	115,6	58
	100		48
	150		46
	200		6
	250		8

Dari tabel di atas persentase penyisihan TSS dihitung dengan persamaan 3.2 sehingga didapat grafik untuk menentukan dosis optimum penyisihan TSS pada **gambar 4.6**.



Gambar 4. 6 Grafik Dosis Optimum terhadap Persentase Penyisihan TSS

Konsentrasi TSS awal pada sampel air sumur yaitu lebih dari 100 mg/L sehingga dengan adanya variasi dosis koagulan yang berbeda maka dapat diketahui dosis optimum untuk menyisihkan TSS dengan persentase penyisihan tertinggi. Dari grafik pada **Gambar 4.6** terlihat bahwa pada dosis 75 mg/L koagulan serbuk cangkang kerang darah memiliki persentase penyisihan paling tinggi yaitu 60% dengan selisih penurunan TSS sebesar 118,4 mg/L dari konsentrasi awal TSS 198,4 mg/L menjadi 80 mg/L. Sedangkan untuk koagulan kitosan penyisihan tertinggi yaitu pada dosis 200 mg/L dengan selisih penurunan TSS sebesar 120,4 mg/L dari konsentrasi awal TSS 198,4 mg/L setelah ditambahkan koagulan kitosan dan uji jar test menjadi 78 mg/L. Sehingga persentase penyisihan TSS dengan koagulan kitosan yaitu 61%. Persentase penyisihan terbesar dengan koagulan tawas terjadi pada dosis optimum 200 mg/L sebesar 98% dari konsentrasi awal TSS yaitu 115,6 mg/L menjadi 6 mg/L.

Pada koagulan serbuk cangkang kerang darah, grafik menunjukkan semakin banyak dosis koagulan yang diberikan menyebabkan penyisihan TSS semakin tidak efektif. Kenaikan konsentrasi TSS dengan koagulan serbuk cangkang kerang darah terjadi hingga 70 mg/L pada dosis 250 mg/L dari konsentrasi TSS pada dosis optimum. Sama halnya dengan koagulan kitosan dan tawas yang justru pada dosis 250 mg/L mengalami kenaikan konsentrasi TSS masing-masing sebanyak 28 mg/L dan 2 mg/L dari dosis optimum. Hal ini diakibatkan karena restabilisasi partikel koloid. Restabilisasi partikel koloid adalah kembalinya muatan partikel koloid yang semula hampir semua partikel koloid bermuatan negatif menjadi positif akibat penyerapan dari dosis berlebih sehingga yang awalnya partikel koloid saling mengikat membentuk flok kemudian terjadi kembali gaya tolak menolak antar partikel koloid. Kembalinya gaya tolak menolak antar partikel koloid karena partikel koloid bermuatan sama sehingga tidak dapat membentuk flok yang lebih besar yang mengakibatkan pada peningkatan kadar TSS (Akhtar, 1997). Restabilisasi koloid juga terjadi pada koagulan kitosan dan tawas. Pada dosis koagulan 250 mg/L untuk kedua koagulan, persentase penyisihan TSS menurun karena dosis koagulan yang diberikan berlebih.

Namun untuk koagulan tawas, pada variasi dosis yang lebih besar lagi, setelah terjadi restabilisasi partikel koloid kemudian akan terjadi peristiwa *sweep floc*. Peristiwa *sweep floc* dapat membentuk flok yang mudah untuk dipisahkan dengan mengikat ion negatif dari partikel koloid yang terkandung di air. Selain itu, koagulan tawas juga memiliki luas permukaan yang besar yang efektif dalam menghilangkan bahan kimia terlarut tertentu. Sehingga saat sudah terjadi *sweep floc*, koagulan tawas dalam menurunkan kadar TSS dan kekeruhan memiliki

performa yang lebih stabil. Sedangkan kitosan yang merupakan biopolymer, setelah mengadsorpsi partikel koloid kemudian akan membentuk jembatan antar partikel yang kemudian digabungkan untuk menjadi flok yang berukuran lebih besar dan dapat diendapkan secara gravitasi. Sehingga, apabila dosis koagulan kitosan yang diberikan melebihi dosis optimumnya maka akan sangat rentan terjadi restabilisasi partikel koloid (Speed, 2016).

Sedangkan apabila dosis koagulan yang diberikan terlalu kecil maka proses pembentukan flok akan berjalan tidak sempurna karena kekurangan inti flok yang mengakibatkan pada tidak tereduksinya partikel koloid. Maka dari itu, koagulan kitosan dan tawas pada dosis kurang dari 200 mg/L memiliki persentase penyisihan TSS yang cukup rendah. Pemberian dosis koagulan yang optimum membantu pengikatan antar partikel yang tersuspensi yang semula memiliki sifat yang stabil menjadi tidak stabil yang kemudian akan terjadi gaya tarik menarik antar partikel dan terbentuk flok.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ainurrofiq (2017), dosis optimum untuk parameter TSS yaitu 300 mg/L dengan kecepatan pengadukan 150 rpm, persentase penyisihan koagulan kitosan cangkang keong sawah sebesar 63%. Kemudian dari hasil penelitian Farihin (2015), dosis optimum yang didapatkan dari pemanfaatan kitosan kerang hijau yaitu 250 mg/L dengan kecepatan pengadukan 100 rpm dan persentase penyisihan sebesar 83,9%. Namun, pada variasi dosis koagulan tertinggi yaitu 300 mg/l terjadi penurunan persentase penyisihan TSS akibat pemberian dosis yang berlebih. Sedangkan pada penelitian yang penulis lakukan, dosis optimum koagulan kitosan adalah 200 mg/L dengan persentase penyisihan 79% pada kecepatan 120 rpm. Perbedaan hasil dosis

optimum dengan penelitian sebelumnya dapat terjadi akibat perbedaan variasi dosis koagulan, perbedaan jenis sumber kitosan yang digunakan dan beban pencemar tiap parameter yang diuji.

2. Penentuan pH Sampel Optimum

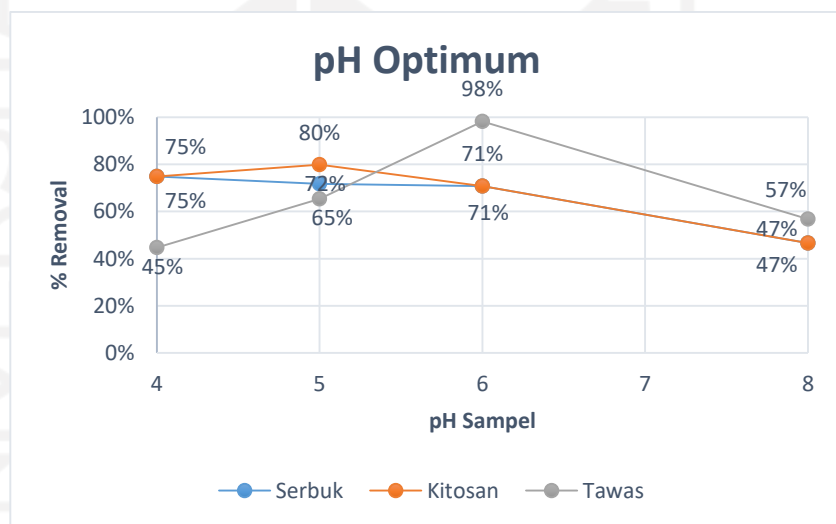
Selain dosis, pH juga merupakan salah satu faktor penting karena setiap koagulan memiliki pH optimumnya masing-masing sehingga koagulan dapat bekerja secara efektif. pH air tidak hanya akan mempengaruhi muatan permukaan koagulan, tetapi juga dapat berpengaruh pada stabilisasi suspensi. Penentuan pH optimum dilakukan dengan membuat variasi pH sampel air yaitu 4, 5, 6, 8 dan 9 dengan menambahkan larutan HNO_3 untuk menjadikan air sampel dalam keadaan asam dan menambahkan larutan NaOH untuk menjadikan sampel air dalam keadaan basa. Selanjutnya, dosis koagulan optimum yang telah didapatkan pada pengujian sebelumnya dicampurkan pada masing-masing pH sampel air dan dilakukan jar test dengan pengadukan cepat pada kecepatan 120 rpm selama 1 menit dan pengadukan lambat pada kecepatan 60 rpm selama 10 menit. Waktu pengendapan flok selama 30 menit. Hasil dari pengujian jar test untuk menentukan pH optimum masing-masing koagulan terdapat pada *Tabel 4.3*.

Tabel 4. 3 Data Hasil Pengujian pH Optimum Parameter TSS

Jenis Koagulan	Dosis Koagulan (mg/l)	pH Sampel Air	TSS Awal (mg/l)	TSS Akhir (mg/l)
Kitosan	200	4	198,4	70
		5		40
		6		58
		8		106
		9		116
Serbuk	75	4	198,4	50
		5		56
		6		58

		8		106
		9		126
		4		64
		5		40
Tawas	200	6	115,6	2
		8		50
		9		74

Untuk menghitung persentase penyisihan dari data di atas digunakan persamaan 3.1 sehingga didapat grafik antara persentase penyisihan TSS dengan pH sampel air pada **Gambar 4.7**.



Gambar 4. 7 Grafik pH Optimum terhadap Persentase Penyisihan TSS

Dari **Gambar 4.7**, dapat diketahui bahwa setiap koagulan memiliki pH optimumnya masing-masing sehingga koagulan dapat bekerja lebih efektif. Untuk koagulan serbuk cangkang kerang darah, persentase penyisihan terbesar terjadi pada pH 4 yaitu dengan persentase penyisihan TSS sebesar 75% dan penurunan konsentrasi sebesar 148,4 mg/L dari konsentrasi awal TSS. Selanjutnya, pada koagulan kitosan memiliki pH optimum 5 karena persentase penyisihan TSS sebesar 80% dengan penurunan konsentrasi TSS yang cukup besar yaitu

158,4 mg/L dari konsentrasi awal TSS menjadi 40 mg/L. Sedangkan koagulan tawas, persentase penyisihan terbesar yaitu pada pH 6 dengan besar persentase penyisihannya 98% penurunan konsentrasi TSS terbesar yaitu 113,6 mg/L. Namun, koagulan serbuk cangkang kerang darah dan koagulan kitosan juga memiliki persentase penyisihan TSS yang cukup besar pada rentang pH 4-6 dengan persentase >65%. Koagulan tawas pada pH 4 memiliki persentase penyisihan yang sangat kecil. Hal ini disebabkan karena, koagulan tawas dapat bekerja secara efektif pada rentang pH 6-8. Pada pH 4 jumlah muatan positif H^+ menjadi lebih banyak, sehingga muatan negatif yang berasal dari partikel tersuspensi tidak bereaksi dengan muatan positif dari $(R - NH_3^+)$ melainkan bereaksi dengan muatan positif H^+ yang menyebabkan tidak terbentuknya flok (Saputra *et al.*, 2015).

Sementara itu, koagulan serbuk cangkang kerang darah dan koagulan kitosan memiliki persentase penyisihan TSS yang rendah pada kondisi basa dengan penurunan konsentrasi TSS 50-80 mg/l dari konsentrasi TSS awal. Menurut Knorr (1984), hal ini terjadi karena terlalu banyaknya muatan negatif dari (OH^-) yang terkandung pada sampel air. Muatan negatif dari (OH^-) akan berpengaruh pada proses destabilisasi antara muatan negatif (partikel tersuspensi) dengan muatan positif dari kitosan $(R - NH_3^+)$. Kitosan terdiri dari gugus hidroksil dan amina yang bersifat basa sehingga dapat bereaksi dengan asam dengan bentuk persamaan:



(Muzzarelli, 1997).

Muatan positif yang dihasilkan dari gugus NH_3^+ itulah yang dapat mendestabilisasi partikel tersuspensi yang bermuatan negatif. Karena, muatan positif dari kitosan $(R - NH_3^+)$ harus

mengadsorpsi selain muatan negatif yang terkandung pada partikel tersuspensi juga muatan negatif dari OH^- itu sendiri sehingga keefektifan penyisihan terhadap TSS berkurang. TSS yang tidak teradsorpsi akan menyebabkan proses koagulasi tidak berjalan dengan baik. Hal ini dapat dilihat pada grafik di atas, untuk koagulan serbuk cangkang kerang darah dan koagulan kitosan hanya memiliki persentase penyisihan sebesar $<50\%$ pada pH 8 dan 9. Tetapi, apabila kondisi sampel air terlalu asam pH <3 maka akan menyebabkan kompetisi antara ion H^+ dan NH_3^+ dan jembatan polimer tidak terhubung satu sama lain sehingga tidak membentuk flok.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang sudah dilakukan oleh Putri *et al.*, (2019) bahwa penurunan TSS terbesar dengan koagulan kitosan dari konsentrasi awal 1412 mg/l menjadi 36 mg/l terjadi pada pH 5. Ini dikarenakan, pH yang cenderung asam lebih mudah untuk melarutkan kitosan dibandingkan pH di atas 7. Apabila suatu koagulan semakin mudah larut maka akan semakin mudah juga terbentuknya opn polikationik sehingga flok yang dihasilkan lebih banyak. Didukung oleh penelitian Saputra (2015), persentase penyisihan tertinggi menggunakan kitosan cangkang kerang hijau terjadi pada pH sekitar 4 dan persentase penyisihan terendah terjadi pada pH lebih dari 6,5.

3. Penentuan Waktu Pengendapan Optimum

Setelah pembentukan flok melalui proses koagulasi dan flokulasi, flok kemudian diendapkan beberapa menit untuk memisahkan material padatan yang terkandung di dalam air melalui proses sedimentasi. Proses sedimentasi menggunakan gaya gravitasi untuk teknik pemisahan karena partikel tersuspensi memiliki densitas yang lebih besar dibandingkan air. Waktu pengendapan cukup berpengaruh terhadap proses

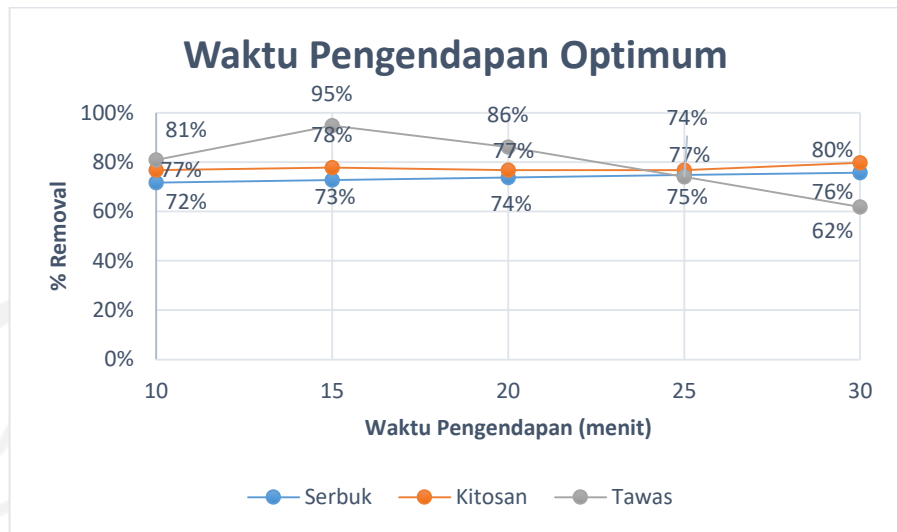
sedimentasi. Karena apabila waktu pengendapan terlalu singkat, maka flok yang sudah terbentuk masih belum terpisah dengan sempurna sehingga ketika diukur kadar TSS masih ada partikel tersuspensi yang ikut.

Dalam menentukan waktu pengendapan optimum, dilakukan uji jar test dengan mencampurkan air sampel pada dosis koagulan optimum dan pH optimum untuk masing-masing koagulan pada pengujian yang sudah dilakukan sebelumnya dengan variasi waktu pengendapan selama 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit dan 30 menit. *Tabel 4.4* adalah hasil dari pengujian waktu optimum terhadap penyisihan TSS.

Tabel 4. 4 Data Hasil Data Hasil Pengujian Waktu Pengendapan Optimum Parameter TSS

Jenis Koagulan	Dosis Koagulan (mg/l)	pH Sampel Air	Waktu Pengendapan (menit)	TSS Awal (mg/l)	TSS Akhir (mg/l)
Kitosan	200	5	10	198,4	46
			15		44
			20		46
			25		46
			30		40
Serbuk	75	4	10	198,4	56
			15		54
			20		52
			25		50
			30		48
Tawas	200	6	10	115,6	22
			15		6
			20		16
			25		30
			30		44

Dengan menggunakan persamaan 3.2 maka akan didapatkan grafik waktu pengendapan optimum setiap koagulan terhadap persentase penyisihan TSS pada **Gambar 4.8**.



Gambar 4. 8 Grafik Waktu Pengendapan Optimum terhadap Persentase Penyisihan TSS

Berdasarkan grafik pada **Gambar 4.8**, waktu pengendapan optimum koagulan serbuk cangkang kerang darah dan koagulan kitosan yaitu pada waktu 30 menit dengan persentase penyisihan TSS sebesar 76% dan 80% dan penurunan konsentrasi TSS sebesar 150,4 mg/L dan 158,4 mg/L dari konsentrasi awal TSS sebesar 198,4 mg/L. Sementara itu, pada menit 10 dan menit 15 persentase penyisihan mengalami kenaikan yang kecil yaitu hanya 1% untuk kedua koagulan. Kenaikan persentase penyisihan terbesar ada pada menit 25 menuju menit 30 dengan masing-masing penurunan TSS sebesar 2 mg/L untuk koagulan serbuk cangkang kerang darah dan 6 mg/L untuk koagulan kitosan. Sedangkan pada koagulan tawas, waktu pengendapan optimum terjadi pada waktu 15 menit dengan penurunan TSS sebesar 109,6 mg/L dari konsentrasi awal TSS sebelum ditambahkan koagulan tawas dan persentase penyisihan sebesar 98%. Tetapi, pada menit 20, 25 dan 30 persentase penyisihan koagulan tawas semakin menurun dengan penyisihan konsentrasi TSS berkisar antara 90-71,6 mg/L dari konsentrasi

awal TSS pada waktu pengendapan 20 hingga 30 menit. Namun, pada umumnya seharusnya semakin lama waktu pengendapan maka persentase penyisihan juga semakin besar. Penyimpangan ini mungkin disebabkan karena pada waktu tersebut tidak semua koagulan terkoagulasi dan terflokulasi dengan sempurna. Menurut Rusdi (2014), penurunan persentase penyisihan TSS terjadi karena pada waktu 15 menit memang merupakan waktu pengendapan optimum untuk koagulan tawas. Apabila waktu pengendapan melebihi kondisi optimumnya, semua partikel tersuspensi yang telah dinetralkan hingga senyawa-senyawa yang terionisasi di dalam air tidak dapat berikatan dan membentuk endapan.

Hasil penelitian parameter TSS ini, dengan dosis optimum, pH sampel optimum dan waktu pengendapan optimum jika dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 dimana untuk parameter TSS konsentrasi maksimum yang diperbolehkan sebagai syarat kualitas air bersih adalah 50 mg/L, maka ketiga jenis koagulan mampu menurunkan TSS hingga di bawah batas maksimum peraturan yang diacu. Konsentrasi TSS setelah diolah dengan koagulan kitosan adalah 40 mg/L yang artinya di bawah batas maksimum baku mutu yang diacu. Sama halnya dengan koagulan serbuk cangkang kerang darah dan tawas yang mampu menurunkan TSS menjadi 48 mg/L dan 6 mg/L.

4.2.2 Data Hasil Pengujian Keekeruhan

1. Penentuan Dosis Optimum

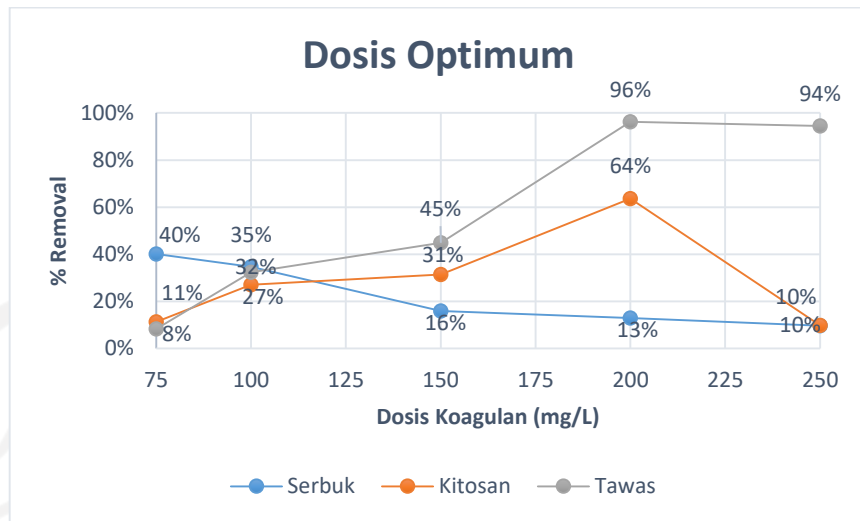
Selanjutnya untuk pengujian dosis optimum parameter kekeruhan, langkah-langkah pengujian hampir sama dengan uji TSS. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur kekeruhan adalah turbidimeter. Sebelum sampel air yang berasal dari sumur PAM UII ditambahkan koagulan, terlebih dahulu diukur

kekeruhan awal agar dapat diketahui dan dijadikan sebagai perbandingan keberhasilan koagulan serbuk cangkang kerang darah, kitosan, tawas. Pengujian koagulan menggunakan metode jar test dengan kecepatan pengadukan cepat 120 rpm selama 1 menit, kecepatan pengadukan lambat 60 rpm selama 10 menit dan waktu pengendapan flok selama 30 menit. Setelah diendapkan, sampel air kemudian diukur kekeruhan akhir menggunakan turbidimeter. Dalam menentukan dosis optimum, pengujian dilakukan pada pH 7,1 yaitu pH asli sampel air dan variasi dosis koagulan 75 mg/L, 100 mg/L, 150 mg/L, 200 mg/L dan 250 mg/L. Hasil dari pengujian dosis optimum koagulan untuk penyisihan kekeruhan dapat dilihat pada *Tabel 4.5*.

Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Dosis Optimum Parameter Kekeruhan

Jenis Koagulan	Dosis Koagulan (mg/L)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)
Kitosan	75	23,73	21,04
	100		17,29
	150		17,27
	200		8,63
	250		21,4
Serbuk	75	23,73	14,21
	100		15,51
	150		19,95
	200		20,66
	250		21,44
Tawas	75	16,24	14,89
	100		10,97
	150		8,95
	200		0,6
	250		0,9

Data yang didapat kemudian dihitung dengan persamaan 3.3 sehingga didapat grafik persentase penyisihan setiap koagulan terhadap parameter kekeruhan seperti pada **Gambar 4.9**.



Gambar 4. 9 Grafik Dosis Optimum terhadap Persentase Penyisihan Kekeruhan

Dari grafik di atas, kekeruhan awal sampel air sumur PAM UII dapat disisihkan oleh ketiga koagulan. Dosis optimum koagulan dipilih berdasarkan persentase penyisihan kekeruhan tertinggi. Berdasarkan hasil pengujian, pada dosis 75 mg/L koagulan kitosan dan tawas memiliki persentase penyisihan yang kecil yaitu sebesar 8% dan 11%. Sedangkan pada koagulan serbuk cangkang kerang darah, persentase penyisihan terbesar yaitu pada dosis 75 mg/L sebanyak 40%. Dosis optimum koagulan kitosan dan tawas adalah 200 mg/L dengan persentase penyisihan 64% dan 96%. Pada koagulan kitosan, dosis 75 mg/L hanya mampu menyisihkan 11% kekeruhan, pada dosis 100 mg/L - 150 mg/L kemampuan penyisihan yaitu 27% dan 31%. Lalu, pada dosis 200 mg/L kemampuan penyisihan naik 33% dari dosis sebelumnya yang mampu menyisihkan kekeruhan 8,63 NTU dari kekeruhan awal 23,73 NTU. Koagulan tawas pada dosis 75 mg/L - 150 mg/L hanya mampu menyisihkan 45% kekeruhan. Karena, dosis koagulan yang terlalu sedikit juga akan menyebabkan tidak terbentuknya flok sehingga koloid tidak teradsorp oleh koagulan dan tetap terkandung di dalam air.

Namun pada dosis 250 mg/L, ketiga koagulan mengalami penurunan persentase penyisihan kekeruhan yang disebabkan karena terlalu banyak dosis koagulan yang ditambahkan sehingga konsentrasi kekeruhan semakin tinggi. Menurut Hendrawati (2015), meningkatnya konsentrasi kekeruhan bisa terjadi karena koagulan yang ditambahkan melebihi batas optimum. Juga dapat disebabkan karena terjadinya penyerapan muatan positif dari koagulan berlebih sehingga partikel tersuspensi dalam air akan bermuatan positif yang kemudian terjadi gaya tolak-menolak antar partikel. Apabila partikel tersuspensi mengalami gaya tolak-menolak maka larutan akan semakin keruh.

Terdapat beberapa kemungkinan terhadap perbedaan performa antara serbuk cangkang kerang darah dan tawas. Jika dilihat dari kandungannya, serbuk cangkang kerang darah dan tawas memiliki kandungan kation yang berbeda yaitu ion bivalen untuk serbuk cangkang kerang darah mengandung Ca^{2+} dari senyawa CaCO_3 dan ion trivalent untuk koagulan tawas karena mengandung Al^{3+} dari senyawa $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$. Itulah mengapa koagulan tawas memiliki persentase removal yang lebih tinggi dibandingkan koagulan serbuk cangkang kerang darah dan koagulan kitosan. Ion trivalent memiliki kemampuan yang lebih besar untuk mengikat ion negatif dari partikel koloid yang terkandung di dalam air. Selain itu, kemungkinan lain yang dapat menyebabkan perbedaan perbedaan performa yaitu adanya zat pengotor pada serbuk cangkang kerang darah sehingga mempengaruhi kandungannya. Lain halnya dengan tawas yang memang sudah umum digunakan untuk pengolahan air dan memiliki persentase penyisihan yang besar. Sehingga baik kitosan dan serbuk cangkang kerang darah masih harus terus dikembangkan.

Dengan dosis optimum masing-masing koagulan pada pH sampel air sumur PAM UII 7,1, didapatkan konsentrasi kekeruhan setelah proses koagulasi ditambahkan 200 mg/L koagulan kitosan sebesar 8,63 NTU. Konsentrasi kekeruhan setelah ditambahkan 75 mg/L koagulan serbuk cangkang kerang darah sebesar 16,51 NTU dan kekeruhan setelah ditambahkan 200 mg/L koagulan tawas sebesar 0,6 NTU. Jika dibandingkan dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, konsentrasi kekeruhan maksimum yang diperbolehkan adalah 5 NTU. Artinya, hanya koagulan tawas yang mampu menyisihkan kekeruhan hingga di bawah konsentrasi maksimum menurut baku mutu. Sedangkan, koagulan kitosan dan koagulan serbuk cangkang kerang darah belum mampu menyisihkan kekeruhan hingga konsentrasi maksimum baku mutu.

2. Penentuan pH Sampel Optimum

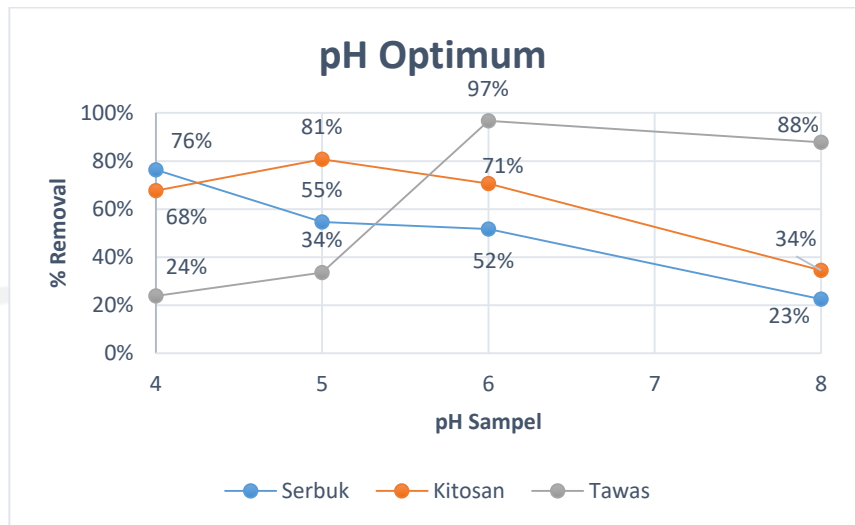
pH larutan memiliki peran penting dalam menyisihkan kekeruhan karena koagulan alami biasanya bekerja efektif pada pH cenderung asam. Penentuan pH optimum dilakukan dengan memberikan variasi pH sampel air yaitu 4, 5, 6, 8 dan 9. Agar sampel air berada pada kondisi asam, sampel air ditambahkan HNO_3 dan ditambahkan NaOH agar sampel air berada pada kondisi basa. Karena pH sampel air yang sesungguhnya adalah 7,1. Kemudian, masing-masing variasi pH dicampurkan pada koagulan dengan dosis optimum yang sudah didapat pada pengujian sebelumnya yaitu 200 mg/L untuk koagulan kitosan, 75 mg/L untuk koagulan serbuk cangkang kerang darah dan 200 mg/L untuk koagulan tawas. Selanjutnya, proses koagulasi dilakukan dengan metode jar test pengadukan cepat dengan kecepatan 120 rpm selama 1 menit, pengadukan lambat dengan

kecepatan 60 rpm selama 10 menit dan waktu pengendapan flok selama 30 menit. Hasil pengujian untuk menentukan pH optimum dapat dilihat pada *Tabel 4.6*.

Tabel 4. 6 Data Hasil Pengujian pH Optimum Parameter Kekeruhan

Jenis Koagulan	Dosis Koagulan (mg/L)	pH Sampel Air	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)
Kitosan	200	4	23,73	7,66
		5		4,58
		6		6,96
		8		15,55
		9		18,84
Serbuk	75	4	23,73	5,61
		5		10,76
		6		11,48
		8		28,38
		9		28,72
Tawas	200	4	16,24	12,37
		5		10,79
		6		0,54
		8		1,99
		9		9,82

Dari data hasil pengujian pada tabel di atas, persentase penyisihan kekeruhan dihitung dengan persamaan 3.3 sehingga diperoleh grafik pada **Gambar 4.10**.



Gambar 4. 10 Grafik pH Optimum terhadap Persentase Penyisihan Kekeruhan

Koagulan kitosan pada pH 4 mampu menyisihkan 68% kekeruhan. Lalu, pada pH 5 kemampuan penyisihan kekeruhan meningkat 13% menjadi 81% dengan konsentrasi kekeruhan setelah ditambahkan koagulan kitosan pada pH 5 yaitu 4,58 NTU. Kemudian, koagulan serbuk cangkang kerang darah memiliki pH optimum pada pH 4 dengan persentase penyisihan kekeruhan sebesar 55% menjadi 10,61 NTU. Pada koagulan tawas, pH optimumnya adalah 6 dengan persentase penyisihan 97% dan konsentrasi kekeruhan menjadi 0,54 NTU. Kenaikan pesat pada koagulan tawas terjadi pada pH 5 menuju pH 6 dengan kenaikan persentase penyisihan sebesar 63%.

Dilihat berdasarkan grafik, ketiga koagulan pada kondisi basa yaitu pH 8 dan 9 mengalami penurunan persentase penyisihan yang cukup signifikan. Karena terlalu banyaknya muatan negatif yang berasal dari (OH^-) sehingga muatan positif yang dihasilkan oleh koagulan untuk berikatan dengan muatan negatif yang berasal dari partikel tersuspensi menjadi tidak efektif. Muatan positif koagulan justru akan mengikat muatan

negatif dari (OH^-) sehingga partikel tersuspensi tidak berikatan dengan muatan positif koagulan yang menyebabkan konsentrasi kekeruhan semakin meningkat. Menurut Kaban (2009), jika pH di atas 7 maka akan mempengaruhi stabilitas kelarutan kitosan menjadi terbatas karena cenderung terjadi pengendapan. Pada pengujian ini, tidak ada perubahan pH baik sebelum dan sesudah ditambahkan koagulan kitosan, koagulan serbuk cangkang kerang darah dan koagulan tawas.

Dengan dosis optimum yaitu 200 mg/L dan pH optimum yaitu 5, koagulan kitosan dapat menurunkan konsentrasi kekeruhan yang semula 23,73 NTU menjadi 4,58 NTU dengan persentase penyisihan sebesar 81%. Sementara itu, koagulan serbuk cangkang kerang darah pada dosis optimum 75 mg/L dan pH optimum 4 mampu menurunkan yang semula 23,73 NTU menjadi 5,61 NTU dengan persentase penyisihan 68%. Koagulan tawas pada dosis optimum 200 mg/L dan pH optimum 6 mampu menyisihkan 97% kekeruhan. Jika dibandingkan dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum dengan batas maksimum kekeruhan sebesar 5 NTU, maka hasil penyisihan kekeruhan dengan koagulan kitosan dan koagulan tawas sudah memenuhi baku mutu. Sedangkan untuk koagulan serbuk cangkang kerang darah, belum bisa memenuhi baku mutu tersebut.

Hasil dari pengujian pH optimum kitosan didukung dengan Penelitian Arif (2013) yang mengatakan bahwa, pH optimum untuk kitosan kepiting dan kerang hijau terjadi pada pH 5 dengan persentase penyisihan >90% dan dosis optimum penyisihan sebesar 200 mg/L.

3. Penentuan Waktu Pengendapan Optimum

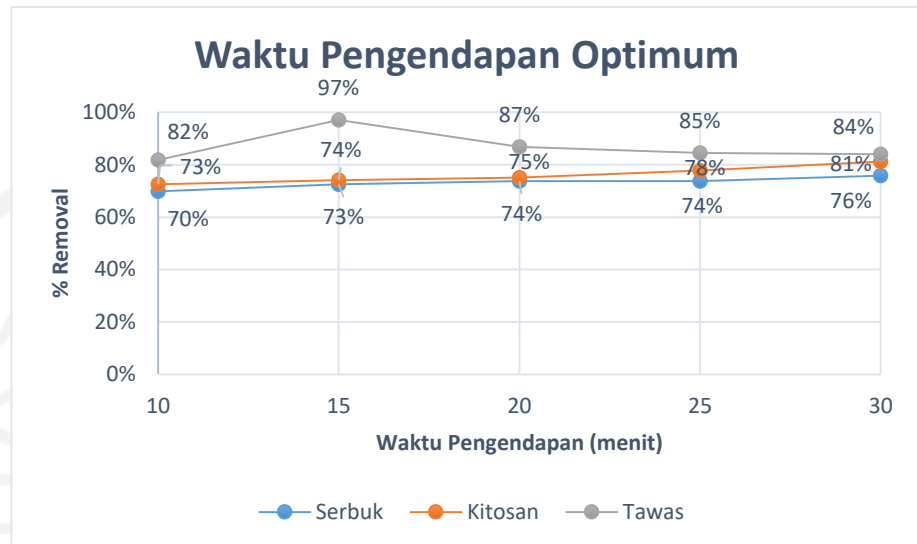
Setelah didapatkan dosis optimum ketiga koagulan yaitu 200 mg/L untuk koagulan kitosan, 75 mg/L untuk koagulan serbuk cangkang kerang darah dan 200 mg/L untuk koagulan tawas dan pH optimum ketiga koagulan yaitu pH 5 untuk koagulan kitosan, pH 4 untuk koagulan serbuk cangkang kerang darah dan pH 6 untuk koagulan tawas, kemudian menentukan waktu pengendapan optimum untuk penyisihan kekeruhan dengan memberikan variasi waktu pengendapan yaitu 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit dan 30 menit. Sehingga didapat hasil pengujian sebagaimana pada *Tabel 4.7*.

Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian Waktu Pengendapan Optimum Parameter Kekeruhan

Jenis Koagulan	Dosis Koagulan (mg/L)	pH Sampel Air	Waktu Pengendapan (menit)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)
Kitosan	200	5	10	23,73	6,51
			15		6,14
			20		5,91
			25		5,28
			30		4,45
Serbuk	75	4	10	23,73	7,16
			15		6,52
			20		6,22
			25		6,21
			30		5,72
Tawas	200	6	10	16,24	2,94
			15		0,46
			20		2,13
			25		2,51
			30		2,6

Dari hasil pengujian pada *Tabel 4.7* kemudian dihitung persentase penyisihan kekeruhan dengan menggunakan

persamaan 3.3 yang kemudian dibuat grafik seperti pada **Gambar 4.11**.



Gambar 4. 11 Grafik Waktu Pengendapan Optimum terhadap Persentase Penyisihan Kekeruhan

Dari hasil pengujian, waktu optimum untuk mengendapkan flok pada koagulan kitosan dan koagulan serbuk cangkang kerang darah yaitu 30 menit dengan persentase penyisihan masing-masing adalah 81% dan 76%. Kenaikan persentase penyisihan pada kedua jenis koagulan tersebut tidak begitu terlihat signifikan karena hanya bertambah 1-3%. Konsentrasi kekeruhan turun sebanyak 19,28 NTU dari konsentrasi awal 23,73 NTU pada menit 30 oleh koagulan kitosan dan turun sebanyak 18,01 NTU dari konsentrasi awal 23,73 NTU oleh koagulan serbuk cangkang kerang darah. Penyisihan kekeruhan kedua jenis koagulan ini sesuai dengan teori Mohammed & Shakir (2018) bahwa penyisihan kekeruhan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pengendapan. Itu karena perilaku pengendapan partikel tersuspensi yang dikumpulkan selama pergerakannya dalam larutan membentuk partikel yang mengendap.

Sedangkan pada koagulan tawas, pada menit 10 persentase penyisihan kekeruhan sebesar 82% dengan konsentrasi 2,94 NTU kemudian pada menit 15 konsentrasi kekeruhan mengalami penurunan yang besar dari konsentrasi 2,94 NTU pada menit 10 menjadi 0,46 NTU yang artinya penurunan sebanyak 2,48 NTU dengan persentase penyisihan sebesar 97%. Pada menit 10, pengendapan belum terjadi secara sempurna sehingga partikel tersuspensi masih terkandung di dalam sampel air ketika diuji kekeruhan dengan metode turbidimetri yang menyebabkan konsentrasi kekeruhan masih cukup besar. Namun setelah menit 15, konsentrasi kekeruhan kembali meningkat dengan persentase penyisihan pada menit 20 sebesar 87%, pada menit 25 sebesar 85% dan pada menit 30 sebesar 84%. Penurunan persentase penyisihan kekeruhan ini diakibatkan karena waktu pengendapan optimum koagulan tawas sudah terlewat sehingga, partikel tersuspensi tidak dapat berikatan dan tidak dapat diendapkan.

4.3 Hubungan Penyisihan TSS dan Kekeruhan

TSS dan kekeruhan memiliki hubungan yang sangat erat karena kekeruhan di dalam air disebabkan oleh adanya partikel-partikel tersuspensi. Berbagai macam partikel tersuspensi seperti bahan anorganik (pasir halus, liat, lumpur alami) dan bahan organik (lemak, minyak, protein) yang melayang di dalam air. Bahkan mikroorganisme seperti bakteri dan alga. Partikel tersuspensi bahan anorganik, organik dan mikroorganisme dapat berasal dari industri pertambangan, industri pertanian dan kegiatan domestik manusia sehari-hari. Namun, dengan eratnya hubungan antara TSS dan kekeruhan, tidak berarti nilai TSS dan nilai kekeruhan itu sebanding.

Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Ainurrofiq (2017), dosis optimum koagulan kitosan cangkang keong sawah untuk menyisihkan TSS dan untuk menyisihkan kekeruhan berbeda. Untuk menyisihkan TSS dibutuhkan

dosis koagulan kitosan sebesar 300 mg/L sedangkan dosis optimum koagulan yang dibutuhkan untuk menyingkahkan kekeruhan sebesar 200 mg/L. Menurutnya, pada parameter TSS selain sebagian besar pengukuran dipengaruhi oleh banyaknya partikulat-partikulat yang tersuspensi di dalam air, juga dipengaruhi oleh zat-zat yang terlarut di dalamnya seperti warna. Maka dari itu, untuk menyingkahkan TSS dibutuhkan dosis yang lebih besar karena jumlah partikel tersuspensi seperti zat-zat organik dan lumpur halus lebih banyak jumlahnya dibandingkan dengan zat-zat yang terlarut yang mempengaruhi parameter kekeruhan.

Pada penelitian ini, persentase penyisihan terbesar TSS dan kekeruhan dengan ketiga jenis koagulan memiliki dosis optimum, pH optimum dan waktu pengendapan optimum yang sama. Pada koagulan kitosan dengan dosis 200 mg/L dan pH 5, koagulan serbuk cangkang kerang darah dengan dosis 75 mg/L dan pH 4 dan koagulan tawas dengan dosis 200 mg/L persentase penyisihan TSS berturut-turut adalah 80%, 76% dan 95%. Sedangkan untuk kekeruhan dengan dosis optimum, pH optimum dan waktu pengendapan optimum yang sama juga terjadi persentase penyisihan terbesar oleh koagulan kitosan, koagulan serbuk cangkang kerang darah dan koagulan tawas dengan masing-masing persentase penyisihan kekeruhan sebesar 81%, 76% dan 97%. Dapat disimpulkan bahwa penurunan konsentrasi TSS berbanding lurus dengan penurunan konsentrasi kekeruhan. Hanya saja, pada parameter kekeruhan memiliki persentase penyisihan yang sedikit lebih besar dibandingkan pada parameter TSS. Hal ini didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Samudro & Abadi (2011), bahwa penurunan TSS dan kekeruhan memiliki kecenderungan yang sama. Apabila TSS menurun maka kekeruhan akan ikut menurun. Kecenderungan ini memiliki tingkat signifikansi antara 20-43%. Tetapi, tidak ada ketetapan yang pasti untuk tingkat signifikansi antara penurunan kekeruhan dan TSS namun kecenderungan pasti terjadi antara parameter TSS dan kekeruhan.

4.4 Perbandingan Hasil Koagulan

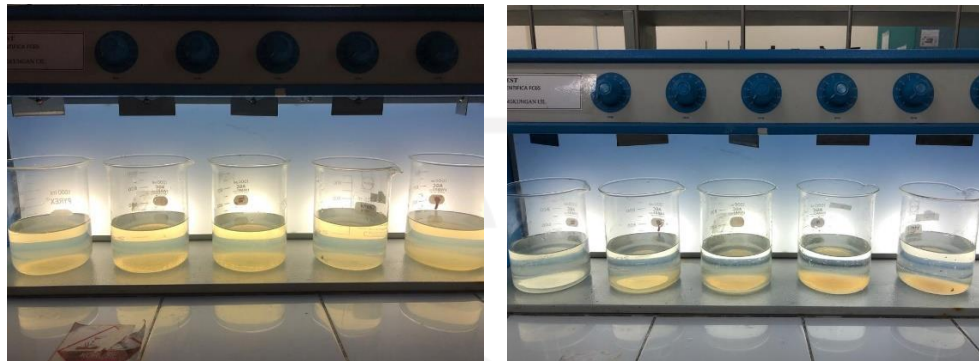
Pengujian dilakukan untuk membandingkan performa koagulan kitosan dan koagulan serbuk cangkang kerang darah sebagai koagulan alami dengan koagulan tawas sebagai koagulan sintetis dalam menyisihkan TSS dan kekeruhan pada sampel air dengan memberikan variasi terhadap beberapa variabel seperti dosis koagulan, pH sampel air dan waktu pengendapan flok agar kemudian dari variasi tersebut didapatkan kondisi optimum masing-masing koagulan dengan persentase penyisihan TSS dan kekeruhan terbesar yang dapat dilihat pada *Tabel 4.8*.

Tabel 4.8 Kondisi Optimum Koagulan

Jenis Koagulan	Parameter	Baku Mutu Lingkungan
<p><u>Kitosan</u> Dosis optimum: 200 mg/L pH optimum: 5 Waktu pengendapan optimum: 30 menit</p>	<p>TSS outlet: 40 mg/L (80%) Kekeruhan outlet: 4,45 NTU (81%)</p>	<p>TSS: PP No. 82/2001 → 50 mg/L Kekeruhan: 492/MENKES/PER/IV/2010 → 5 NTU</p>
<p><u>Serbuk Cangkang Kerang Darah</u> Dosis optimum: 75 mg/L pH optimum: 4 Waktu pengendapan optimum: 30 menit</p>	<p>TSS outlet: 48 mg/L (76%) Kekeruhan outlet: 5,72 NTU (76%)</p>	
<p><u>Tawas</u> Dosis optimum: 200 mg/L pH optimum: 6 Waktu pengendapan optimum: 15 menit</p>	<p>TSS outlet: 6 mg/L (95%) Kekeruhan outlet: 0,46 NTU (97%)</p>	

Berdasarkan *Tabel 4.8* hasil pengujian koagulan kitosan dan serbuk cangkang kerang darah, persentase penyisihan TSS dan kekeruhan masih di bawah persentase penyisihan dengan koagulan tawas. Namun pada koagulan kitosan, hasil konsentrasi TSS dan kekeruhan setelah sampel air diolah dengan proses koagulasi-flokulasi mengalami penurunan yang cukup banyak dan di bawah nilai maksimum baku mutu yang diacu untuk masing-masing parameter.

Perbandingan juga tampak jelas terlihat untuk masing-masing koagulan yang ditunjukkan pada **Gambar 4.12** yang dapat sedikit menjelaskan perbandingan performa antara koagulan kitosan dan koagulan tawas.



(a)

(b)

Gambar 4. 12 Perbandingan Kejernihan Koagulan (a) Kitosan (b) Tawas

Pada kondisi optimum masing-masing koagulan, koagulan serbuk cangkang kerang darah dan kitosan bekerja maksimal pada pH yang cenderung asam (pH= 4-6) untuk menurunkan kadar TSS dan kekeruhan. Sehingga, untuk menyesuaikan pH air yang akan diolah membutuhkan biaya yang lebih. Sedangkan koagulan tawas dapat bekerja maksimal pada pH 6-8 yang cenderung netral sehingga lebih praktis. Berdasarkan penelitian ini, untuk variasi waktu pengendapan, koagulan kitosan dan serbuk cangkang kerang darah memiliki kemampuan penyisihan TSS dan kekeruhan yang stabil tidak seperti koagulan tawas yang apabila waktu pengendapan terlalu singkat atau terlalu lama justru mengalami penurunan penyisihan. Kualitas proses koagulasi-flokulasi dalam mengolah air menggunakan koagulan kitosan sangat bergantung pada karakterisasi kitosan terutama dalam hal derajat deasetilasi karena sangat berpengaruh terhadap sifat fisik-kimia kitosan. Hasil pengujian kitosan pada penelitian ini mungkin akan berbeda dari sumber atau pembuat kitosan yang lain. Sedangkan untuk koagulan tawas sudah mapan.

Terlepas dari performanya yang masih di bawah tawas, koagulan kitosan dan serbuk cangkang kerang darah merupakan sumber daya terbarukan yang diperoleh dari produksi sampingan yang merupakan *biopolymer* ramah lingkungan dan dapat diterima secara ekologis, tidak beracun, biokompatibel

dan *biodegradable*. Koagulan serbuk cangkang kerang darah tanpa menambahkan apapun dan cenderung membutuhkan dosis yang kecil sudah memiliki persentase removal yang cukup besar dan di bawah baku mutu lingkungan. Dari penjelasan tersebut, koagulan kitosan dan koagulan cangkang kerang darah dapat dipertimbangkan sebagai alternatif koagulan pada pengolahan air untuk menurunkan kadar TSS dan kekeruhan.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian pemanfaatan cangkang kerang darah (*Anadara Granosa*) sebagai koagulan alami dalam menurunkan kadar TSS dan kekeruhan dapat disimpulkan bahwa:

1. Untuk parameter TSS, koagulan kitosan dapat menurunkan konsentrasi TSS pada dosis optimum 200 mg/l, pH optimum 5 dan waktu pengendapan optimum 30 menit dengan konsentrasi TSS awal 198,4 mg/l menjadi 40 mg/l. Koagulan serbuk cangkang kerang darah pada dosis optimum 75 mg/L, pH optimum 4 dan waktu pengendapan optimum 30 menit dapat menurunkan konsentrasi 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 konsentrasi TSS 115,6 mg/L menjadi 6 mg/L. Sedangkan untuk 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. 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.
2. 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%. Sedangkan 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%

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk mengembangkan penelitian ini yaitu:

1. Untuk penelitian selanjutnya, koagulan kitosan dan serbuk cangkang kerang darah diuji menggunakan sampel air yang memiliki beban pencemar tinggi sehingga dapat diketahui apakah kedua koagulan masih mampu menyisihkan parameter uji.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggabungkan dua jenis koagulan seperti koagulan serbuk cangkang kerang darah dengan tawas dan koagulan kitosan dengan tawas agar didapatkan hasil yang stabil.
3. Diperlukan proses pemurnian untuk kitosan dan serbuk cangkang kerang darah agar zat-zat pengotor dapat hilang sehingga penyisihan oleh kitosan dan serbuk cangkang kerang darah sebagai koagulan meningkat.
4. Diperlukan peningkatan penelitian saat melakukan uji koagulan di laboratorium sehingga data yang didapat lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Afiati, N. 2007. Hermaproditism in *Anadara granosa* (L) and *Anadara antiquata* (L) (Bivalvia: Arcidae) From Central Java. *Journal of Coastal Development*, 10(3), 171-179.
- Ainurrofiq, M., Purwono., Hadiwidodo, M. 2017. Studi Penurunan TSS, Turbidity dan COD dengan menggunakan Kitosan dari Limbah Cangkang Keong Sawah (*Pila Ampullacea*) sebagai Nano Biokoagulan dalam Pengolahan Limbah Cair PT. Phapros, TBK. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 1-13.
- Akhtar, W. & Iqbal, M. 1997. Optimum Design of Sedimentation Tanks Based on Settling Characteristics of Karachi Tannery Wastes. *Water, Air and Soil Pollution*, 98(1), 199-211.
- Asmi & Zulfia. 2017. Blood Cokle Shells Waste as Renewable Source for the Production of Biogenic CaCO₃ and its Characterisation. *Series: Earth and Environmental Science*, 94(01204), 1-6.
- Azis, A., Yusuf, H., Faisal, Z., Suradi M. 2015. Water Turbidity Impact on Discharge Decrease of Groundwater Recharge in Recharge Reservoir. *Procedia Engineering*, 125(1), 199–206.
- Brady, J. 1994. *Kimia Universita Asas dan Struktur*. Jakarta: Erlangga.
- Benefield, L. 1982. *Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment*. New Jersey: Prentice Hall Inc
- Bunje, P. 2001. *The bivalvia*. University of California museum of paleontology.
- Campbell, A. 2002. *The Potential Role of Aluminium in Alzheimer's Disease*. Nephrol Dial transplant, Vol. 17, No. 2: 17-20.
- Chandra, B. 2007. *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Penerbit EGC.
- Das, B. 1995. *Soil Mechanics: Principles of geotechnical engineering Volume 1 and 2*. Jakarta: Erlangga Publishing.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. *Telaah Kualitas Air*, 98(1), 15-157.

- Elieh-Ali-Komi, D. & Hamblin, M. 2016. Chitin and Chitosan: Production and Application of Versatile Biomedical Nanomaterials. *US National Library of Medicine*, 4(3), 411-427.
- Farihin, F., Wardhana, I., & Sumiyati, S. 2015. *Studi Penurunan COD, TSS dan Turbidity dengan Menggunakan Kitosan dari Limbah Cangkang Kerang Hijau (Perna Viridis) sebagai Biokoagulan dalam Pengolahan Limbah Cair PT. Sido Muncul Tbk, Semarang*. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Fernandez. 2004. *Physicochemical and Functional Properties of Crawfish Chitosan as Affected by Different Processing Protocols*. Louisiana: Louisiana State University.
- Garbacz, H., & Krolikowski, A. 2019. Corrosion Resistance of Nanocrystalline Titanium. *Micro and Nano Technologies*, 1(1), 145-173.
- Ghodsinia, S., & Akhlaghinia, B. 2015. A Rapid Metal Free Synthesis of 5-substituted-1H-tetrazoles using Cuttlebone as a Natural High Effective and Low Cost Heterogeneous Catalyst. *Royal Society of Chemistry Advances*, 5(62), 849-860.
- Halipah, S. 2016. *Pembuatan Nanokalsium dengan Metode Presipitasi dari Limbah Cangkang Kerang Hijau (Perna sp.) dan Aplikasinya sebagai sediaan Antihipersentivitas dentin*. Skripsi, Institut Pertanian Bogor.
- Handayani, L., Syahputra, F., & Astuti, Y. 2018. Utilization and Characterization of Oyster Shell as Chitosan and Nanochitosan. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 21(4), 224-231.
- Henggu, K., Ibrahim B., & Suptijah, P. 2019. Hidroksiapatit dari Cangkang Sotong sebagai Sediaan Biomaterial Perancah Tulang. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(1), 1-13.
- Hendrawati, N., Sofiana, A., & Widyantini, I. 2015. Pengaruh Penambahan Magnesium Stearat dan Jenis Protein pada Pembuatan *Biodegradable Foam* dengan Metode Baking Process. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 4(2), 34-39.

- Kaban, J. 2009. *Modifikasi Kimia dari Kitosan dan Aplikasi Produk yang Dihasilkan*. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.
- Knorr, D. 1984. Use of Chitinous Polymers in Food-A Challenge for Food Research and Development. *Food Technology*, 38(1), 85-97.
- Kumari, S., & Kishor, R. 2020. Chitin and Chitosan: Origin, Properties and Applications. *Handbook of Chitin dan Chitosan*, 1(1), 1-33.
- Kurnyawati, N., Fitriyana., Kusumattaqin, F., Rinda, R., & Andira. 2020. Identifikasi Potensi Cangkang Kerang Darah Lokal Desa Kutai Lama dan Pemanfaatannya untuk Penurunan Kadar Logam Besi (Fe²⁺). *Jurnal Teknik Kimia*, 17(2), 1-6.
- Kusnaedi. 2002. *Mengelola Air Untuk Air Minum*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Lathifah, A. 2011. *Karakteristik Morfologi Kerang Darah*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Macczak, P., Kaczmarek, H., & Ziegler-Borowska, M. 2020. Recent Achievements in Polymer Bio-Based Flocculants for Water Treatment. *Water Supply and Sewage Enterprise*, 7(1), 87-100.
- McMichael, Anthony J. 2000. The Urban Environment and Health in a World of Increasing Globalization: Issues for Developing Countries. *Bulletin of the World Health Organization*, 78(9), 1117-1126.
- Mohammed, T., & Shakir, E. 2018. Effect of Settling Time, Velocity Gradient, and Camp Number on Turbidity Removal for Oilfield Produced Water, *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(1), 31-36.
- Muyibi, S. A., Noor, M. J. M. M., Ong, D. T., & Kai, K. W. 2001. Moringa oleifera seeds as a flocculant in waste sludge treatment. *International Journal of Environmental Studies*, 58(1): 185–195
- Muzzarelli, R. 1977. *Chitin*. Pergamon Press.
- Nurjanah., Zulhamsyah., & Kustiyariyah. 2005. Kandungan Mineral dan Proksimat Kerang Darah *A. granosa* yang diambil dari Kabupaten Boalemo, Gorontalo. *Buletin Teknologi Hasil Perairan*, VIII(2), 16.
- Nurmala, N., Susatyo, E., & Mahatmanti, F. 2018. Sintesis Kitosan dari Cangkang Rajungan Terkomposit Lilin Lebah dan Aplikasinya sebagai *Edible*

- Coating* pada Buah Stroberi. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(3), 1-7.
- Othmer, D.F. 1978. *Encyclopedia of Chemical Technology vol. 1 2nd edition*. New York: A Willey Interscience Publication, John Wiley and Sons Co.
- Prahmila, D., Desniar., & Suptijah, P. 2016. *Aplikasi Nano Kitosan Sebagai Pengawet Alami Fillet Nila Merah (Oreochromis Sp.) selama Penyimpanan Suhu Chilling*. Thesis, Institut Pertanian Bogor.
- Prastowo, P., Destiarti, L., & Zaharah, T. 2017. Penggunaan Kulit Kerang Darah Sebagai Koagulan Air Gambut. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 6(4), 65-68.
- Prihatinningtyas E. 2013. Aplikasi koagulan alami dari tepung jagung dalam pengolahan air bersih. *Jurnal Tekno Sains*, 2(2), 93-102
- Putri, M., Hartati, E., & Djaenudin. 2019. Penyisihan Parameter TSS dan COD Menggunakan Koagulan Nanokitin dan Kitosan pada Pengolahan Air Sungai Cikapundung. *Jurnal Serambi Engineering*, V(1), 868-874.
- Qasim, S., Motley, E., & Zhu, G. 2000. *Water Works Engineering*. Dallas: Chiang, Patel and Yerby, Inc.
- Qoniah, I., & Prasetyoko, D. 2011. *Penggunaan Cangkang Bekicot sebagai Katalis untuk Reaksi Transesterifikasi Refined Palm Oil*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Risdianto, D. 2007. *Optimisasi Proses Koagulasi Flokulasi Untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu (Studi Kasus PT. Sido Muncul)*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Rumapea, N. 2009. *Penggunaan Kitosan dan Polyalumunium Chlorida (PAC) untuk Menurunkan Kadar Logam Besi (Fe) dan Seng (Zn) dalam Air Gambut*. Tesis, Universitas Sumatera Utara.
- Rusdi, R., Sidi, P., & Pratama, R. 2014. Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Pengendapan Biji Kelor terhadap pH, Kekeruhan dan Warna Air Waduk Krenceng, *Jurnal Integrasi Proses*, 5(1), 46-50.
- Rusyana, A. 2013. *Zoologi Invertebrata (Teori dan Praktek)*. Bandung: Alfabeta.

- Saksono, N., Bismo, S., Krisanti, E., Manaf, A., & Widaningrum, R. 2006. Pengaruh Medan Magnet terhadap Proses Presipitasi CaCO_3 dalam Air Sadah. *Jurnal Makara Teknologi*, 10(2), 96-101.
- Samudro, G., & Abadi, R. 2011. Studi Penurunan Kekeruhan dan Total Suspended Solids (TSS) dalam Bak Penampung Air Hujan Menggunakan Reaktor Gravity Roughing Filter, *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 8(1), 14-20.
- Saputra, A., Putra, S., & Kundari, N. 2015. Pengaruh pH Limbah dan Perbandingan Kitosan dengan TSS pada Pengendapan Limbah Cair Biskuit. *Jurnal STTN-Batan*, 1(1), 1-8.
- Shamshina., Berton., & Rogers. 2019. Advances in Functional Chitin Materials: a review. *ACS Sustain. Chem. Eng*, 7(7), 6444-6457.
- Setiawan, D. 2011. *Perbandingan Efektifitas Kitosan dari Kepiting Rajungan dan Kepiting Hijau sebagai Biokoagulan serta PAC sebagai Koagulan Kimia*. Skripsi, Universitas Indonesia.
- Siahaan, A. 2020. *Pembuatan dan Karakterisasi Membran Polimer Elektrolit Berbasis Kitosan dan Zeolit Alam Pahae*. Skripsi, Universitas Sumatera Utara.
- Sinardi., Soewondo, P., & Notodarmojo, S. 2013. Pembuatan, Karakterisasi dan Aplikasi Kitosan dari Cangkang Kerang Hijau (*Mytilus Viridis* Linneaus) sebagai Koagulan Penjernih Air. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(1), 24-25.
- Sitinjak, Y. 2019. *Studi Penggunaan Biokoagulan Cangkang Kerang Hijau (*Perna Viridis*) sebagai Penjernih Air dengan Metode Jar Test*. Tugas Akhir, Universitas Sumatera Utara.
- Sethu, V., Goey, K., Iffah, F., Khoo, M., & Andresen, J. 2010. Adsorption Characteristics of Cu (II) Ions in Aqueous Solutions Using *Mangifera indica* (Mango) Leaf Biosorbent. *Journal of Environmental Research and Development*, 5(2), 264-275.
- Speed, D. 2016. Environmental Aspects of Planarization Process. *Advances in Chemical Mechanical Planarization (CMP)*, 10(1), 229-269.

- Sudadi, P. 2003. Penentuan Kualitas Air Tanah Melalui Analisis Unsur Kimia Terpilih. *Buletin Geologi Tata Lingkungan*, 13(2), 81-89.
- Susanto, R. 2008. *Optimasi Koagulasi-Flokulasi dan Analisis Kualitas Air pada Industri Semen. Program Studi Kimia*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Sutrisno, H. 2004. *Metodologi Research 2*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Suwignyo, S., Widigdo, B., Wardiatno, Y., & Krisanti, M. 2005. *Avertebrata Air untuk Mahasiswa Perikanan Jilid 2*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Tantra, A. 2015. *Pengaruh Komposisi dan Ukuran Makro Serbuk Kulit Kerang Darah (Anadora Granosa) Terhadap Komposit Epoksi-PS/Serbuk Kulit Kerang Darah (SKKD)*. Skripsi, Universitas Sumatera Utara.
- Vagenas, N., Gatsouli, A., & Kontoyannis, C. 2003. Quantitative Analysis of Synthetic Calcium Carbonate Oolymorphs using FTIR Spectroscopy. *Talanta*, 59(4), 831-836.

LAMPIRAN

Lampiran I Data Hasil Uji TSS

Koagulan Serbuk Cangkang Kerang Darah

Sampel Awal

No	Kode Sampel	Berat Kosong (gr)	Berat Kertas + Residu (gr)	Volume (ml)	Konsentrasi TSS (mg/L)
1	A	1,2037	1,2153	50	232
2	B	1,2278	1,2358	50	160
3	C	1,2314	1,2444	50	260
4	D	1,228	1,2353	50	146
5	E	1,2275	1,2372	50	194
					198,4

Dosis Koagulan

Kode Sampel	Konsentrasi Koagulan (mg/L)	pH	Waktu Pengendapan (menit)	Berat Kosong (gr)	Berat Kertas + Residu (gr)	Volume (ml)	Konsentrasi TSS (mg/L)	Penyisihan (%)
S1	75	7,1	30	1,2295	1,2335	50	80	60%
S2	100			1,2397	1,2454	50	114	43%
S3	150			1,2556	1,2618	50	124	38%
S4	200			1,2469	1,2543	50	148	25%
S5	250			1,2154	1,2229	50	150	24%

pH Sampel								
Kode Sampel	Konsentrasi Koagulan (mg/L)	pH Awal	pH Akhir	Berat Kosong (gr)	Berat Kertas + Residu (gr)	Volume (mL)	Konsentrasi TSS (mg/L)	Penyisihan (%)
S1	75	4	4	1,2148	1,2173	50	50	75%
S2		5	5	1,1975	1,2003	50	56	72%
S3		6	6	1,2182	1,2211	50	58	71%
S4		8	8	1,2052	1,2105	50	106	47%
S5		9	9	1,2129	1,2192	50	126	36%

Waktu Pengendapan								
Kode Sampel	Konsentrasi Koagulan (mg/L)	pH	Waktu Pengendapan (menit)	Berat Kosong (gr)	Berat Kertas + Residu (gr)	Volume (mL)	Konsentrasi TSS (mg/L)	Penyisihan (%)
S1	75	4	10	1,1898	1,1926	50	56	72%
S2			15	1,1878	1,1905	50	54	73%
S3			20	1,2028	1,2054	50	52	74%
S4			25	1,2114	1,2139	50	50	75%
S5			30	1,2324	1,2348	50	48	76%

Koagulan Kitosan

Sampel Awal

No	Kode Sampel	Berat Kosong (gr)	Berat Kertas + Residu (gr)	Volume (ml)	Konsentrasi TSS (mg/L)
1	A	1,2037	1,2153	50	232
2	B	1,2278	1,2358	50	160
3	C	1,2314	1,2444	50	260
4	D	1,228	1,2353	50	146
5	E	1,2275	1,2372	50	194
					198,4

Dosis

Kode Sampel	Konsentrasi Koagulan (mg/L)	pH	Waktu Pengendapan (menit)	Berat Kosong (gr)	Berat Kertas + Residu (gr)	Volume (ml)	Konsentrasi TSS (mg/L)	Penyisihan (%)
K1	75	7,1	30	1,2101	1,2151	50	100	50%
K2	100			1,2008	1,2061	50	106	47%
K3	150			1,2038	1,2079	50	82	59%
K4	200			1,211	1,2149	50	78	61%
K5	250			1,2107	1,216	50	106	47%

pH Sampel								
Kode Sampel	Konsentrasi Koagulan (mg/L)	pH Awal	pH Akhir	Berat Kosong (gr)	Berat Kertas + Residu (gr)	Volume (mL)	Konsentrasi TSS (mg/L)	Penyisihan (%)
K1	200	4	4	1,2218	1,2243	50	50	75%
K2		5	5	1,2249	1,2269	50	40	80%
K3		6	6	1,208	1,2109	50	58	71%
K4		8	8	1,2107	1,216	50	106	47%
K5		9	9	1,2271	1,2329	50	116	42%

Waktu Pengendapan								
Kode Sampel	Konsentrasi Koagulan (mg/L)	pH	Waktu Pengendapan (menit)	Berat Kosong (gr)	Berat Kertas + Residu (gr)	Volume (mL)	Konsentrasi TSS (mg/L)	Penyisihan (%)
K1	200	5	10	1,2102	1,2125	50	46	77%
K2			15	1,177	1,1792	50	44	78%
K3			20	1,1895	1,1918	50	46	77%
K4			25	1,2099	1,2122	50	46	77%
K5			30	1,2292	1,2312	50	40	80%

Koagulan Tawas

Sampel Awal

No	Kode Sampel	Berat Kosong (gr)	Berat Kertas + Residu (gr)	Volume (ml)	Konsentrasi TSS (mg/L)
1	A	1,23	1,2353	50	106
2	B	1,2289	1,2352	50	126
3	C	1,2326	1,2389	50	126
4	D	1,2369	1,2425	50	112
5	E	1,2274	1,2328	50	108
					115,6

Dosis

Kode Sampel	Konsentrasi Koagulan (mg/L)	pH	Waktu Pengendapan (menit)	Berat Kosong (gr)	Berat Kertas + Residu (gr)	Volume (ml)	Konsentrasi TSS (mg/L)	Penyisihan (%)
T1	75	7,1	30	1,2191	1,222	50	58	50%
T2	100			1,23	1,2324	50	48	58%
T3	150			1,2298	1,2321	50	46	60%
T4	200			1,2588	1,2591	50	6	95%
T5	250			1,2374	1,2378	50	8	93%

pH Sampel

Kode Sampel	Konsentrasi Koagulan (mg/L)	pH Awal	pH Akhir	Berat Kosong (gr)	Berat Kertas + Residu (gr)	Volume (mL)	Konsentrasi TSS (mg/L)	Penyisihan (%)
T1	200	4	4	1,2385	1,2417	50	64	45%
T2		5	5	1,2402	1,2422	50	40	65%
T3		6	6	1,2251	1,2252	50	2	98%
T4		8	8	1,2358	1,2383	50	50	57%
T5		9	9	1,2406	1,2443	50	74	36%

Waktu Pengendapan

Kode Sampel	Konsentrasi Koagulan (mg/L)	pH	Waktu Pengendapan (menit)	Berat Kosong (gr)	Berat Kertas + Residu (gr)	Volume (mL)	Konsentrasi TSS (mg/L)	Penyisihan (%)
T1	200	6	10	1,2173	1,2184	50	22	81%
T2			15	1,2289	1,2292	50	6	95%
T3			20	1,2172	1,218	50	16	86%
T4			25	1,2161	1,2176	50	30	74%
T5			30	1,241	1,2432	50	44	62%

Lampiran II Data Hasil Uji Kekeruhan

Koagulan Serbuk Cangkang Kerang Darah

Dosis					
Konsentrasi Koagulan (mg/L)	pH	Waktu Pengendapan (menit)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Penyisihan (%)
0	7	30	23,73	23,73	0%
75			23,73	14,21	40%
100			23,73	15,51	35%
150			23,73	19,95	16%
200			23,73	20,66	13%
250			23,73	21,44	10%

pH Sampel						
Konsentrasi Koagulan (mg/L)	pH Awal	pH Akhir	Waktu Pengendapan (menit)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Penyisihan (%)
75	4	4	30	23,73	5,61	76%
	5	5		23,73	10,76	55%
	6	6		23,73	11,48	52%
	8	8		23,73	18,38	23%
	9	9		23,73	18,72	21%

Waktu Pengendapan					
Konsentrasi Koagulan (mg/L)	pH	Waktu Pengendapan (menit)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Penyisihan (%)
75	4	10	23,73	7,16	70%
		15	23,73	6,52	73%
		20	23,73	6,22	74%
		25	23,73	6,21	74%
		30	23,73	5,72	76%

Koagulan Kitosan

Dosis					
Konsentrasi Koagulan (mg/L)	pH	Waktu Pengendapan (menit)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Penyisihan (%)
0	6	30	23,73	23,73	0%
75			23,73	21,04	11%
100			23,73	17,29	27%
150			23,73	16,27	31%
200			23,73	8,63	64%
250			23,73	21,4	10%

pH Sampel						
Konsentrasi Koagulan (mg/L)	pH Awal	pH Akhir	Waktu Pengendapan (menit)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Penyisihan (%)
200	4	4	30	23,73	7,66	68%
	5	5		23,73	4,58	81%
	6	6		23,73	6,96	71%
	8	8		23,73	15,55	34%
	9	9		23,73	18,84	21%

Waktu Pengendapan					
Konsentrasi Koagulan (mg/L)	pH	Waktu Pengendapan (menit)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Penyisihan (%)
200	5	10	23,73	6,51	73%
		15	23,73	6,14	74%
		20	23,73	5,91	75%
		25	23,73	5,28	78%
		30	23,73	4,45	81%

Koagulan Tawas

Dosis

Konsentrasi Koagulan (mg/L)	pH	Waktu Pengendapan (menit)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Penyisihan (%)
0	6	30	16,24	16,24	0%
75			16,24	14,89	8%
100			16,24	10,97	32%
150			16,24	8,95	45%
200			16,24	0,6	96%
250			16,24	0,9	94%

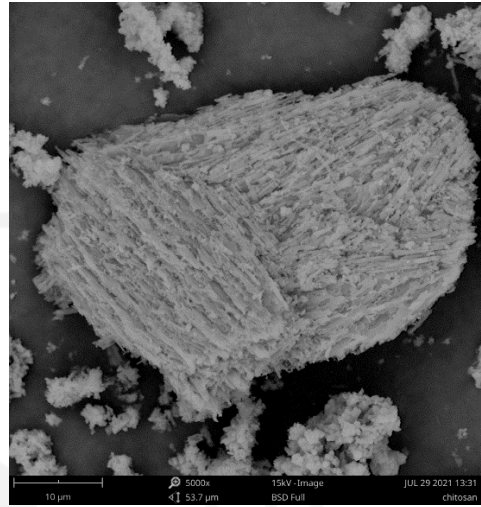
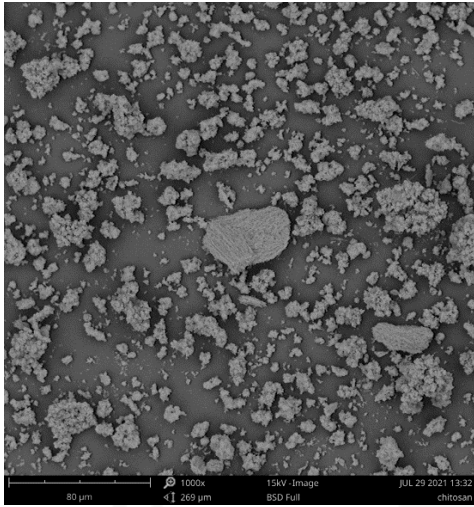
pH Sampel

Konsentrasi Koagulan (mg/L)	pH Awal	pH Akhir	Waktu Pengendapan (menit)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Penyisihan (%)
200	4	4	30	16,24	12,37	24%
	5	5		16,24	10,79	34%
	6	6		16,24	0,54	97%
	8	8		16,24	1,99	88%
	9	9		16,24	9,82	40%

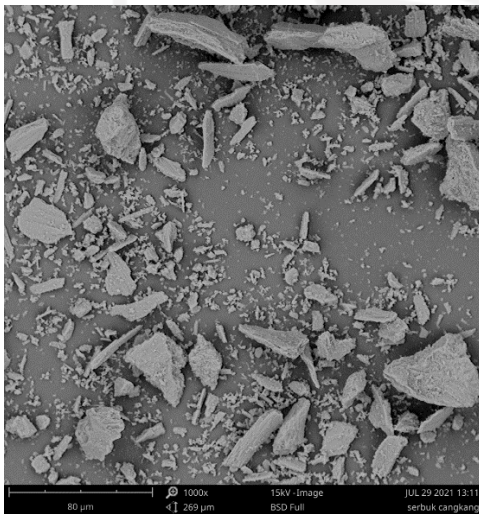
Waktu Pengendapan

Konsentrasi Koagulan (mg/L)	pH	Waktu Pengendapan (menit)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Penyisihan (%)
200	6	10	16,24	2,94	82%
		15	16,24	0,46	97%
		20	16,24	2,13	87%
		25	16,24	2,51	85%
		30	16,24	2,6	84%

Lampiran III Hasil SEM

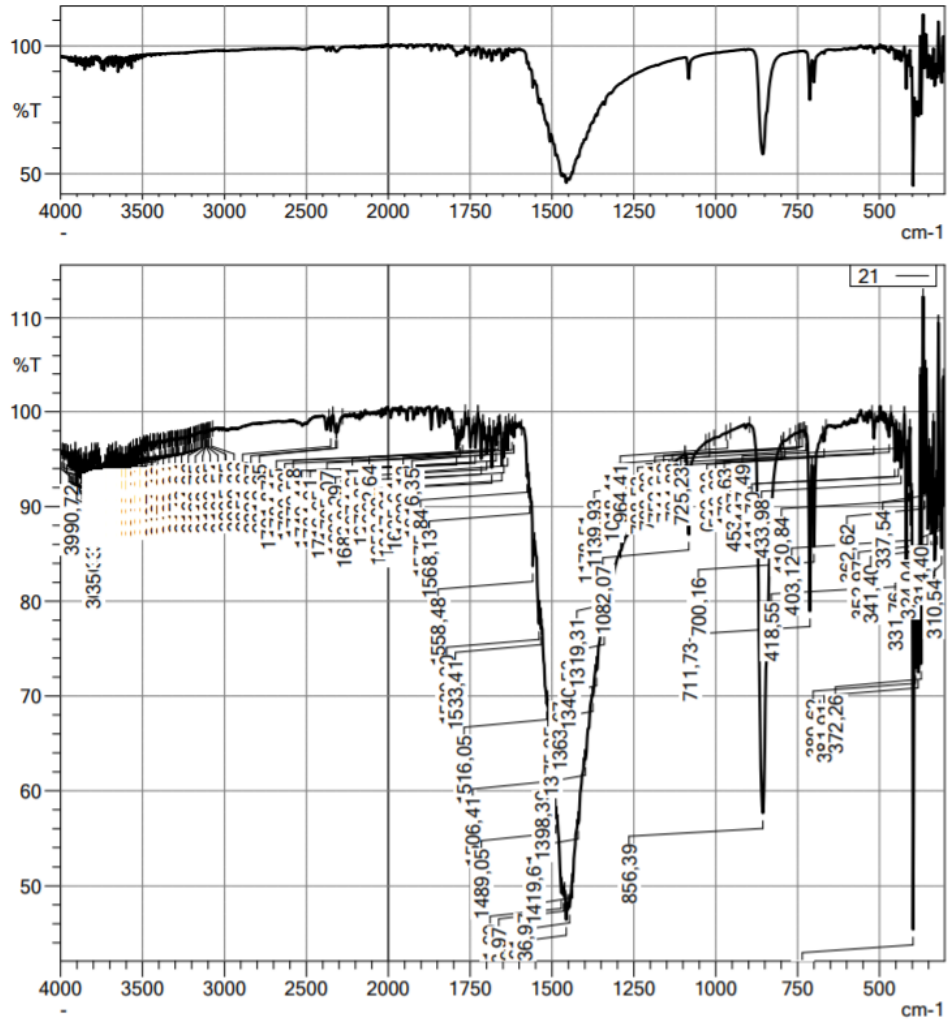


Hasil SEM Kitosan



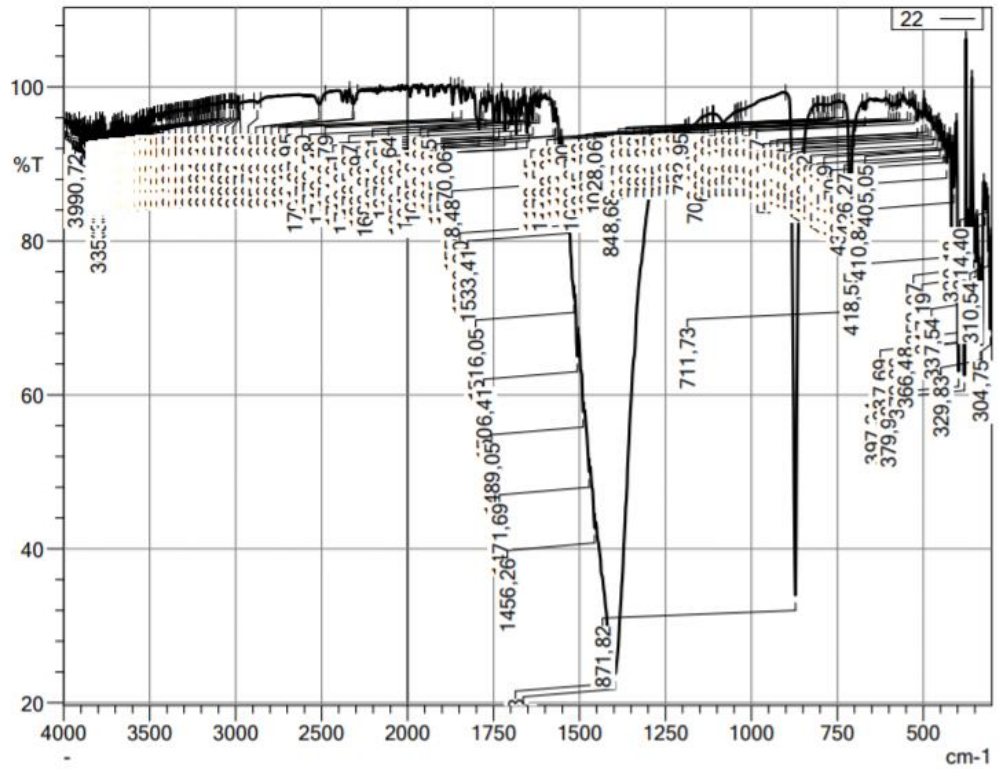
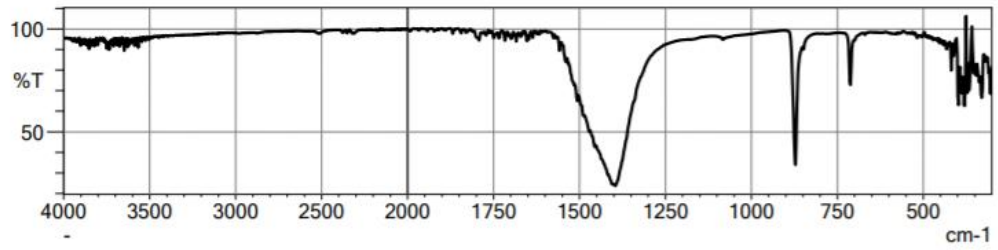
Hasil SEM Serbuk Cangkang Kerang Darah

Lampiran IV Hasil FTIR



Hasil FTIR Serbuk Cangkang Kerang Darah

البيحة الإسلامية
الاستدائدية

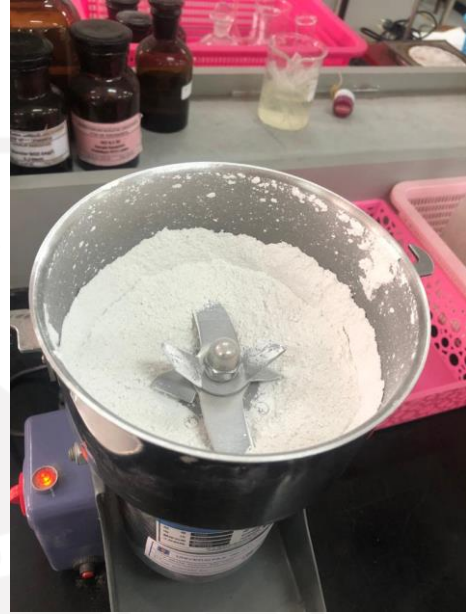
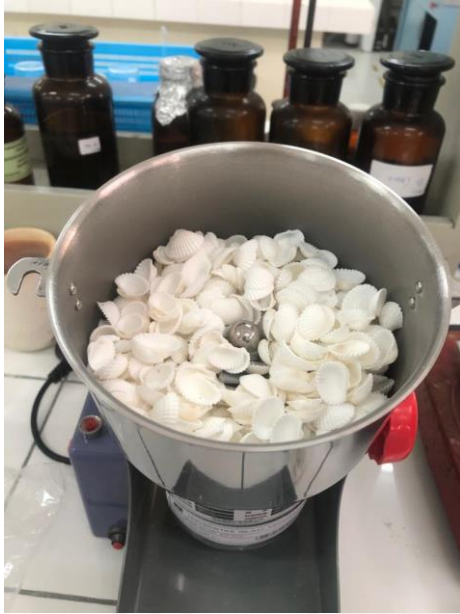


Hasil FTIR Kitosan

البحر الاستراتيجي

Lampiran V Dokumentasi

1. Persiapan Cangkang Kerang Darah

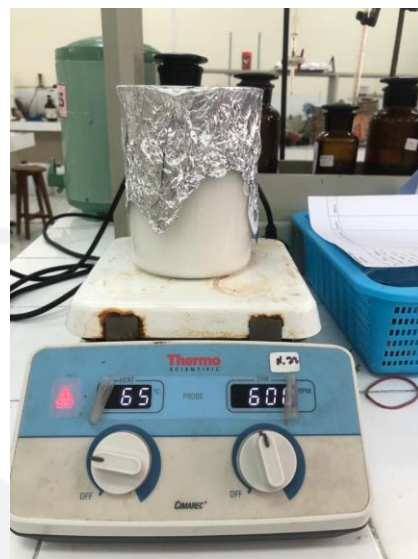


Penghancuran Cangkang Kerang Darah dengan Grinder



Pengayakan dengan *Sieve Shaker* 100 dan 200 mesh

2. Pembuatan Kitosan

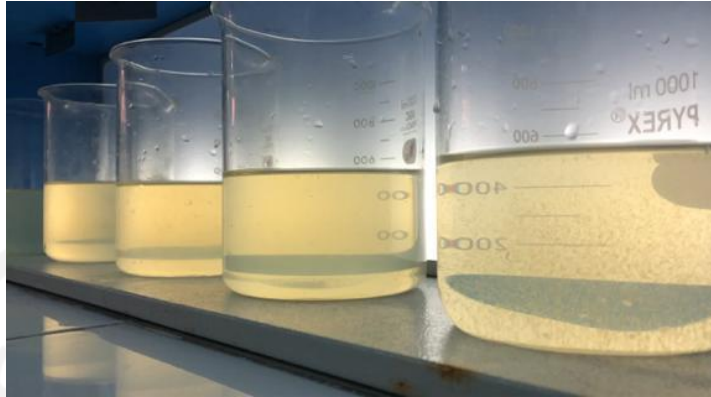


Proses Pembuatan Kitosan

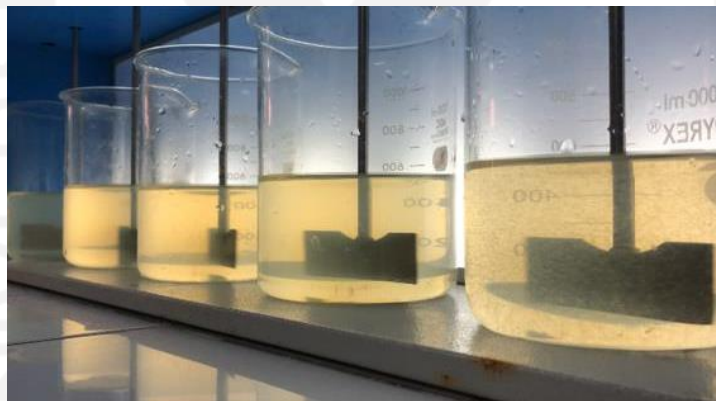


Penyaringan Serbuk Kitosan

3. Pengujian Koagulan

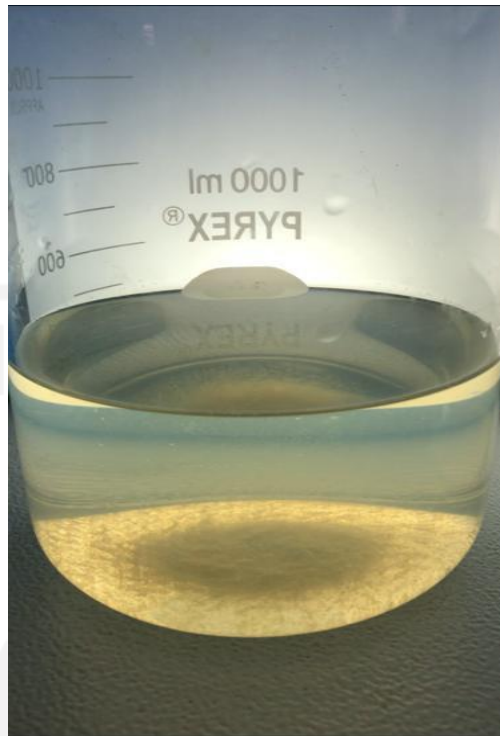


Proses Uji Koagulan dengan Metode *Jar Test*

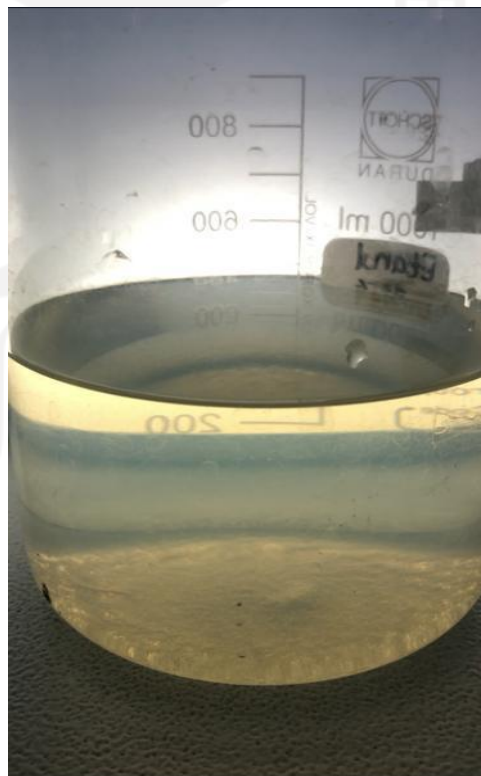


Proses Pengadukan Lambat

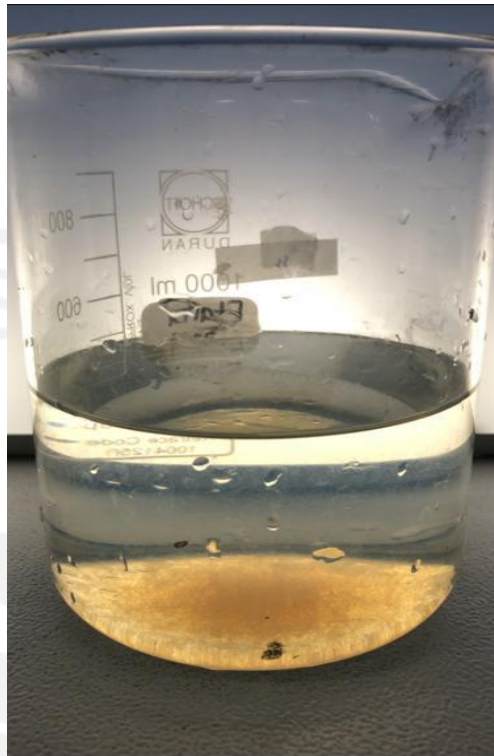
الجمهورية العربية السورية
الجامعة اللبنانية
الكلية الهندسية



Pembentukan Flok Koagulan Kitosan



Pembentukan Flok Koagulan Serbuk



Pembentukan Flok Koagulan Tawas

UNIVERSITAS
ESIA
الجمهورية الإسلامية البليزية

RIWAYAT HIDUP

Rahmalina Nur Zahra, lahir di Kota Surabaya Provinsi Jawa Timur pada tanggal 15 Mei 1999. Anak kedua dari dua bersaudara yang dilahirkan dari pasangan Ibu Rita Indah Hati dan Bapak Suffendy. Penulis menyelesaikan pendidikan di SD Muhammadiyah 7 Bandung pada tahun 2011, lalu melanjutkan pendidikan di SMPN 44 Bandung hingga tahun 2013. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMAN 23 Bandung hingga tahun 2017. Pada tahun 2017, penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi swasta yaitu Universitas Islam Indonesia, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Program Studi Teknik Lingkungan.

