TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN CANGKANG RAJUNGAN SEBAGAI KOAGULAN UNTUK PENJERNIH AIR

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

Arga Nayesya Amalia
13513081

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

2018

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN CANGKANG RAJUNGAN SEBAGAI KOAGULAN UNTUK PENJERNIH AIR

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

Disusun Oleh:

ARGA NAYESYA AMALIA

13513081

Disetujui :

Dosen Pembimbing I	**Dosen Pembimbing II**
Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES, Ph.D.	**Lutfia Isna Ardhayanti, S.Si., M.Sc.**
Tanggal :	**Tanggal :**

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan FTSP UII

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

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN CANGKANG RAJUNGAN SEBGAI KOAGULAN UNTUK PENJERNIH AIR

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

Disusun Oleh:

ARGA NAYESYA AMALIA

13513081

Disetujui

Penguji 1,

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., PhD.
Tanggal

Penguji 2,

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

Penguji 3,

Widodo, Dr.-Ing. Ir., M.Sc.
Tanggal:

PERNYATAAN

Dengan ini 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 saya gunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 24 Mei 2018

Yang membuat pernyataan,

Arga Nayesya Amalia

Nim : 13.513.081

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'allamin...

Dengan mengucapkan Syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, penulis telah diberi kemampuan untuk menyelesaikan penulisan proposal Tugas Akhir tentang **PEMANFAATAN CANGKANG RAJUNGAN SEBAGAI KOAGULAN UNTUK PENJERNIH AIR.**

Penyusunan laporan ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik bagi Mahasiswa Program S1 Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia .

Dalam penyusunan laporan ini penulis banyak mendapatkan semangat, dukungan, dorongan dan bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan kemudahan dalam menjalani dan menyelesaikan proposal tugas akhir ini.
2. Ketua Program Studi Teknik Lingkungan UII, Bapak Hudori S.T., M.T.
3. Koordinator Tugas Akhir, Bapak Supriyanto, S.T., M.Sc., M.Eng
4. Pembimbing Tugas Akhir**,** Bapak Eko Siswoyo, S.T, M.Sc, M.Sc.ES, PhD dan Ibu Lutfia Isna Ardhayanti, S.Si, M.Sc yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membantu dan membimbing, mengarahkan, mendukung, memberikan masukan kepada saya selama proses penelitian dan penyusunan laporan tugas akhir ini.
5. Papa dan Ibu serta adik yang senantiasa mendukung dan mendoakan saya untuk menyelesaikan proposal tugas akhir ini.

6. Kolega Muda (Mutia Apriliani, Zulfa Andriana, Hartiwi) yang selalu memberikan canda tawa, dukungan, solusi dan juga semangat dalam mengerjakan proposal ini. I love you girls!
7. Saudara-saudari seperjuangan di Jurusan Teknik Lingkungan UII Angkatan 13 yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu yang selalu memberi dukungan dan semangat dalam penyusunan proposal ini. I love you guys!
8. Metsy Septa Illahi yang dari awal proses penyusunan senantiasa menyemangati, mendukung serta memberikan solusi demi terselesaikannya proposal tugas akhir ini.
9. JVU crew dan Schulam yang sama sama sedang berjuang dengan Tugas Akhirnya yang senantiasa menyemangati dan saling mendukung.
10. Bangtan Oppa yang selalu memberikan tawa, tekad dan semangat untuk mengerjakan proposal Tugas Akhir ini, saranghae!
11. Pihak-pihak terkait yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan proposal ini masih banyak terdapat barbagai kekurangan. Oleh sebab itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi menyempurnakan proposal ini. Penulis berharap semoga proposal ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya dan dapat ditindak lanjuti dengan pengimplementasian saran.

Wassalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 24 Mei 2018

Arga Nayesya Amalia

DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....iii
KATA PENGANTAR.....iv
DAFTAR TABEL.....viii
DAFTAR GAMBAR.....xi
DAFTAR LAMPIRAN.....x
ABSTRAK.....xi
ABSTRACT.....xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....**1**
1.1 Latar Belakang.....1
1.2 Rumusan Masalah.....3
1.3 Tujuan Penelitian.....3
1.4 Manfaat Penelitian.....3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....**5**
2.1 Rajungan (*Portunus pelagicus)*.....5
2.2 Kitin dan Kitosan.....6
2.3 Proses Pembuatan Kitosan.....7
2.4 Koagulasi dan Flokulasi.....8
2.5 Koloid.....9
2.6 Jar Test.....9
BAB III METODE PENELITIAN.....**11**
3.1 Diagram Alir Penelitian.....11
3.2 Metode Pengumpulan Data.....12
3.3 Lokasi Penelitian.....12
3.4 Variabel.....12
3.5 Alat dan Bahan.....12
3.6 Cara Kerja.....13
3.6.1 Persiapan Limbah Cangkang Rajungan.....13
3.6.2 Pembuatan Kitosan.....14

3.6.3 Pengujian Koagulan Kitosan 16
3.7 Analisa Penelitian 20
3.7.1 Anaslisa Kekeruhan 20
3.7.2 Analisa Data dan Pembahasan 21

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 22
4.1 Penjelasan Umum 22
4.2 Transformasi Kitosan 23
4.3 Karakteristik Kitosan 24
4.3.1 *Scanning Electron Microscopy* (SEM) 24
4.3.2 *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) 25
4.4 Pengujian Koagulan 27
4.4.1 Penentuan Dosis Optimum Koagulan Terhadap Sampel Air Waduk Tambakboyo 27
4.4.2 Penentuan pH Optimum pada Dosis Optimum Koagulan 30
4.5 Perbandingan Hasil Koagulan 32

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 34

DAFTAR PUSTAKA 35

LAMPIRAN 39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Partikel yang Ditemukan dalam Pengolahan Air dan Ukurannya 9

Tabel 3.1 Pemberian Label Pada Tiap Sampel Uji 18

Tabel 4.1 Karakteristik Air Waduk Tambakboyo 22

Tabel 4.4 Hasil Rekapan Perbandingan Koagulan 32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagian-Bagian Rajungan.....5

Gambar 2.2 Struktur Kitin dan Kitosan 7

Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian 11

Gambar 3.2 Diagram Alir Persiapan Limbah Cangkang Rajungan 13

Gambar 3.3 Diagram Alir Tahap Demineralisasi 14

Gambar 3.4 Diagram Alir Tahap Deproteinasi 15

Gambar 3.5 Diagram Alir Tahap Deasetilasi 16

Gambar 3.6 Diagram Alir Penentuan Dosis Optimum dan Waktu Pengendapan.....17

Gambar 3.7 Diagram Alir Penentuan pH Optimum.....19

Gambar 4.1 Hasil Uji SEM dengan Pembesaran 5000 x (a) Serbuk Rajungan (b) Kitosan.....24

Gambar 4.2 Hasil Uji FTIR Serbuk Rajungan dan Kitosan.....26

Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian Dosis Optimum Koagulan 29

Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian pH Optimum dengan Dosis Koagulan Optimum.....31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Penelitian 39

Lampiran 2. Dokumentasi 41

Lampiran 3. Hasil SEM 44

Lampiran 4. Hasil FTIR 46

ABSTRAK

Aktivitas pengambilan daging rajungan oleh industri pengolahan rajungan menghasilkan limbah cangkang yang jumlahnya mencapai sekitar 40-60% dari total berat rajungan. Limbah cangkang rajungan masih mengandung berbagai senyawa kimia, diantaranya protein 30-40%; mineral ($CaCO_3$) 30-50%; dan kitin 20-30%. Kitin dapat diproses lebih lanjut menghasilkan kitosan yang mempunyai banyak manfaat di berbagai bidang, salah satunya sebagai koagulan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik cangkang rajungan dengan uji SEM dan FTIR serta kemampuannya sebagai koagulan dengan menentukan dosis optimum pada masing-masing koagulan dengan proses koagulasi-flokulasi (jartest). Percobaan ini menggunakan serbuk rajungan dan kitosan sebagai koagulan primer yang hasil pengujiannya dibandingkan dengan koagulan sintetik tawas. Sampel air yang digunakan pada percobaan ini diambil dari Waduk Tambakboyo, Yogyakarta. Hasil yang diperoleh yaitu serbuk rajungan sebanyak 50 mg/l mampu mengurangi 61% kekeruhan awal pada pH 6 dan kitosan sebanyak 150 mg/l mampu mengurangi 68% kekeruhan awal pada pH 4.

Kata Kunci: Cangkang Rajungan, Kitosan, Koagulasi Flokulasi, Pengolahan Air

ABSTRACT

Crab meat-taking activities by the crab processing industry produce crab shell waste reaching about 40-60% of the total weight of crabs. Crab shell waste still contains chemical compounds, 30-40% protein; minerals ($CaCO_3$) 30-50%; and chitin 20-30%. Chitin can be produced further as chitosan having many benefits in various fields, such as coagulant. The aim of current research are to know the characteristic of the crab shell with SEM and FTIR test and also the ability of crab shell as coagulant by determining the optimum dosage of each coagulant with coagulation-flocculation process (jartest). The research uses crab shell powder and chitosan as the primary coagulant whose test results are compared with the alum synthetic coagulant. Water samples that is used in the current research are taken from Tambakboyo Reservoir, Yogyakarta. The results show that 50 mg/l of crab shell powder can reduce 61% of initial turbidity at pH 6 and 150 mg/l chitosan can reduce 68% of initial turbidity at pH 4.

Key Words: *Crab Shell, Chitosan, Coagulation Floculation, Water Treatment*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan utama dan penting bagi manusia. Manusia menggunakan air untuk kebutuhan minum, rumah tangga, keperluan industri, dan lain-lain. Tanpa air, manusia dan makhluk hidup lainnya tidak dapat hidup. Waduk (embung) Tambakboyo merupakan waduk yang dibuat oleh Pemerintah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta sebagai cadangan dan resapan air tanah untuk warga Kabupaten Bantul, Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta, sebagai sarana pengairan, dan cadangan air untuk PDAM di masa mendatang. Namun dalam pengembangannya waduk ini sering digunakan sebagai sarana rekreasi atau wisata. Pemanfaatan Waduk Tambakboyo sebagai sarana rekreasi dan wisata membuat waduk ini sering dikunjungi banyak orang sehingga berpengaruh terhadap kondisi dan kualitas air waduk tambakboyo. Disamping itu, terdapat Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah yang berlokasi tepat di atas waduk dan pemukiman warga disekitar waduk yang menambah tingkat pencemaran air di Waduk Tambakboyo (Handayani, 2016).

Koagulasi dan flokulasi merupakan salah satu langkah pengolahan air keruh menjadi air bersih. Koagulasi adalah proses pengolahan air/limbah cair dengan cara mendestabilasi partikel-partikel koloid untuk memfasilitasi pertumbuhan partikel selama flokulasi dengan penambahan bubuk kimia (koagulan). Jenis koagulan yang sering digunakan dalam proses koagulasi ialah alum (tawas), sodium aluminat, ferri sulfat dan *Polyalumunium Chlorida* (PAC). Dalam penggunaannya koagulan bahan kimia tersebut memiliki dampak negatif bagi lingkungan, salah satunya memproduksi lumpur dengan volume yang besar. oleh karena itu diperlukan suatu koagulan yang tidak menghasilkan dampak negatif bagi lingkungan. Salah satunya ialah koagulan dari bahan alami. Pada koagulan alami ini mengandung polimer organik atau biasa disebut biopolimer yang diproduksi atau diambil dari hewan, jaringan tanaman dan mikroorganisme.

Biopolimer ini tidak beracun bagi kesehatan manusia dan dapat terurai secara alami. Penggunaannya sebagai koagulan lebih bermanfaat karena efisien dalam dosis rendah dan mengurangi volume lumpur. Beberapa jenis tanaman yang telah diteliti berpotensi sebagai koagulan alami (biokuagulan) yaitu biji kelor (*Moringa oleifera*) (Putra, dkk. 2013) dan biji asam jawa (*Tamarindus indica L.*) (Enrico, 2008). Bahan yang akan digunakan sebagai koagulan alami (biokoagulan) dalam penelitian ini adalah kitosan yang terdapat pada cangkang rajungan (Risdianto, 2007; Zemmouri, 2013).

Aktivitas pengambilan daging rajungan oleh industri pengolahan rajungan, menghasilkan limbah kulit keras (cangkang) cukup banyak yang jumlahnya dapat mencapai sekitar 40-60% dari total berat rajungan. Padahal limbah cangkang rajungan masih mengandung senyawa kimia cukup banyak, diantaranya protein 30-40%; mineral (CaCO3) 30-50%; dan kitin 20-30%. Menurut data Departemen Kelautan dan Perikanan 2003, limbah kitin yang belum dimanfaatkan mencapai 56.200 metrik ton per tahun. Menurut Multazam (2002). Dalam satu ekor rajungan menghasilkan limbah proses yang terdiri dari 57% cangkang, 3% *body reject* dan 20% air rebusan. Pada rajungan dengan bobot 100-350 gram, menghasilkan limbah cangkang rajungan antara 51-150 gram. Jika produksi rajungan mencapai 600 kg/hari maka limbah cangkang yang dihasilkan sebanyak 350 kg. Kitin yang terkandung dalam cangkang rajungan dapat diproses lebih lanjut menghasilkan kitosan. Kitosan adalah senyawa polimer turunan kitin yang telah dihilangkan gugus asetilnya menyisakan gugus amina bebas. Kitosan merupakan biopolimer yang bersifat polikationik sehingga banyak digunakan diberbagai industri kimia, antara lain dipakai sebagai koagulan dalam pengolahan air limbah, bahan pelembab, pelapis benih yang akan ditanam, adsorben ion logam, anti kanker/tumor, anti kolesterol, komponen tambahan pakan ternak, lensa kontak, pelarut lemak dan pengawet makanan. Kitosan memiliki kemampuan sebagai koagulan karena memiliki banyak kandungan nitrogen pada gugus amina nya. Gugus amina dan hidroksil menjadikan kitosan bersifat lebih aktif dan bersifat polikationik, sifat tersebut dimanfaatkan sebagai koagulan dalam

pengolahan air gambut yang dapat menyerap logam Fe lebih besar dibandingkan dengan PAC (Rahayu & Purnavita, 2007; Setiawan, 2011; Hargono. et al., 2008).

Pada penilitian sebelumnya, kitosan cangkang rajungan dijadikan sebagai biokoagulan untuk penjernih air Sungai Kalimalang (Setiawan, 2011), sebagai koagulan alami dalam perbaikan kualitas air danau (Hendrawati & Sumarni, 2015), sebagai pengolahan air di Dam Beni-Amrane (Zemmouri, et al., 2013), sebagai koagulan alami penjernihan air sumur di Desa Tanjung Ibus, Kecamatan Secanggang, Kabupaten Langkat (Sari, et al. 2014), sebagai pereduksi kolesterol lemak kambing (Hargono, et al., 2008) serta sebagai adsorben ion logam berat (Rahayu & Purnavita, 2007). Maka dari itu penelitian ini dilakukan untuk melihat kemampuan cangkang rajungan sebagai koagulan untuk menurunkan kadar kekeruhan air.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibuat maka rumusan masalah yang akan diteliti ialah bagaimana kemampuan cangkang rajungan sebagai koagulan dalam menurunkan kadar kekeruhan air.

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Mengidentifikasi kemampuan dan karakteristik cangkang rajungan sebagai koagulan dalam menurunkan kadar kekeruhan air.
2. Mengetahui dosis optimum cangkang rajungan sebagai koagulan dalam menurunkan kadar kekeruhan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini meliputi:

1. Mahasiswa mampu memberikan manfaat lain dari cangkang rajungan.
2. Mahasiswa mampu memberikan solusi mengenai alternatif penggunaan koagulan dalam pengolahan air.

3. Agar dapat diaplikasikan pada proses pembelajaran praktikum teknik pengolahan air di Laboratorium Kualitas Lingkungan UII.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Untuk memudahkan pelaksanaan penelitian digunakan ruang lingkup sebagai berikut:

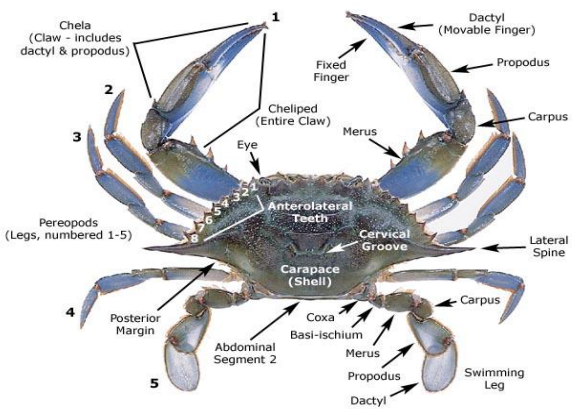
1. Air sampel yang diuji kekeruhanya adalah air waduk tambakboyo.
2. Penelitian masih sebatas pengujian laboratorium dengan menggunakan *jartest* dan dilakukan pada suhu kamar.
3. Penelitian ini menggunakan tiga macam koagulan yaitu:
   Koagulan primer yaitu serbuk dan kitosan cangkang rajungan serta koagulan sintetik berupa tawas.
4. Variabel-variabel yang diamati dalam penelitian ini meliputi:
   - Ukuran partikel cangkang rajungan yang dijadikan koagulan yaitu 200 mesh.
   - pH air sampel : 4, 5, 6, 8 dan 9
   - Kecepatan pengadukan : pengadukan cepat 120 rpm selama 1 menit dan pengadukan lambat 60 rpm selama 10 menit.
   - Penggunaan dosis (mg/l) untuk semua koagulan dalam menentukan dosis optimum awal adalah 50, 75, 100, 150, dan 250 (mg/l)
   - Penggunaan dosis (mg/l) koagulan serbuk cangkang rajungan dan tawas dalam menentukan pH optimum yaitu 50 mg/l sedangkan untuk koagulan kitosan sebesar 150 mg/l
   - Parameter uji adalah *turbiditas* (NTU)
   - Kondisi optimum dipilih berdasarkan hasil penyisihan kekeruhan yang paling maksimal.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Rajungan (*Portunus pelagicus*)

Rajungan merupakan salah satu komoditas perikanan yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi. Rajungan berbeda dengan kepiting dimana bentuk dan ukuran karapasnya berbeda. Rajungan memiliki karapas dan duri cangkang yang relatif lebih panjang dibanding dengan kepiting bakau. Selain itu rajungan memiliki lebih banyak warna dibanding kepiting bakau. Rajungan jantan memiliki warna biru dan bercak-bercak putih pada cangkangnya, sedangkan rajungan betina memiliki warna hijau kecoklatan dengan bercak-bercak putih kotor (Yanuar, 2008)

Cangkang merupakan bagian terkeras dari semua komponen rajungan. Cangkang rajungan tersusun atas beberapa lapisan. Lapisan penyusun cangkang rajungan disebut *kutikula.* Lapisan paling luar dari kutikula disebut sebagai *epikutikula.* Lapisan dibawah epikutikula disebut prokutikula. lapisan prokutikula tersusun dari kitin, protein dan garam kalsium. Dalam lapisan prokutikula terdiri atas dua lapisan yaitu lapisan *preecdysal procuticle dan postecdysial procuticle.* Lapisan *postecdysial procuticle* terdiri dari dua lapisan yaitu *principal layer* dan *membranous layer.* Sedangkan lapisan dibawah prokutikula disebut lapisan epidermis. Pada umumnya cangkang rajungan mengandung 20-30% kitin, 30-40% protein, 30-50% mineral ($CaCO_3$) serta sedikit $MgCO_3$ dan pigmen *astaxanthin* (Martati, et al., 2002).

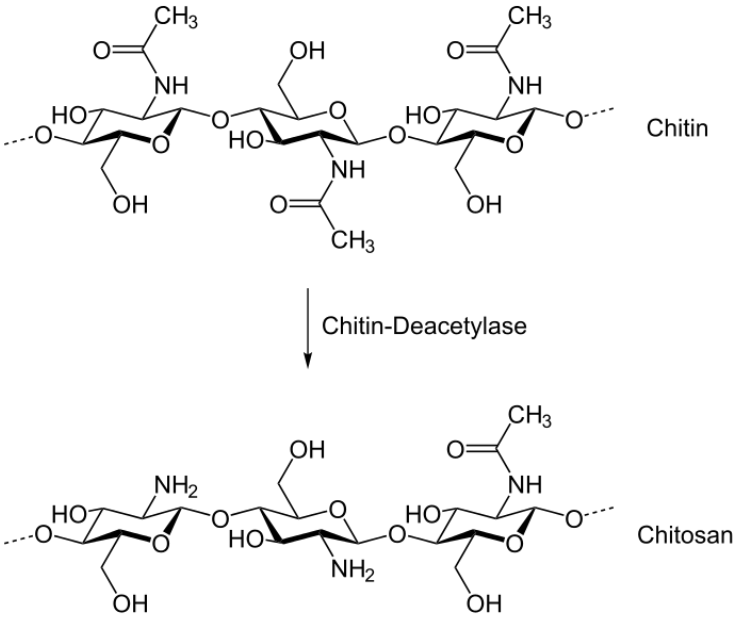


Gambar 2.1. Bagian-Bagian Rajungan

2.2. Kitin dan Kitosan

Kitin $(C_8H_{13}NO_5)_n$ merupakan biopolimer dari unit N-asetil-D-glukosamin yang saling berikatan dengan ikatan β(1→4). Strukturnya sangat mirip dengan selulosa kecuali pada gugus asetamido diganti dengan gugus hidroksil pada atom karbon kedua. Polimer kitin berbentuk mikrofibril berdiameter sekitar 3 nm yang distabilkan oleh ikatan hidrogen antara gugus amina dan karboksil. Kitin adalah kristal amorphous berwarna putih, tidak berasa, tidak berbau, dan tidak dapat larut dalam air, pelarut organik umumnya, asam-asam anorganik dan basa encer. Sumber kitin yang sangat potensial adalah kerangka luar *crustacea* (seperti udang, kepiting, rajungan, dan lobster), serangga, dinding yeast dan jamur, serta *mollusca.* Di alam kitin merupakan senyawa yang tidak berdiri sendiri namun bergabung dnegan senyawa yang lain. Pada *crustacea,* kitin bergabung dengan protein, garam anorganik ($CaCO_3$) dan pigmen (Mohadi, et al. 2014; Fernando, et al, 2016)

Kitosan adalah kitin yang telah dihilangkan gugus asetilnya menyisakan gugus amina bebas yaitu Beta-(1,4)-N-asetil-D-Glukosamin dan Beta-(1,4)-D-glukosamin. Biopolimer D-glukosamin dihasilkan dari proses deasetilasi kitin menggunakan alkali kuat. Kitosan bersifat sebagai polimer kationik yang tidak dapat larut dalam air dan larutan alkali dengan pH diatas 6,5. Kitosan mudah larut dalam asam organik seperti asam fosmiat, asam asetat dan asam nitrat. Dengan sifat polikationiknya kitosan telah banyak dimanfaatkan, salah satunya sebagai koagulan. Kitosan dapat dijadikan koagulan karena memiliki banyak kandungan nitrogen pada gugus aminanya. Gugus amina dan hidroksil menjadikan kitosan bersifat lebih reaktif. Pada penanganan limbah cair, kitosan berperan sebagai *chelating agent* yang dapat menyerap logam beracun seperti merkuri, timah, tembaga dan kobalt. Kitosan juga memiliki sifat lainnya biopolimer, *biodegradable*, memiliki daya antimikroba dan tidak toksik. Oleh karena sifat-sifatnya tersebut kitosan mudah dibentuk menjadi spons, larutan, gel, pasta, membran, dan serat yang sangat bermanfaat dalam berbagai macam aplikasi (Rochima, 2014; Sari, et al. 2013; Setiawan, 2011).



Gambar 2.2. Struktur Kitin dan Kitosan

2.3. Proses Pembuatan Kitosan

Pengolahan cangkang rajungan menjadi kitosan dapat dilakukan melalui 3 proses yaitu demineralisasi, deproteinasi dan deasetilasi (Setiawan, 2011)

1. Demineralisasi

   Proses demineralisasi merupakan tahap penghilangan mineral, yaitu kalsium karbonat ($CaCO_3$) yang terkandung di dalam serbuk cangkang rajungan dengan menggunakan larutan HCl yang kemudian dipanaskan dan setelah dingin disaring untuk mendapatkan endapannya. Hasil endapan yang diperoleh dibilas dengan aquades lalu dikeringkan.

2. Deproteinasi

   Hasil dari proses demineralisasi kemudian dilanjutkan pada proses deproteinasi. Pada tahap ini protein dihilangkan dari serbuk cangkang rajungan. Proses deproteinasi menggunakan larutan NaOH sebagai pereaksinya. Larutan kemudian dipanaskan dan setelah dingin disaring untuk mendapatkan endapannya. Hasil endapan yang diperoleh dibilas dengan aquades lalu dikeringkan. Serbuk cangkang yang telah mengalami proses penghilangan mineral dan protein disebut dengan kitin. Urutan tahapan

demineralisasi-deproteinasi dapat ditukar menjadi deproteinasi-demineralisasi. Namun berdasarkan penelitian Alamsyah (2007) menyatakan bahwa melalui tahap demineralisasi-deproteinasi dapat menghasilkan rendemen yang lebih banyak dibanding dengan tahap deproteinasi-demineralisasi. Hal ini dikarenakan mineral membentuk pelindung yang keras pada kulit cangkang rajungan. Pada umumnya mineral lebih keras daripada protein sehingga dengan menghilangkan mineralnya terlebih dahulu maka pada tahap deproteinasi basa dapat lebih optimal untuk menghilngkan protein.

3. Deasetilasi

Kitin yang telah diperoleh kemudian masuk pada tahap deasetilasi. Pada tahap ini kitin diubah menjadi kitosan dengan menghilangkan gugus asetilnya menggunakan basa kuat NaOH. Saat pencampuran dengan larutan NaOH terjadi adisi OH^- pada amida kemudian terjadi eliminasi gugus $COCH_3^-$ sehingga terbentuklah gugus NH_2 yang berikatan dengan polimer kitin. Senyawa inilah disebut dengan kitosan (Mekawati, 2000).

2.4. Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi dan flokulasi merupakan proses kimia untuk menghilangkan bahan pencemar yang tersuspensi ataupun pencemar dalam bentuk koloid dalam air. Pada proses koagulasi dan flokulasi ada penambahan bahan koagulan yang bersifat sebagai pengikat partikel pencemar didalam air. Koagulan dapat berupa garam-garam logam (anorganik) atau polimer (organik). Koagulan anorganik mencakup bahan-bahan kimia umum berbasis alumunium dan besi sedangkan koagulan polimer dapat berupa kationik yang kationik (bermuatan positif), anionik (bermuatan negatif) dan nonionik (bermuatan netral) (Gebbie, 2005).

Koagulasi didefinisinikan sebagai proses destabilisasi muatan koloid padatan tersuspensi termasuk bakteri dan virus, dengan suatu koagulan sehingga akan terbentuk flok-flok halus yang dapat diendapkan. Pengadukan cepat (*flash mixing)* merupakan bagian integral dari proses koagulasi. Tujuan dari pengadukan cepat ini adalah untuk mempercepat dan menyeragamkan penyebaran zat kimia melalui air yang diolah. Sedangkan flokulasi merupakan pengadukan lambat (*slow*

mixing) yang dapat membentuk flok-flok yang berukuran lebih besar sehingga pengendapan dapat berlangsung dengan cepat. Koagulasi dan flokulasi yang efektif terjadi pada selang pH tertentu. Ketika koagulan direaksikan dengan air limbah, partikel-partikel koloid yang terdapat dalam limbah akan membentuk agregasi atau penggabungan partikel kecil untuk membentuk partikel yang lebih besar, sebagai akibat dari adanya perbedaan muatan antara partikel koloid dengan koagulan (Mucci et al., 2017; Saritha et al., 2015).

2.5. Koloid

Pada umumnya air mengandung padatan tersuspensi seperti pasir, tanah, bakteri, virus, material organik dan material partikulat lain. Sebagian dari partkel ini dapat menyebabkan permasalahan pada pengolahan air. Ada beberapa variasi ukuran partikulat yang ada di air permukaan. Partikel yang ukurannya lebih besar dari 1 µm umumnya akan mengendap dengan sendirinya pada kondisi air yang tenang. Sebaliknya partikel yang ukurannya lebih kecil tidak akan mengendap secara cepat. Partikel yang menyusun suspense ini disebut sebagai koloid. Berikut partikel-partikel yang terdapat didalam air dan ukurannya;

Tabel 2.1. Partikel yang Ditemukan dalam Pengolahan Air dan Ukurannya

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

Sumber: Qasim (2000)

2.6. Jar Test

Jar test adalah rangkaian uji untuk mengevaluasi proses-proses koagulasi dan flokulasi serta menentukan dosis pemakaian bahan kimia. Pada pengolahan air bersih atau air limbah dengan proses kimia selalu dibutuhkan bahan kimia

tertentu untuk menurunkan kadar polutan yang ada didalam air atau air limbah. Penambahan bahan kimia tidak dapat dilakukan sembarangan, harus dengan dosis yang tepat dan bahan kimia yang cocok serta harus memperhatikan pHnya. Sehingga jartest bertujuan untuk mengoptimalkan pengurangan polutan dengan:

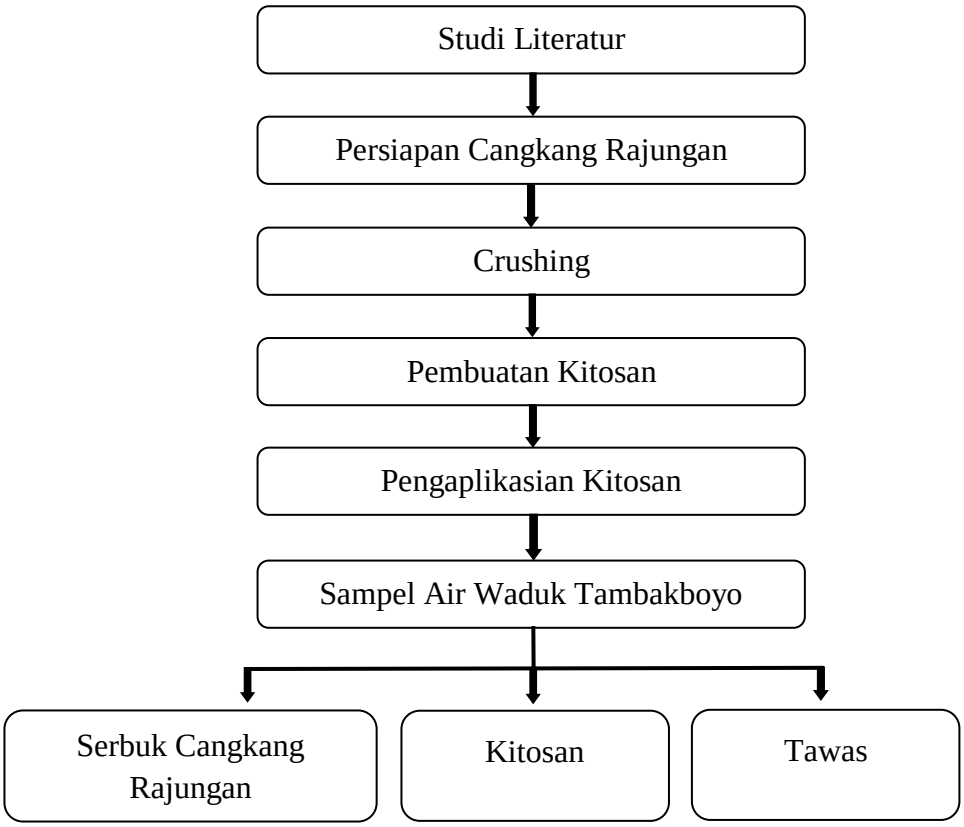
a. Mengevaluasi koagulan dan flokulan
b. Menentukan dosis bahan kimia
c. Mencari pH yang optimal

Pada proses koagulasi, jartest digunakan untuk mencari bahan kimia apa yang cocok untuk air limbah tertentu serta dosis yang dibutuhkan untuk memperoleh hasil yang optimal. Proses koagulasi dilakukan dengan pengadukan cepat untuk mempercepat dan menyeragamkan penyebaran zat kimia melalui air yang diolah. Pengadukan cepat hanya dilakukan sebentar saja ± 30-60 detik (Risdianto, 2007).

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar penelitian ini akan dilakukan dengan memanfaatkan kitosan dari cangkang rajungan (*Portunus pelagicus*) sebagai koagulan untuk penjernih air di Waduk Tambakboyo, dengan diagram alir secara keseluruhan sebagai berikut;



Gambar 3.1. Diagram Alir Metode Penelitian

3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data diperoleh dari pengujian di laboratorium yaitu dengan pengujian variasi dosis koagulan dan variasi pH pada sampel air. Dilanjutkan metode pengolahan data yang didapat dengan melakukan analisis sebelum didapatkan kesimpulan.

3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di tiga tempat. Lokasi pertama yaitu lokasi pengambilan cangkang rajungan berada di TPI Tambak Lorok, Kota Semarang. Lokasi kedua yaitu lokasi pengambilan sampel air yang berada di Waduk Tambakboyo, Condong Catur, Depok, Kab. Sleman. Dan lokasi ketiga yaitu lokasi pembuatan dan pengujian kitosan yang dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.

3.4 Variabel

Variabel penelitian ini meliputi:

1. Serbuk Cangkang Rajungan 41 gram (ukuran partikel 200 mesh) dengan berat awal cangkang rajungan ± 1 kg.
2. Sampel Air : Air Waduk Tambakboyo.
3. Dosis Kitosan : 50, 75, 100, 150, dan 250 (mg/L).
4. pH : 4, 5, 6, 8, dan 9.
5. Tawas

3.5 Alat dan Bahan

1. Alat yang digunakan

   Jar-test, beaker glass, gelas ukur, labu ukur, turbidimeter, pipet volume, karet hisap, kertas saring, erlenmeyer, ayakan 200 mesh, pH meter, pH universal, timbangan digital, hotplate, corong, kaca arloji, *magnetic stirrer.*

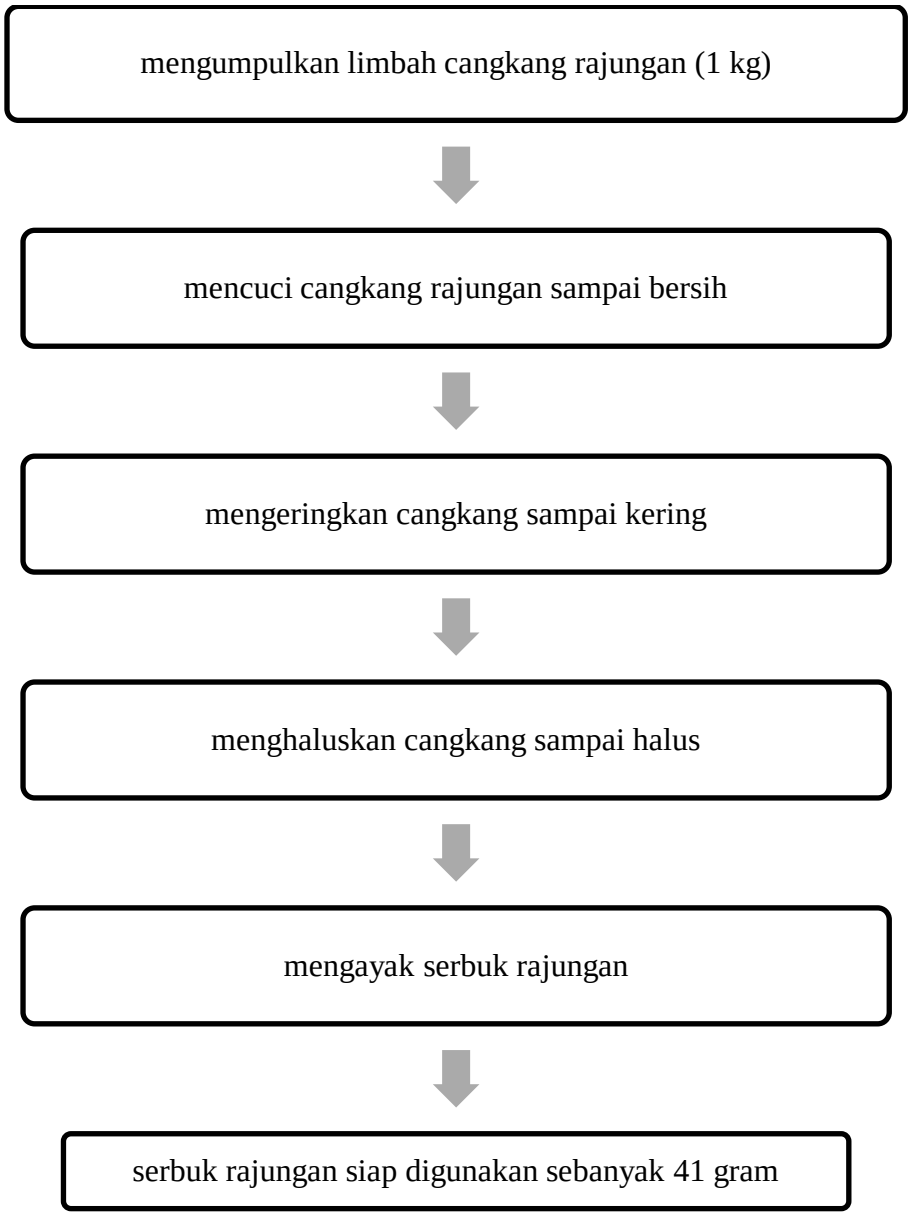
2. Bahan yang digunakan

   Limbah cangkang rajungan sebelum dihaluskan sebanyak ± 1kg dan setelah dihaluskan dan disaring sebanyak 41 gram, tawas, sampel air waduk tambakboyo, larutan HCl 1 N, larutan NaOH 1 N, larutan NaOH 50% dan aquades.

3.6 Cara Kerja

3.6.1 Persiapan Limbah Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus)*

Limbah cangkang rajungan yang digunakan diambil dari TPI Tambak Lorok, Kota Semarang. Adapun langkah cara membuat limbah cangkang rajungan menjadi serbuk seperti terlihat pada gambar 3.2 :



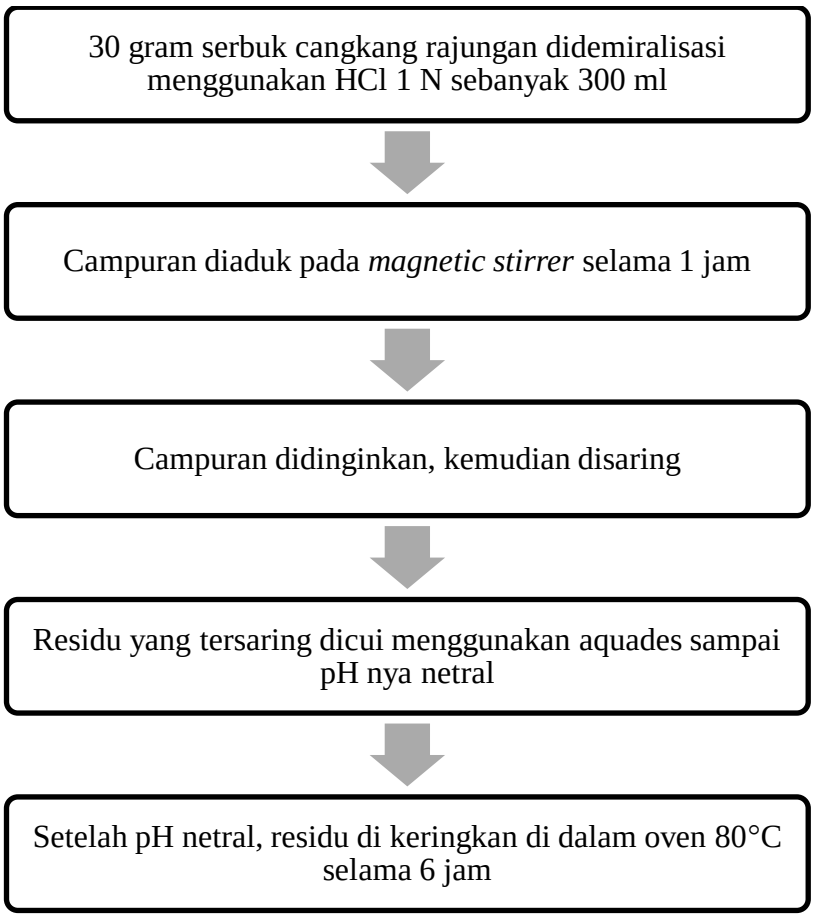
Gambar 3.2. Diagram Alir Persiapan Limbah Cangkang Rajungan

3.6.2. Pembuatan Kitosan

Proses pembuatan kitosan pada penelitian ini terdiri dari 3 tahap, yaitu demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kualitas dari ekstraksi kitin adalah pada tahapan proses, yaitu tahapan deproteinasi-demineralisasi serta kondisi proses dari setiap tahap (lama proses pengolahan, suhu, konsentrasi zat kimia, dan pH) (Laila dan Hendri, 2008).

1. Tahap Demineralisasi

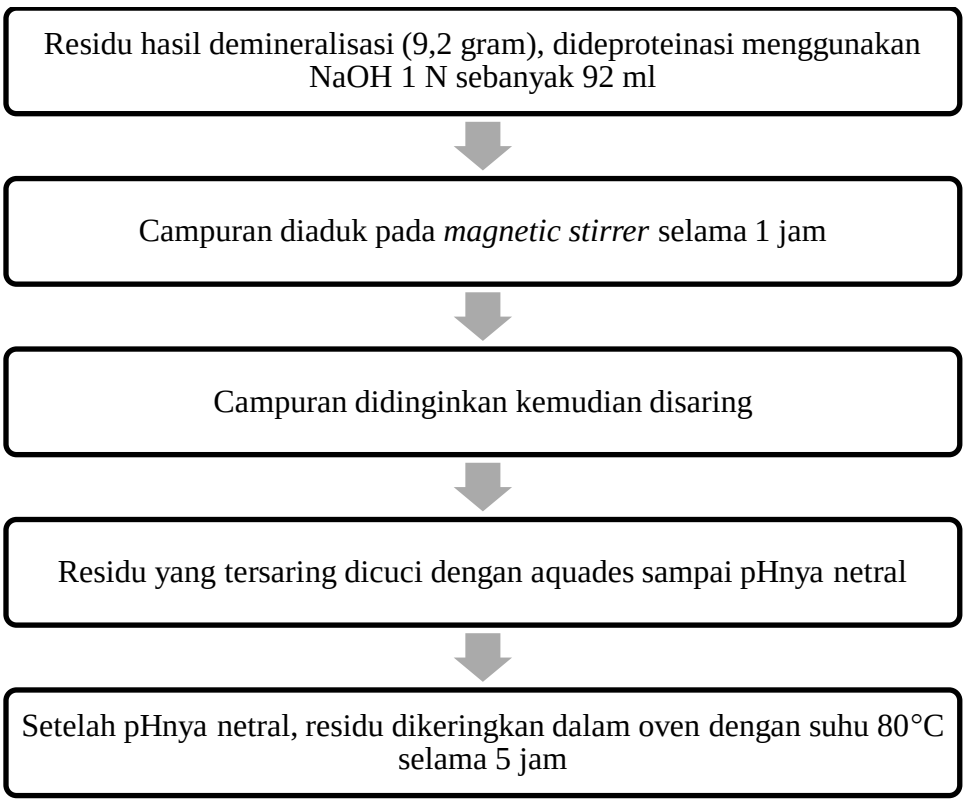
   Tahap demineralisasi bertujuan untuk menghilangkan kandungan mineral dalam cangkang rajungan dengan penambahan larutan asam klorida (HCl). Jumlah serbuk cangkang rajungan yang akan didemineralisasi sebanyak 30 gram. Tahapan demineralisasi dapat dilihat pada bagan berikut:



Gambar 3.3. Diagram Alir Tahap Demiralisasi

2. Tahap Deproteinasi

Tahap deproteinasi bertujuan untuk menghilangkan kandungan protein pada serbuk cangkang rajungan. Tujuan penghilangan protein ini adalah agar bahan tidak mengalami pembusukan. Jumlah serbuk cangkang rajungan yang akan dideproteinasi sebanyak 9,2 gram. Tahapan deproteinasi dapat dilihat pada bagan berikut:



Gambar 3.4. Diagram Alir Tahap Deproteinasi

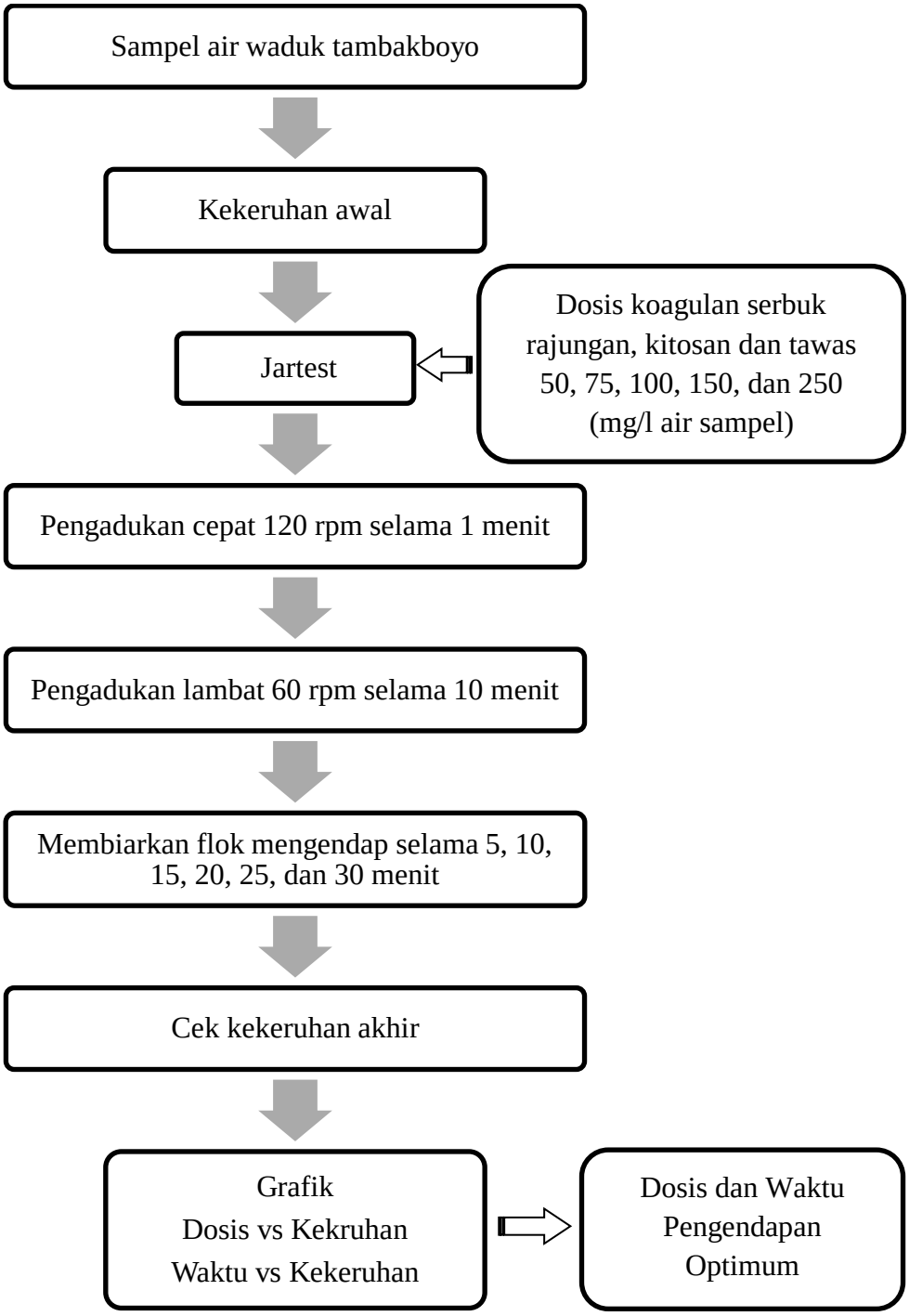
3. Tahap Deasetilasi

Tahap Deasetilasi bertujuan untuk menghilangkan gugus asetil dari kitin dengan pemanasan dalam larutan alkali berkonsentrasi kuat. Larutan yang digunakan dalam proses deasetilasi adalah NaOH 50%. Tahapan proses deasetilasi dapat dilihat pada bagan berikut:

Gambar 3.5 Diagram Alir Tahap Deasetilasi

3.6.3 Pengujian Koagulan Kitosan

1. Pengaruh dosis koagulan dan variasi waktu pengendapan koagulan bubuk rajungan, koagulan kitosan dan koagulan tawas terhadap kekeruhan air waduk tambakboyo pada proses koagulasi dan flokulasi dapat dilihat pada bagan berikut:



Gambar 3.6. Diagram Alir Penentuan Dosis Optimum dan Waktu Pengendapan Optimum

Prosedur pada proses penentuan dosis dan lama waktu pengendapan optimum koagulan bubuk rajungan, kitosan dan tawas terhadap kekeruhan pada air waduk

tambakboyo dengan proses koagulasi dan flokulasi dengan menggunakan jartest adalah sebagai berikut:

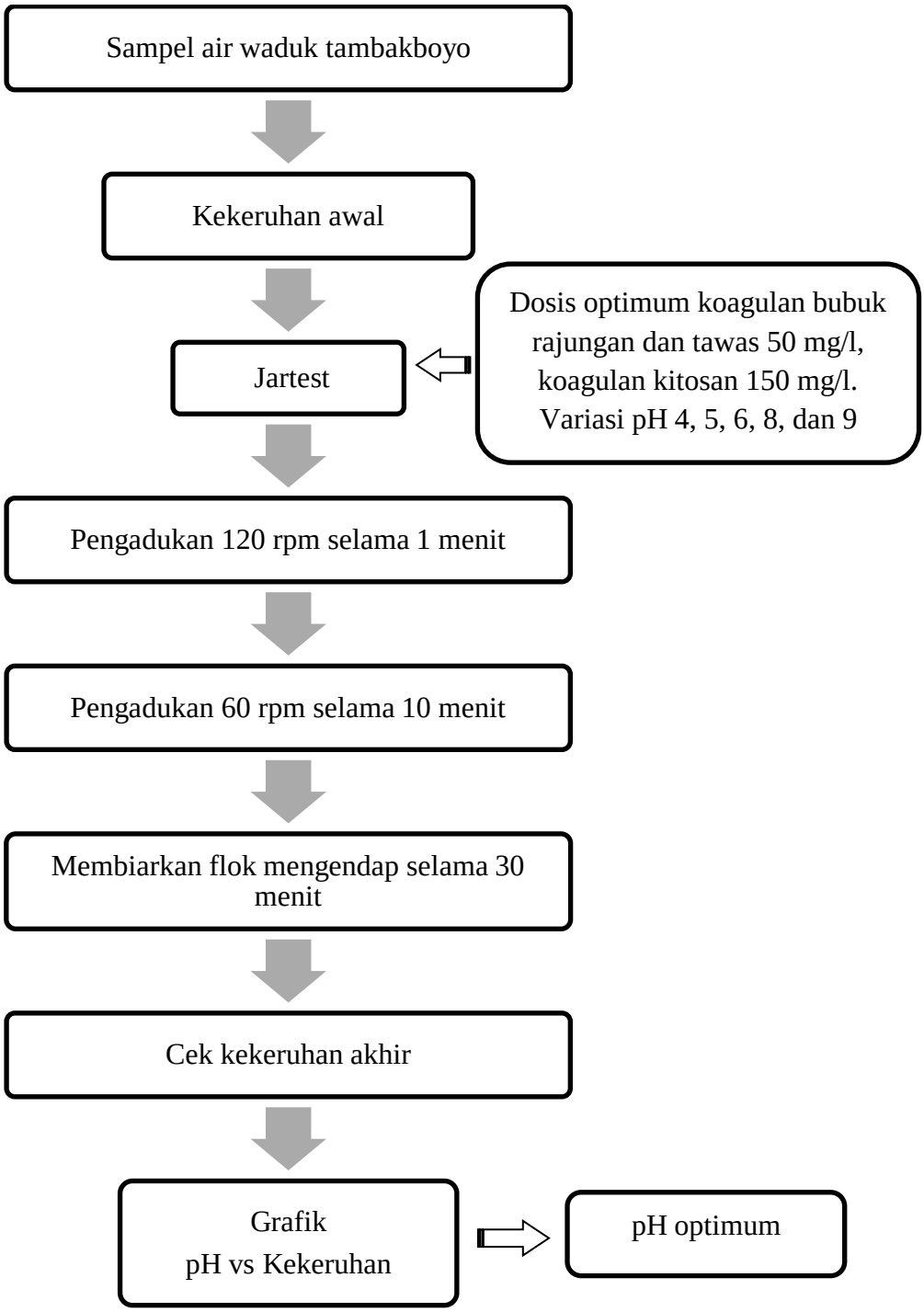
1. Siapkan 200 ml air sampel ke dalam masing-masing *beaker glass* ukuran 500 ml dan diberi label tiap *beaker glass*.

Tabel 3.1. Pemberian label pada tiap sampel uji

Volume sampel (ml)	Kode Sampel			Variasi Dosis (mg/l)
	Serbuk Rajungan	**Kitosan**	**Tawas**	
200	SR 1	K 1	T 1	50
200	SR 2	K 2	T 2	75
200	SR 3	K 3	T 3	100
200	SR 4	K 4	T 4	150
200	SR 5	K 5	T 5	250

2. Setelah diberi label, sampel air diuji kekeruhan awalnya.
3. Bubuhkan koagulan bubuk rajungan, kitosan dan tawas sesuai dengan label yang diberikan.
4. Uji Jartest, pengadukan cepat 120 rpm selama 1 menit dan pengadukan lambat 60 rpm selama 10 menit.
5. Sampel diendapkan selama 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 menit dan diukur kekeruhan akhir.
6. Buat grafik dan pilih dosis dan waktu pengendapan optimumnya.

2. Pengaruh variasi pH sesuai dengan dosis optimum pada koagulan bubuk rajungan, kitosan dan tawas terhadap kekeruhan air waduk tambakboyo pada proses koagulasi dan flokulasi dapat dilihat pada bagan berikut:



Gambar 3.7 Diagram Alir Penentuan pH Optimum

Prosedur penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi pH sesuai dosis optimum pada koagulan bubuk rajungan, kitosan dan tawas terhadap kekeruhan pada air waduk tambakboyo dengan proses koagulasi dan flokulasi dengan menggunakan jartest adalah sebagai berikut:

1. Siapkan 200 ml air sampel ke dalam masing-masing *beaker glass* ukuran 500 ml dan diberi label tiap *beaker glass*.
2. Mengatur pH sesuai dengan pH yang akan diteliti yaitu; 4, 5, 6, 8, dan 9. Untuk menjadikan sampel air dalam kondisi pH asam ditambahkan larutan HCl 1 N dan larutan NaOH 3% untuk menjadikan sampel air dalam kondisi basa.
3. Sampel air yang telah diatur pH nya kemudian ditambahkan koagulan bubuk rajungan dan tawas dengan dosis 50 mg/l dan koagulan kitosan dengan dosis 150 mg/l
4. Uji Jartest, pengadukan cepat 120 rpm selama 1 menit dan pengadukan lambat 60 rpm selama 10 menit.
5. Sampel diendapkan selama 30 menit dan diukur kekeruhan akhirnya.
6. Buat grafik dan pilih pH optimum.

3.7 Analisa Penelitian

Analisa penelitian ini meliputi analisa pengujian kekeruhan maupun analisa setelah pengujian yaitu analisa data dan pembahasan dengan mengetahui rumus removal dari tiap – tiap koagulan.

3.7.1 Analisa Kekeruhan

Untuk mengetahui nilai kekeruhan maka diperlukan analisis di laboratorium. Analisis kekeruhan dilakukan dengan menggunakan turbidimeter. Adapun langkah cara pengujian parameter kekeruhan dengan turbidimeter:

1. Ambil botol cuvet lalu bilas dengan aquades dibagian dalam dan luar botol cuvet.
2. Keringkan botol cuvet dengan menggunakan tisu.
3. Ambil sampel air dengan pipet volume 10 ml.

4. Masukkan sampel air kedalam botol cuvet sampai tanda batas yang telah ditentukan.
5. Kemudian botol cuvet dimasukkan dalam turbidimeter.
6. Tekan tombol *on/off* pada alat turbidimter.
7. Tekan tombol *READ* untuk melakukan pembacaan kekeruhan.
8. Tunggu beberapa detik hingga muncul nilai kekeruhan pada LCD turbidimeter.

3.7.2 Analisa Data dan Pembahasan.

Analisa data dan pembahasan dilakukan dengan mengambil data yang telah diperoleh dari hasil uji kekeruhan. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui tingkat removal dan persentase penurunan kekeruhan sampel air setelah diberi koagulan.

Besarnya removal atau persentase penurunan kekeruhan dapat diketahui menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Persentase\ Penurunan = \frac{A - B \times 100\ \%}{A}$$

Dimana;

A = Nilai kekeruhan awal sebelum pengolahan (NTU)

B = Nilai kekeruhan akhir setelah pengolahan (NTU)

Nilai removal atau persentase penurunan yang telah didapat kemudian dibuat grafik dan tabel sehingga dapat diketahui seberapa besar setiap dosis dan pH dapat menurunkan masing-masing parameter.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penjelasan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan cangkang rajungan sebagai koagulan penjernih air untuk menurunkan kadar kekeruhan dalam air waduk tambakboyo. Lokasi Waduk Tambkaboyo lebih tepatnya berada di Dusun Tambak Boyo. Waduk Tambakboyo berfungsi sebagai cadangan dan resapan air tanah untuk warga Kabupaten Bantul, Kabupaten Sleman dan Kotamadya Yogyakarta. Selain itu Waduk Tambakboyo juga berfungsi sebagai sarana pengairan dan cadangan air untuk PDAM di masa mendatang. Namun dalam pengembangannya waduk ini sering digunakan sebagai sarana rekreasi dan wisata. Pemanfaatan Waduk Tambakboyo sebagai sarana rekreasi dan wisata membuat banyak orang datang ke Waduk Tambkaboyo. Hal ini berpengaruh terhadap kondisi dan kualitas air di waduk tersebut. Air di Waduk Tambakboyo memiliki kekeruhan sebesar 2,45 NTU. Cangkang rajungan didapat dari Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Tambak Lorok, Kota Semarang. Cangkang rajungan yang diambil di TPI Tambak Lorok sebanyak ± 1 kilogram. Karakteristik air waduk tambakboyo sebelum diberi koagulan kitosan rajungan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Karakteristik air waduk tambakboyo

Parameter	X
T (°C)	28
pH	7,49 ± 0,1
Kekeruhan (NTU)	2,45 ± 0,1

4.2 Transformasi Kitosan

Penggunaan cangkang rajungan sebagai koagulan didahului dengan proses pembuatan menjadi serbuk yang lolos saringan nomor 200 mesh. Jumlah serbuk cangkang rajungan yang didapat setelah disaring hingga berukuran 200 mesh dari limbah rajungan sebanyak ± 1 kg adalah sebanyak 41 gram. Serbuk cangkang

rajungan selanjutnya dibagi menjadi 2 yaitu serbuk rajungan sebanyak 11 gram dan kitosan sebanyak 30 gram. Proses pembuatan kitin dilakukan melalui proses demineralisasi dan deproteinasi, kemudia kitosan didapat melalui proses deasetilasi.

Proses demineralisasi dilakukan untuk menghilangkan mineral yang terkandung dalam cangkang rajungan. Pada tahap demineralisasi serbuk cangkang rajungan dicampurkan dengan HCl 1 N. Mineral yang terkandung dalam cangkang rajungan adalah kalsium karbonat ($CaCO_3$) dan sedikit $Ca_3(PO_4)_2$ yang mana mudah hilang saat penambahan HCl dan dapat menghasilkan kitin dengan kandungan mineral yang lebih rendah (Ruswanti, et.al., 2008). Pada proses ini, ketika HCl direaksikan dengan serbuk rajungan terjadi pembentukan buih pada permukaan. Hal ini menandakan adanya gugus karbon dioksida (CO_2) dan uap air. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:

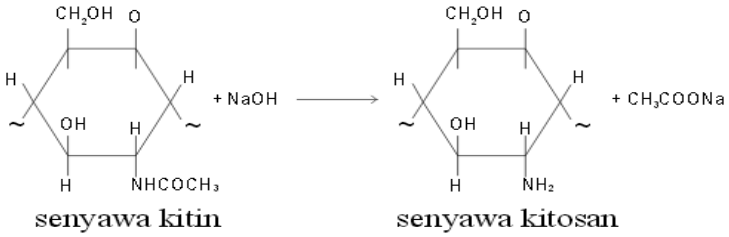
$$CaCO_3\ (s) + 2HCl\ (aq) \rightarrow CaCl_2\ (aq) + H_2O\ (l) + CO_2(g) \quad ....4.1)$$

$$Ca_3(PO_4)_2\ (s) + 4HCl\ (aq) \rightarrow 2CaCl_2(aq) + Ca(H_2PO_4)_2\ (aq) \quad ....4.2)$$

Proses selanjutnya yaitu deproteinasi dimana proses ini memisahkan atau melepaskan ikatan protein dan kitin. Pada tahap ini serbuk rajungan dicampurkan dengan NaOH 1 N. Protein yang terlepas membentuk Na-proteinat yang dapat larut dan hilang selama proses pencucian dan penyaringan (Ruswanti et al., 2008). Reaksi yang terjadi sebagai berikut:

$$Protein + NaOH \rightarrow Na - proteinat + H_2O \quad ....4.3)$$

Proses terakhir yaitu deasetilasi yang diperlukan untuk mengubah kitin menjadi kitosan dengan proses hidrolisis. Proses ini dilakukan dengan pemberian larutan NaOH 50%. Pemilihan NaOH 50% dikarenakan pada kondisi tersebut merupakan kondisi optimum transformasi gugus asetil yang berikatan dengan atom nitrogen membentuk gugus amina (Rochima, 2007). Perendaman dengan NaOH pekat (≥40) akan mengakibatkan terjadinya pemutusan ikatan rangkap antara gugus karboksil dengan atom nitrogen. Reaksi proses deasetilasi sebagai berikut:



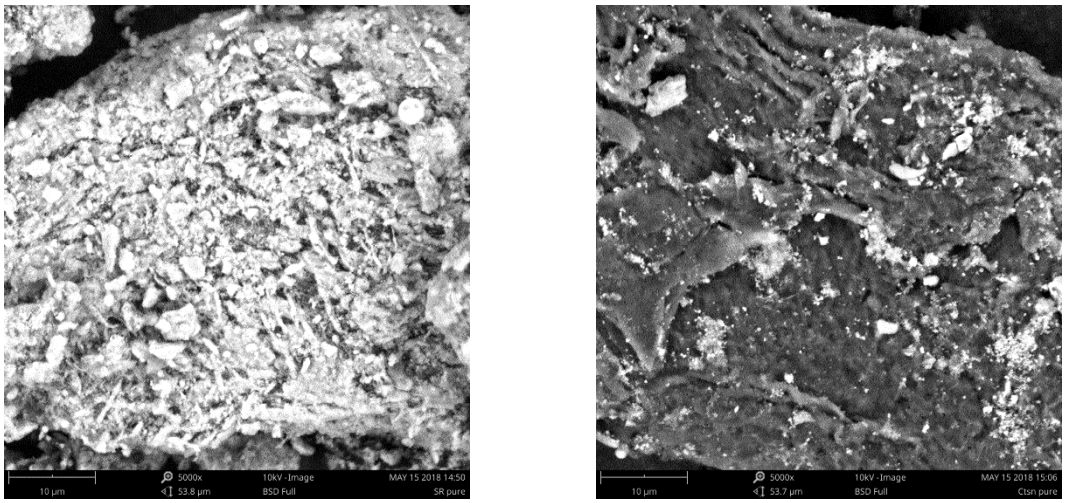
Gambar 4.1. Reaksi pada proses deasetilasi

4.3 Karakterisasi Serbuk Rajungan dan Kitosan

Karakterisasi kitosan dilakukan untuk mengetahui morfologi, kandungan unsur dan gugus fungsi pada kitosan. Untuk mengetahui karakteristik kitosan cangkang rajungan, maka dilakukan analisis gugus fungsi dan analisis morfologi pada kitosan cangkang rajungan dengan *Fourier Transfrom Infa-Red* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

4.3.1 *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Karakterisasi menggunakan SEM bertujuan untuk mengetahui bentuk dan permukaan dari kitosan cangkang rajungan (morfologi dan topologi). Pengujian ini dilakukan terhadap kitosan cangkang rajungan non destruksi dan kitosan cangkang rajungan destruksi. Data hasil uji SEM dapat dilihat pada Gambar 4.2.



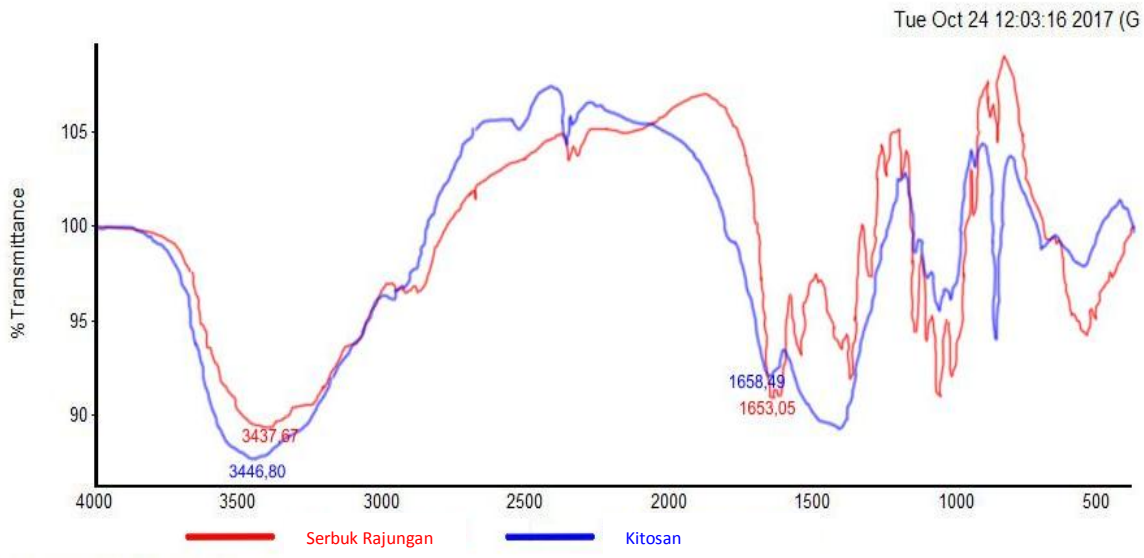
(a) (b)

Gambar 4.2. Hasil Uji SEM dengan Pembesaran 5000 x (a) Serbuk Rajungan (b) Kitosan

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa serbuk rajungan memiliki bentuk permukaan yang tidak beraturan dengan banyaknya bentuk kristal pada permukaannya. Sedangkan kitosan memiliki struktur permukaan yang lebih beraturan dan berserat. Menurut Antonino, et al (2017) pori pada kitos,an terlihat lebih jelas dibanding serbuk rajungan. Hal ini dikarenakan senyawa pengotor telah dihilangkan sehingga kandungan senyawa dalam kitosan lebih murni dibanding serbuk rajungan.

4.3.2 *Fourier Transfrom Infa-Red* (FTIR)

Karakterisasi menggunakan FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada kitosan cangkang rajungan. Data hasil uji dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut ini



Gambar 4.3. Hasil Uji FTIR Serbuk Rajungan dan Kitosan

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa hasil identifikasi gugus fungsi terlihat adanya serapan pada bilangan gelombang 3446,80 cm^{-1} untuk serbuk rajungan dan 3437,67 cm^{-1} untuk kitosan. Menurut Kurniasih & Kartika (2011) pada panjang gelombang tersebut menunjukkan tumpang tindih serapan vibrasi gugus hidroksil (O-H) dan gugus amina ($-NH_2$). Gugus hidroksil dan amina menjadi titik yang sangat perlu diperhatikan karena kedua gugus tersebut memainkan peran penting pada mekanisme pembentukan flok. Kitosan berinteraksi dengan partikel-partikel

koloid yang terdapat dalam air melalui proses jembatan antar partikel flok. Serapan pada bilangan gelombang 1658,49 cm^{-1} dan 1653,05 cm^{-1} adalah gugus C=O yang menunjukkan adanya gugus asetamida yang melebar. Serapan gelombang serbuk rajungan memiliki garis serapan yang melebar sedangkan kitosan memiliki garis yang lebih tajam. Hal ini menunjukkan bahwa gugus asetamida sudah berubah menjadi asam amina. Menurut Syahmani & Sholahuddin (2009) pada proses deasetilasi, gugus asetilamino diubah menjadi gugus amino. Hal ini ditandai dengan hilangnya/berkurangnya serapan gugus C=O pada spektrum FTIR. Pada Gambar 4.3 juga menunjukkan bahwa grafik kitosan memiliki lebih banyak puncak dibanding serbuk rajungan.. Hal ini dikarenakan senyawa pengotor telah dihilangkan sehingga kandungan senyawa dalam kitosan lebih murni dibanding serbuk rajungan.

4.4 Pengujian Koagulan

Kekeruhan pada air dapat disebabkan karena adanya zat padat tersuspensi dalam air, baik zat organik maupun anorganik. Zat-zat organik dapat berasal dari buangan limbah domestik maupun industri yang dapat dijadikan makanan bakteri dan perkembangan bakteri. Selain itu mikroorganisme, alga, plankton juga dapat menyebabkan kekeruhan pada air. Sedangkan untuk zat anorganik biasanya berasal dari lapukan batuan, pasir, lumpur dan logam terlarut.

Dalam penelitian ini, pengujian koagulan dilakukan 2 tahap pengujian yang berbeda. Tahap pertama pengujian dilakukan untuk menentukan dosis optimum dan waktu pengendapan optimum pada masing-masing koagulan (serbuk rajungan non destruksi, kitosan dan tawas) terhadap sampel air waduk tambakboyo. Tahap kedua dilakukan untuk mendapatkan pH optimum dengan dosis optimum yang sudah didapat pada masing-masing koagulan (serbuk rajungan non destruksi, kitosan dan tawas) terhadap sampel air waduk tambakboyo.

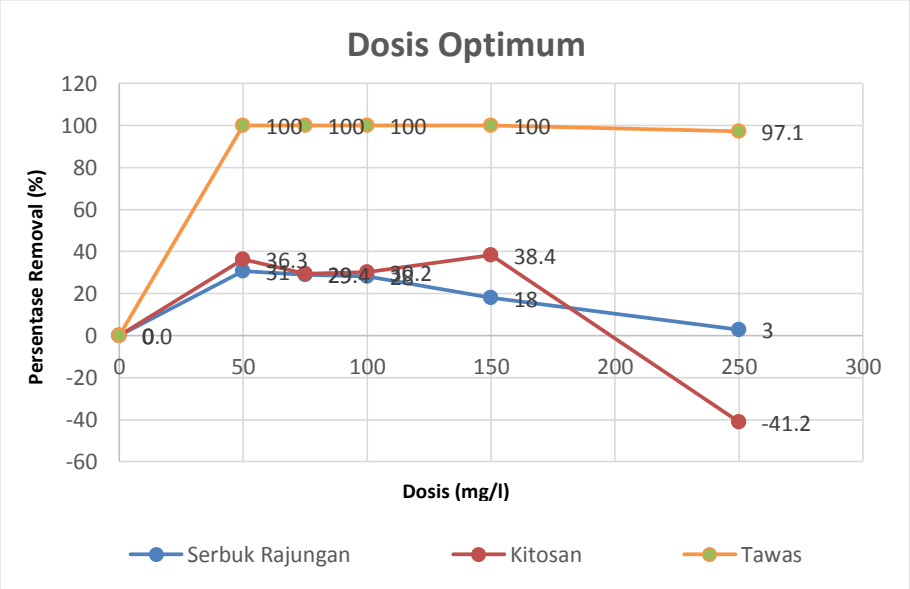
4.4.1 Penentuan Dosis Optimum Koagulan Terhadap Sampel Air Waduk Tambakboyo

Pengujian dosis optimum dilakukan dengan cara membubuhkan koagulan alami (serbuk rajungan non destruksi dan kitosan) dan koagulan sintetik tawas pada sampel air. Sebelum pembubuhan koagulan dilakukan, kekeruhan awal sampel air diukur untuk mengetahui berapa persen penyisihan kekeruhan setelah penambahan koagulan pada sampel air. Kekeruhan awal air waduk tambakboyo sebesar ± 2,45 NTU. Pengujian koagulan menggunakan metode jar test. Metode jar test yang dilakukan mempunyai tahap penting dalam penentuan dosis optimum. Tahap pertama, melarutkan koagulan dari cangkang rajungan yang telah diayak dengan ukuran 200 mesh dan diikuti dengan koagulan tawas sesuai dengan dosis yang telah ditentukan ke dalam masing-masing gelas beaker yang berisi sampel air. Kemudian melakukan pengadukan cepat dengan kecepatan 120 rpm selama 1 menit dan diikuti dengan pengadukan lambat dengan kecepatan 60 rpm selama 10 menit untuk membentuk flok-flok. Tahap selanjutnya yaitu melakukan pengendapan selama 30 menit sambil diukur kekeruhan akhir dengan menggunakan turbidimeter. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan dosis optimum dengan cara melihat data yang didapat pada percobaan ini.

Dalam proses koagulasi-flokulasi terjadi mekanisme *charge neutralization* (penetralisasian muatan). *Charge neutralization* ialah mekanisme dimana koloid di dalam larutan mengadsorpsi sejumlah muatan yang berlawanan yang dimiliki oleh koagulan, sehingga muatan yang saling bertolak di permukaan partikel menjadi sepenuhnya ternetralisasi atau disebut sebagai koloid yang terdestabilisasi. Adanya muatan-muatan pada permukan partikel koloid tersebut menyebabkan pembentukan medan elektrostatik disekitar partikel sehingga menimbulkan gaya tolak-menolak antar partikel. Disamping gaya tolak-menolak, ada juga gaya tarik-menarik antara dua partikel yang dikenal dengan gaya *Van der walls.* Selama tidak ada hal yang mempengaruhi kesetimbangan muatan-muatan listrik partikel koloid, gaya tolak-menolak yang ada akan selalu lebih besar dari pada gaya tarik *Van der walls* dan akibatnya partikel koloid tetap dalam keadaan stabil (Prayudi & Susanto, 2000).

Proses selanjutnya setelah koagulasi ialah proses flokulasi, dimana pada proses ini terjadi penggabungan partikel-partikel koloid yang tidak stabil sehingga membentuk partikel yang lebih besar atau disebut flok. Proses flokulasi merupakan faktor penting yang mempengaruhi efisiensi penghilangan partikel, dimana tujuannya adalah untuk membawa partikel-partikel ke dalam kontak sehingga mereka bertubrukan, tetap bersatu dan tumbuh menjadi satu ukuran yang siap mengendap. Flokulasi dilakukan pada pengadukan lambat dengan waktu 5-30 menit. Terlalu banyak pengadukan akan mengakibatkan partikel koloid yang sudah membentuk flok menjadi pecah sehingga ukurannya menjadi kecil dan terdispersi halus.

Pemilihan dosis optimum koagulan dianggap optimum apabila air yang terolah memiliki kualitas terbaik, yaitu air yang memiliki nilai kekeruhan, warna dan TSS yang paling rendah. Selain itu dosis optimum juga dapat dipilih berdasarkan nilai maksimum terhadap penyisihan persentase dari parameter akhir pengujian yang memenuhi baku dan nilai ekonomisnya. Pada pengujian ini, koagulan cangkang rajungan dan tawas dapat menyisihkan turbiditas yang ditunjukan pada Gambar 4.3



Gambar 4.3. Grafik Hasil Pengujian Dosis Optimum Koagulan

Pada Gambar 4.3 terlihat bahwa sampel air dengan kekeruhan awal sebesar 2,45 NTU dapat disisihkan partikel koloidnya dengan variasi dosis koagulan yang berbeda. Dosis optimum yang didapat berasal dari pengujian ketiga koagulan dengan variasi dosis yang berbeda yang mana mampu menyisihkan turbiditas dengan persentase tertinggi. Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh pengujian dosis 50 mg/l koagulan serbuk rajungan dan tawas memilik persentase penurunan turbiditas yang paling besar yaitu 31% dan 100%. Sedangkan untuk koagulan kitosan pada dosis 150 mg/l memiliki persentase penurunan turbiditas yang besar yaitu 38% sehingga dosis optimum telah didapat.

Pada uji dosis koagulan serbuk rajungan, dari dosis 75 mg/l hingga 250 mg/l mengalami penurunan turbiditas dengan persentase hingga 29%. 29% untuk dosis 75 mg/l, 28% untuk dosis 100mg/l, 18% untuk dosis 150 mg/l dan 3% untuk dosis 250mg/l. Uji dosis kitosan juga mengalami penurunan turbiditas hingga 36%. 26% untuk dosis 50mg/l, 29% untuk dosis 75mg/l, 30% untuk dosis 100mg/l. Sedangkan untuk dosis 250mg/l terjadi peningkatan turbiditas sebanyak 41,2%.

Peningkatan turbiditas juga bisa terjadi karena penambahan koagulan yang melebihi batas optimum sehingga banyak zat terlarut didalam air. Dan juga dapat diakibatkan karena terjadinya penyerapam kation yang berlebih oleh partikel koloid dalam air sehingga partikel koloid akan bermuatan positif dan terjadi gaya tolak-menolak antar partikel. Hal ini menyebabkan terjadi nya deflokulasi flok yang mana menyebabkan larutan menjadi semakin keruh (Hendrawati, Sumarni.2015).

Prinsip kerja kitosan sebagai koagulan ialah adanya interaksi polielektrolit kation yang terdapat pada koagulan dengan partikel-partikel koloid yang terdapat pada sampel air dengan cara membentuk jembatan antar partikel. Partikel-partikel koloid dalam air biasanya bermuatan negatif. Muatan positif kitosan akan menetralkan muatan negatif partikel koloid sehingga akan membentuk flok-flok yang nantinya mudah untuk diendapkan.

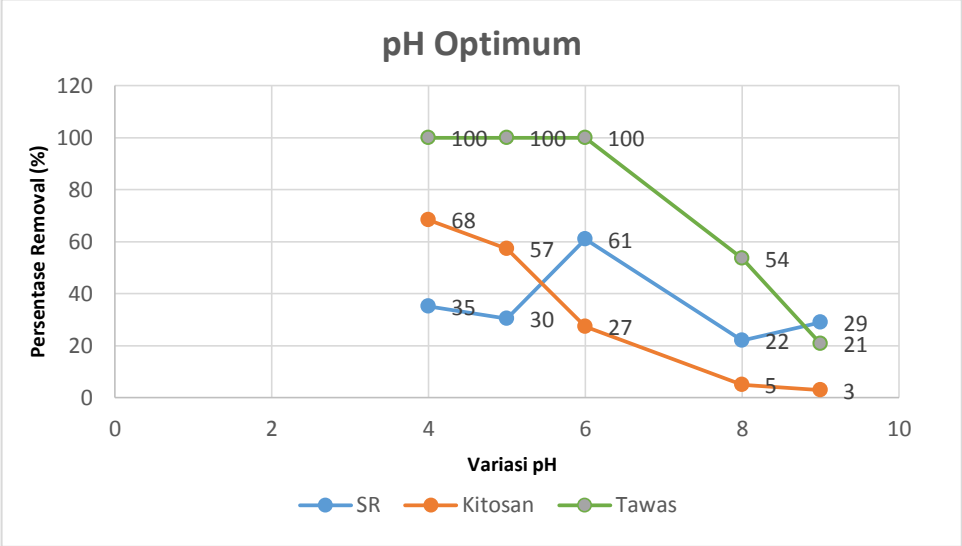
Proses pengadukan selama jar test berlangsung juga menunjang keberhasilan proses koagulasi. Proses pengadukan cepat (koagulasi) menghasilkan

turbelensi air sehingga mendispersikan koagulan dalam air dan membantu partikel-partikel halus membentuk mikroflok. Setelah mikroflok terbentuk, dilakukan pengadukan lambat (flokulasi) dimana berperan dalam menggabungkan mikroflok menjadi makroflok yang kemudian dipisahkan dengan sedimentasi (Triastiningrum & Purnomo, 2016).

Pada peneltian yang telah dilakukan oleh Setiawan (2011), kitosan rajungan dapat menurunkan kekeruhan air Sungai Kalimalang sebesar 99,57% (947 NTU menjadi 4,05 NTU) dengan dosis optimum 40 ppm. Kemudian pada penelitian Zemmouri, et al (2013) kitosan rajungan mampu menurunkan kekeruhan air pada dam Beni-Amrane sebesar 87% dengan dosis optimum 0,15 mg/l. Sedangkan pada penelitian ini, serbuk rajungan mampu menurunkan kekeruhan sebesar 61% dengan dosis 50mg/l pada pH 6 dan kitosan mampu menurunkan kekeruhan sebesar 68% dengan dosis 150mg/l pada pH 4. Hasil pada penelitian ini memiliki perbedaan yang cukup besar dibanding dengan penelitian sebelumnya. Hal ini disebabkan karena perbedaan langkah cara pada pembuatan kitosan sehingga kitosan yang didapat memiliki hasil yang berbeda dengan kitosan penelitian sebelumnya.

4.4.2 Penentuan pH Optimum pada Dosis Optimum Koagulan

Pengujian penentuan pH Optimum dimulai dengan mengatur pH pada air sampel sesuai dengan variasi pH yang telah ditentukan. Perlakuan ini dilakukan dengan menggunakan pH meter dengan bantuan larutan HCl dan NaOH. Larutan HCl digunakan untuk menjadikan sampel air dalam keadaan asam, sedangkan larutan NaOH digunakan untuk menjadikan sampel air dalam keadaan basa. Setelah variasi pH didapat, masing-masing variasi pH diberikan koagulan serbuk rajungan dan tawas sebesar 50 mg/l dan koagulan kitosan sebesar 150 mg/l. Kemudian dilakukan pengadukan cepat dengan kecepatan 120 rpm selama 1 menit dan dilanjutkan dengan pengadukan lambat dengan kecepatan 60 rpm selama 10 menit. Dalam pengujian pH optimum, nilai kekeruhan diukur setelah sampel air diendapkan selama 30 menit. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.4:



Gambar 4.4. Grafik Hasil Pengujian pH Optimum dengan Dosis Koagulan Optimum

Pada Gambar 4.4 menunjukan bahwa masing-masing koagulan mampu menyisihkan turbiditas dalam variasi pH yang telah dibuat. Pada koagulan serbuk rajungan, nilai persentase removal paling besar berada di pH 6 dengan persentase 61%, sedangkan untuk koagulan kitosan nilai persentase removal paling besar berada di pH 4 dengan persentase 68% dan untuk koagulan tawas nilai persentase removal paling besar berada di pH 4, 5, dan 6 dengan persentase 100%. Dari hasil yang didapat, masing-masing koagulan bekerja lebih baik pada rentang pH 4-6 untuk menyisihkan turbiditas.

Kitosan yang terdiri dari gugus hidroksil dan amina bersifat basa sehingga dapat bereaksi dengan asam. Menurut Muzzarelli (1997), gugus amino pada kitosan apabila bereaksi dengan H^+ akan membentuk persamaan:

$$-NH_2 + H^+ \rightarrow -NH_3 \qquad \text{.....4.4)}$$

Gugus NH_3^+ yang dihasilkan dapat mendestabilisasi partikel koloid yang bermuatan negatif. Selain memiliki gugus bermuatan negatif, kitosan juga memiliki gugus bermuatan negatif yang akan berikatan dengan senyawa hidrokso logam. Saat kitosan bereaksi dengan asam maka kedua gugus tersebut akan membentuk garam. Namun pada pH < 3 terjadi kompetisi antara ion H^+ dalam larutan dengan gugus NH_3^+ kitosan. Menurut Andri, et al (2015), semakin tinggi derajat keasaman larutan maka jumlah muatan (H^+) semakin meningkat. Muatan

negatif (partikel tersuspensi) yang seharusnya didestabilisasi oleh muatan (NH_3^+) tidak sepenuhnya didestabilisasi oleh muatan positif (NH_3^+) melainkan dengan muatan positif lainnya (H^+). Hal ini menyebabkan tidak terbentuknya flok yang lebih besar karena jembatan polimer tidak terhubung satu sama lain. Hal ini menyebabkan partikel tersuspensi semakin susah untuk mengendap. Pada saat pH basa, koagulan serbuk rajungan dan kitosan mengalami penurunan turbiditas yang rendah karena terjadinya kejenuhan. Menurut Kaban (2009) pada pH diatas 7 stabilitas kelarutan kitosan akan terbatas karena cenderung terjadi pengendapan dan larutan kitosan membentuk kompleks polielektroklit dengan hidrokoloid anionik menghasilkan gel.

4.5 Perbandingan Hasil Koagulan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, berikut adalah rekap perbandingan koagulan serbuk rajungan, kitosan dan tawas dengan kelebihan dan kekurangannya pada Tabel 4.2:

Tabel 4.2. Hasil Rekapan Perbandingan Koagulan

Koagulan	Serbuk Rajungan	Kitosan	Tawas
Dosis Optimum	50 mg/l (61%)	150 mg/l (68%)	50 mg/l (100%)
pH Optimum	6 (Range pH 4-6)	4 (Range pH 4-6)	pH 4 - 6
Kelebihan	• *Biodegradability* • *Biocompatibility* • *Non Toxicity* • Bersifat polielektrolit • Ramah Lingkungan	• *Biodegradability* • *Biocompatibility* • *Non Toxicity* • Bersifat polielektrolit • Keberadaan melimpah di Alam	• Banyak dipasaran • Harga terjangkau • Sering digunakan

Koagulan	Serbuk Rajungan	Kitosan	Tawas
	• Mudah Digunakan		
Kekurangan	• Menyebabkan bau amis pada sampel air	• Belum Tersedia di pasaran • Harus diolah terlebih dahulu	• Dapat membahayakan (bagi kesehatan) • Tidak Ramah Lingkungan • Pemakaian berlebih menyebabkan air menjadi keruh

Pada percobaan ini koagulan yang digunakan adalah serbuk dan kitosan rajungan. Hasil yang didapat dari kedua koagulan ini dibandingkan dengan koagulan tawas dengan alasan tawas adalah koagulan yang paling banyak digunakan dalam proses pengolahan air. Dari perbandingan hasil serbuk dan kitosan rajungan dengan tawas , maka dapat dilihat efektifitas serbuk dan kitosan rajungan sebagai koagulan. Selain itu untuk mendapatkan hasil yang optimum, juga dilakukan beberapa penelitian terhadap perubahan variabel proses seperti massa serbuk dan kitosan rajungan dan ph pada sampel air.

Meskipun hasil dari koagulasi dengan kitosan rajungan pada penelitian ini masih dibawah hasil koagulasi dengan tawas, namun penggunaan kitosan sebagai bahan koagulan mempunyai beberapa keunggulan karena mudah diperoleh dari bahan-bahan yang berlimpah (limbah cangkang) dan juga merupakan bahan yang tidak beracun (*non-toxic*) serta mudah terurai sehingga tidak menghasilkan bahan pencemar baru setelah proses pengolahan air/limbah. Dengan pertimbangan hal-hal tersebut maka kitosan dapat dijadikan alternatif untuk pengolaan yang bersifat ramah lingkungan.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian pemanfaatan cangkang rajungan *(Portunus pelagicus)* sebagai koagulan untuk menurunkan kadar kekeruhan air dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kitosan pada cangkang rajungan mampu menjadi koagulan karena merupakan biopolimer yang bersifat polielektrolit kation sehingga mampu mengikat partikel koloid didalam air dengan mekanisme penetralisasian muatan. Hasil karakteristik dengan menggunakan FTIR menunjukkan bahwa serbuk rajungan dan kitosan mengandung gugus amina dan hidroksil yang memainkan peran penting pada mekanisme pembentukan flok.
2. Dosis Optimum koagulan serbuk rajungan yaitu 50 mg/l dengan persentase penyisihan turbiditas 61% pada pH 6 dan dosis optimum koagulan kitosan yaitu 150 mg/l dengan persentase penyisihan turbiditas 68% pada pH 4.

Cangkang rajungan dapat dikembangkan sebagai koagulan alternatif pengganti koagulan sintetik dalam pengolahan air bersih sehingga pengolahan air menjadi lebih ramah lingkungan.

5.2 Saran

1. Perlu adanya pemurnian pada kitosan sehingga zat-zat pengotor hilang dan meningkatkan kinerja kitosan sebagai koagulan.

2. Perlu adanya pengujian kegunaan lain kitosan untuk mendapatkan manfaat lain dari kitosan selain sebagai kitosan.

3. Perlu adanya peningkatan ketelitian dalam melakukan uji laboratorium sehingga tidak ada kesalahan dalam mendapatkan data.

DAFTAR PUSTAKA

Alamsyah, R. (2007). ***Pengolahan Khitosan Larut dalam Air dari Kulit Udang sebagai Bahan Baku Industri.*** http://www.bbia.go.id/ringkasan.pdf. Diakses online tgl 17 Maret 2018 jam 22.15

Antonino, R. S. C. M. D. Q., Fook, B. R. P. L., Lima, V. A. D. O., Rached, R. Í. D. F., Lima, E. P. N., Lima, R. J. D. S., … Fook, M. V. L. (2017). ***Preparation and characterization of chitosan obtained from shells of shrimp (Litopenaeus vannamei Boone)***. *Marine Drugs*. https://doi.org/10.3390/md15050141

Enrico, B. (2008). ***Pemanfaatan Biji Asam Jawa (Tamarindus indica) sebagai Koagulan alternatif dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri Tahu***, Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatra Utara.

Fernando, L. A. T., Poblete, M. R. S., Ongkiko, A. G. M., & Diaz, L. J. L. (2016). ***Chitin Extraction and Synthesis of Chitin-Based Polymer Films from Philippine Blue Swimming Crab (Portunus pelagicus) Shells***. *Procedia Chemistry*. https://doi.org/10.1016/j.proche.2016.03.039

Gebbie, P. (2005). ***A dummy's guide to coagulants***. *68th Annual Water Industry Engineers and Operators' Conference*.

Handayani, S. M. (2016). ***Keanekaragaman Jenis Zooplankton dan Hubungannya dengan Kualitas Perairan di Waduk Tambak Boyo Yogyakarta***. Yogyakarta.

Hargono., Abdullah., & Sumantri, I. (2008). ***Pembuatan Kitosan dari Limbah Cangkang Udang serta Aplikasinya dalam Mereduksi Kolesterol Lemak Kambing.*** *Jurnal Sains Dan Teknologi Kimia*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNDIP Semarang.

Hendrawati, S., & Sumarni, N. (2015). ***Penggunaan Kitosan sebagai Koagulan Alami dalam Perbaikan Kualitas Air Danau.*** https://doi.org/10.15408/jkv.v0i0.3148

Kaban, J. (2009). ***Modifikasi Kimia dari Kitosan dan Aplikasi Produk yang Dihasilkan.*** Universitas Sumatra Utara. Medan. http:/www.usu.ac.id/id/files/pidato/ppgb/2009/ppgb_2009_Jamaran_Kaban.pdf. Diakses online tgl 4 Maret 2018 jam 21.45

Kurniasih, M., & Kartika, D. (2011). ***Sintesis dan Karakterisasi Fisika-Kimia Kitosan (Synthesis and Physicochemical Characterization of Chitosan).*** *Jurnal Inovasi*. Program Studi Kimia, Jurusan MIPA UNSOED. Purwokerto.

Laila, A. & Hendri, J. (2008). ***Study Pemanfaatan Polimer Kitin Sebagai Media Pendukung Amobilisasi Enzim α-Amilase*.** Jurusan Kimia Fakultas MIPA. Lampung.

Martati, E., Susanto, T., Yunianta, & Ulifah, I. A. (2002). ***Isolasi Khitin dari Cangkang Rajungan (Portunus pelagicus). Kajian Suhu dan Waktu Proses Deproteinasi.*** Jurusan Teknik Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. Malang.

Mekawati, Fachriyah, E. dan Sumardjo, D. (2000). ***Aplikasi Kitosan Hasil tranformasi Kitin Limbah Udang (Penaeus merguiensis) untuk Adsorpsi Ion Logam Timbal*.** Jurnal Sains and Matematika. FMIPA Undip, Semarang.

Mohadi, R., Kurniawan, C., Yuliasari, N., & Hidayati, N. (2014). ***Karakterisasi Kitosan dari Cangkang Rajungan dan Tulang Cumi dengan Spektrofotometer FT-IR Serta Penentuan Derajat Deasetilasi Dengan Metode Baseline*.** Seminar Nasional FMIPA UNSRI 2014.

Mucci, M., Noyma, N. P., Magalhaes, L. de, Miranda, M., Oosterhout, F. van, Guedes, I. A., … Lurling, M. (2017). ***Chitosan as coagulant on cyanobacteria in lake restoration management may cause rapid cell lysis*. *Water Research***. https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.04.020

Multazzam. (2002). ***Prospek Pemanfaatan Cangkang Rajungan (portunus sp.) sebagai Suplemen Pakan Ikan.*** Skrpsi yang tidak dipublikasikan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.

Muzzarelli, R.A.A., (1977). ***Chitin.*** Pergamon Press.

Prayudi, T., & Susanto, J. P. (2000). ***Chitosan sebagai bahan koagulan limbah cair industri tekstil.*** Teknologi Lingkungan.

Qasim, S. R., Motley, E.M. and Zhu, G., (2000), ***Water Works Engineering***, Chiang, Patel and Yerby, Inc., Dallas, Texas.

Putra, R., Lebu, B., Munthe, M. H. D. D., & Rambe, A. M. (2013). ***Pemanfaatan Biji Kelor sebagai Koagulan pada Proses Koagulasi Limbah Cair Industri Tahu dengan Menggunakan Jar Test*.** Jurnal Teknik Kimia USU. Medan.

Rahayu, L. H., & Purnavita, S. (2007). ***Optimasi Pembuatan Kitosan dari Kitin Limbah Cangkang Rajungan (Portunus pelagicus) Untuk Adsorben Ion Logam Merkuri*.** Kimia Industri.

Risdianto, D. (2007). ***Optimisasi proses koagulasi flokulasi untuk pengolahan air limbah industri jamu (studi kasus pt. sido muncul)***. *Thesis Universitas Diponegoro*.

Rochima, E. (2007). ***Karakterisasi Kitin dan Kitosan Asal Limbah Rajungan Cirebon Jawa Barat.*** *Buletin Teknologi Hasil Perairan*.

Rochima, E. (2014). ***Kajian Pemanfaatan Limbah Rajungan dan Aplikasinya untuk Bahan Minuman Kesehatan Berbasis Kitosan (Study of Utilization of Crabs Processing Wastes and Its Application for Chitosan-Based Healthy Drink).*** Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjajaran.

Ruswanti, I., Khabibi, & Lusiana, R. A. (2008). ***Membran Kitosan Padat dari Cangkang Rajungan (Portunus pelagicus) Dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Ion Mangan (II) dan Besi (II).*** Kimia Analitik, Jurusan Kimia Universitas Diponegoro, Semarang.

Saputra, A., Putra, S., Kundari, N., A. (2015). ***Pengaruh pH Limbah dan Perbandingan Kitosan dengan TSS pada Pengendapan Limbah Cair Biskuit.*** Seminar Nasional XI, SDM Teknologi Nuklir. STTN-BATAN. Yogyakarta

Sari, S. R., Dharma, S., & Nurmaini. (2014). ***Perbedaan Kemampuan Cangkang Kerang, Cangkang Kepiting dengan Cangkang Udang sebagai Koagulan Alami dalam Penjernihan Air Sumur di Desa Tanjung Ibus Kecamatan Secanggang Kabupaten Langkat.*** Lingkungan Dan Kesehatan Kerja, 3(April). Retrieved from http://jurnal.usu.ac.id/index.php/lkk/article/view/6125

Saritha, V., Srinivas, N., & Srikanth Vuppala, N. V. (2017). ***Analysis and Optimization of Coagulation and Flocculation Process.*** Applied Water Science,. https://doi.org/10.1007/s13201-014-0262-y

Setiawan, D. (2011). ***Perbandingan efektifitas Kitosan dari Kepiting Rajungan dan Kepiting Hijau sebagai Biokoagulan, serta PAC sebagai Koagulan Kimia.*** Thesis Universitas Indonesia.

Siswoyo, E., Kasam, Widyanti, D. (2009). ***Penurunan Logam Berat Timbal (Pb) pada Limbah Cair Laboratorium Kualitas Lingkungan UII dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (Eichhornia crassipes).*** Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan, Vol 1 No 1. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP, UII. Yogyakarta.

Syahmani, Sholahuddin, A., (2009). ***Interaksi Cd(II) dengan Kitin dan Kitosan Isolat Limbah Kulit Udang.*** Jurnal Program Studi Pendidikan Kimia FKIP, Universitas Lambung Mangkurat. Banjarmasin

Tanjung, D. S., (2016). ***Pemanfaatan Cangkang KerangSimping sebagai Koagulan Penjernih Air.*** Thesis Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta

Triastiningrum, C., & Purnomo, A. (2016). ***Perbandingan Kemampuan Kitosan dari Limbah Kulit Udang dengan Aluminium Sulfat untuk Menurunkan Kekeruhan Air dari Outlet Bak Prasedimentasi IPAM Ngagel II.*** Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Yanuar, V. (2008). ***Pemanfaatan Cangkang Rajungan (Portunus pelagicus) sebagai Sumber Kalsium dan Fosfor dalam Pembuatan Produk Crackers.*** Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Zemmouri, H., Drouiche, M., Sayeh, A., Lounici, H., & Mameri, N. (2013). ***Chitosan application for treatment of Beni- Amrane's water dam. Energy Procedia.*** https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.07.064

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Pengujian

1. Hasil Pengujian dengan Variasi Waktu Pengendapan

Serbuk Rajungan (mg/l)	5	10	15	20	25	30	%
0	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	0
10	2,41	2,09	1,85	1,89	1,9	1,7	31
15	2,32	2,4	2,32	2,09	1,93	1,74	29
20	2,72	2,12	2,09	2,1	1,81	1,76	28
30	3,62	2,47	2,31	2,24	2,2	2,01	18
50	5	3,5	3,51	3,33	2,67	2,38	3

Kitosan (mg/l)	5	10	15	20	25	30	%
0	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	0
10	2,15	1,85	1,83	1,52	1,44	1,56	36
15	2,19	2,1	1,66	1,6	1,99	1,73	29
20	2,39	2,1	1,56	1,73	1,77	1,71	30
30	5,44	2,92	1,61	1,71	4,52	1,51	38
50	4,5	4,69	2,7	2,07	2,67	3,46	-41

Tawas (mg/l)	5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit	30 menit	%
0 mg	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	0
10 mg	1,07	0	0	0	0	0	100
15 mg	0,19	0	0	0	0	0	100
20 mg	1,21	0	0,31	0	0	0	100
30 mg	1,69	1,64	0	0	0	0	100
50 mg	4,4	1,88	1,19	0,88	0,69	0,07	97

2. Hasil Pengujian Dosis Koagulan Optimum

Koagulan	Kekeruhan Awal	Kekeruhan Akhir	Persentase Penyisihan (%)
SR1	2,45	1,7	31
SR2	2,45	1,74	29
SR3	2,45	1,76	28
SR4	2,45	2,01	18
SR5	2,45	2,38	3
K1	2,45	1,56	36

Koagulan	Kekeruhan Awal	Kekeruhan Akhir	Persentase Penyisihan (%)
K2	2,45	1,73	29
K3	2,45	1,71	30
K4	2,45	1,51	38
K5	2,45	3,46	-41
T1	2,45	0	100
T2	2,45	0	100
T3	2,45	0	100
T4	2,45	0	100
T5	2,45	0,07	97

3. **Hasil Pengujian pH Optimum denga Dosis Koagulan Optimum**

Jenis Koagulan	pH awal	pH akhir	Kekeruhan awal	Kekeruhan akhir	Persentase Penyisihan %
Serbuk Rajungan	4 ± 0,1 (3,93)	5,36	2,59	1,68	35
	5 ± 0,1(5,02)	5,99	1,94	1,35	30
	6 ± 0,1(6,04)	6,74	2,41	0,94	61
	8 ± 0,1(7,99)	7,83	2,41	1,88	22
	9 ± 0,1(8,97)	8,47	2,41	1,71	29
Kitosan	4 ± 0,1 (3,93)	6,01	2,59	0,82	68
	5 ± 0,1(5,02)	6,31	1,94	0,83	57
	6 ± 0,1(6,04)	7,01	2,41	1,75	27
	8 ± 0,1(7,99)	8,11	2,41	2,29	5
	9 ± 0,1(8,97)	8,59	2,41	2,34	3
Tawas	4 ± 0,1(3,96)	4,02	2,46	0	100
	5 ± 0,1(5,01)	4,35	2,46	0	100
	6 ± 0,1(6,06)	5,93	2,46	0	100
	8 ± 0,1(8,01)	6,91	2,46	1,14	54
	9 ± 0,1(9,00)	8,1	2,46	1,95	21

Lampiran 2. Dokumentas

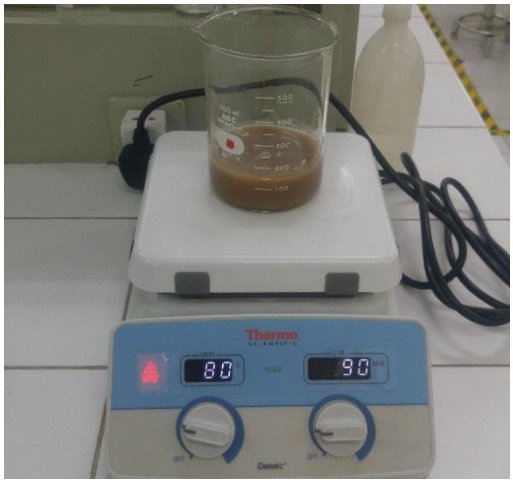
1. Pembuatan Kitosan

Penghancuran Cangkang Rajungan

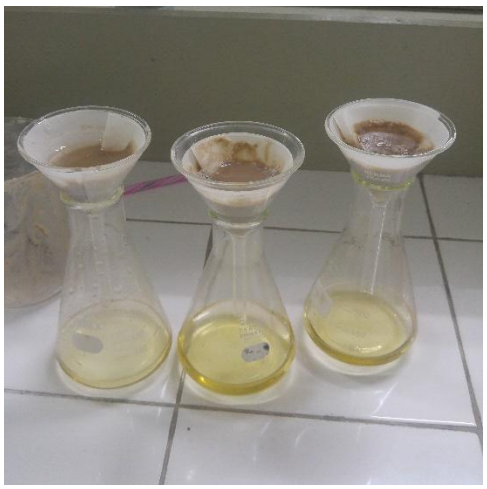
Pengayakan

Proses Demineralisasi

Proses Deproteinasi



Proses Deasetilasi



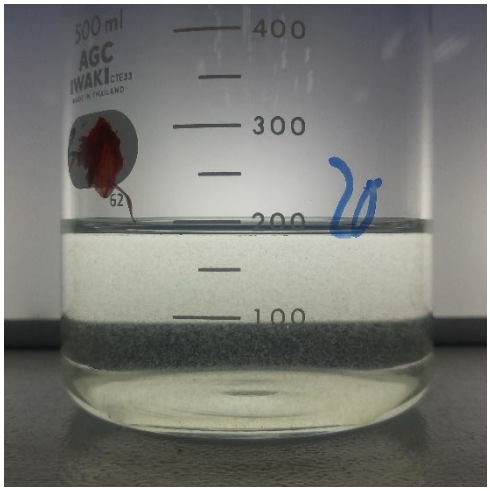
Penyaringan

Residu Hasil Saringan

Kitosan

2. Pengujian Koagulan

Pengujian Jar Test

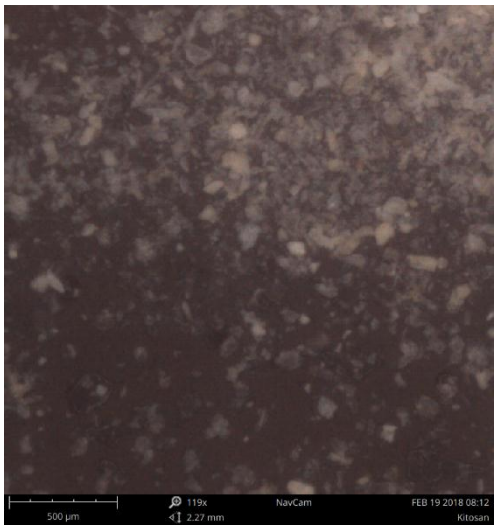


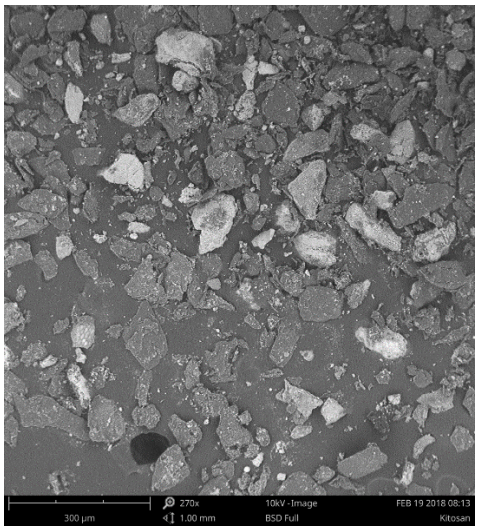
Flok-Flok Hasil Penambahan Kitosan

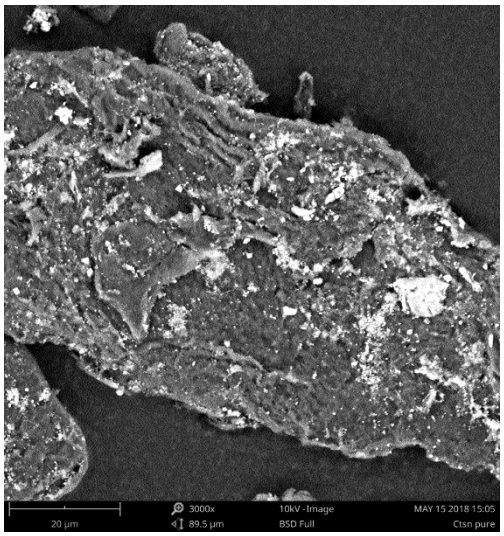
Pengujian Kekeruhan dengan Turbidimeter

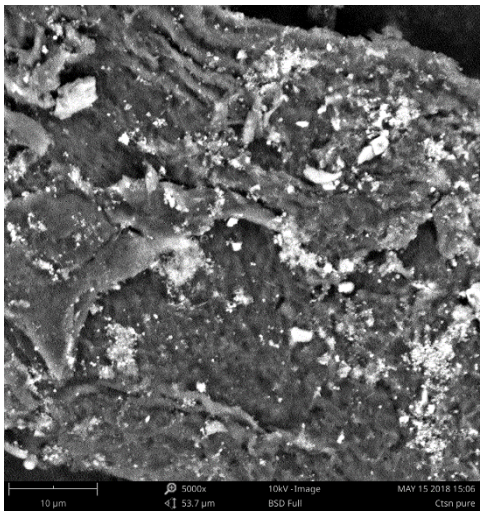
Lampiran 3. Hasil SEM

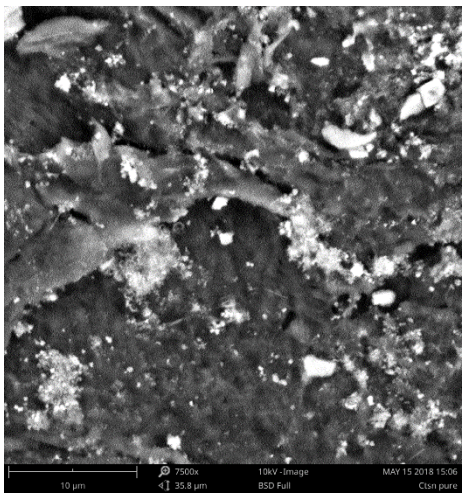
1. SEM Kitosan

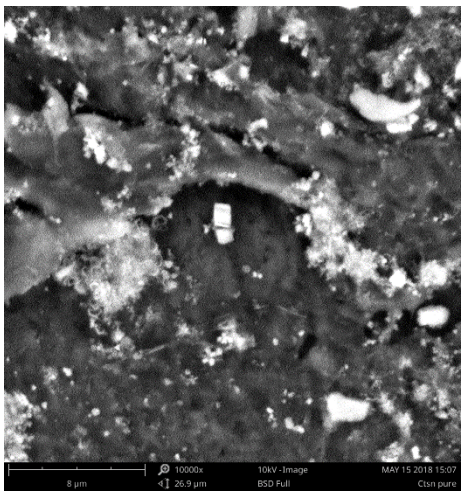




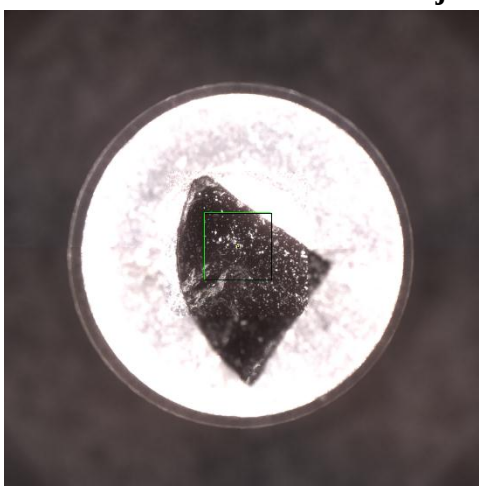


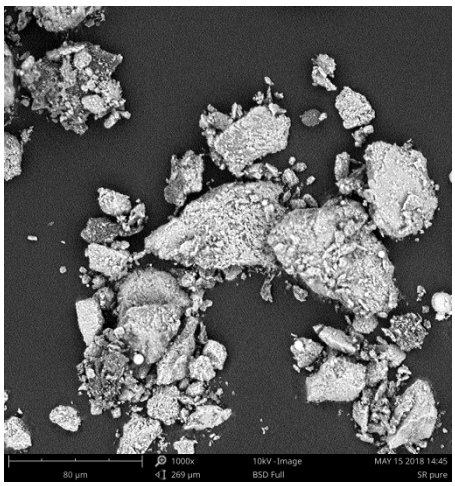


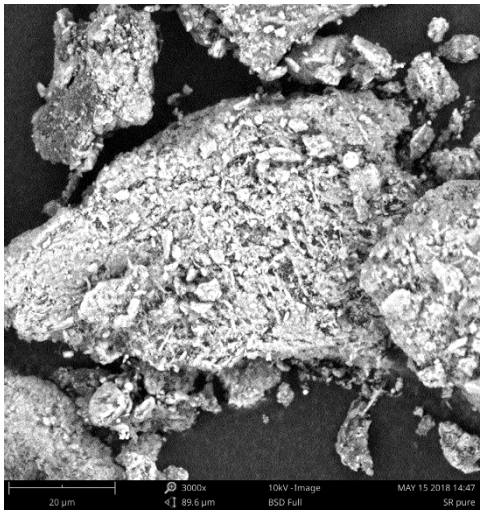


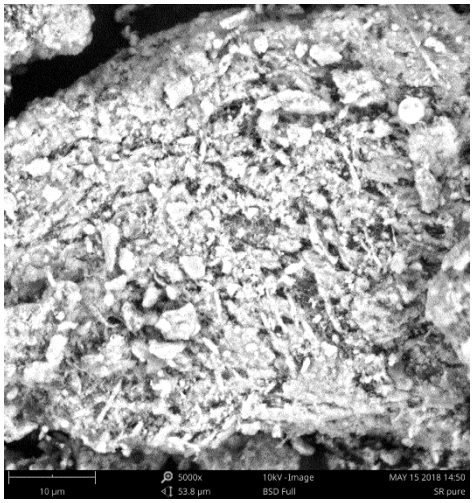


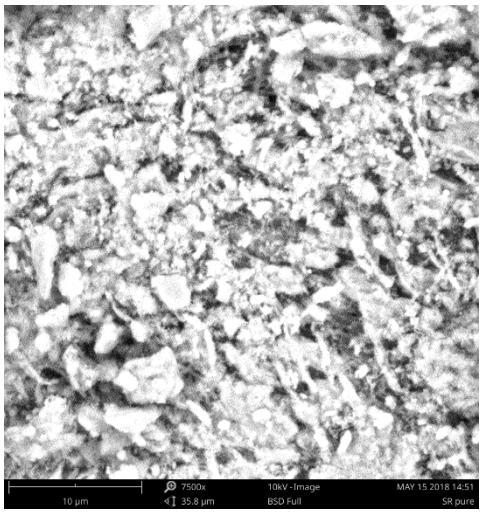
2. SEM Serbuk Rajungan

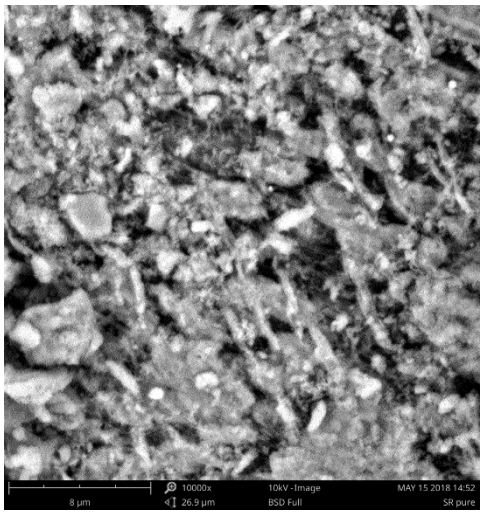




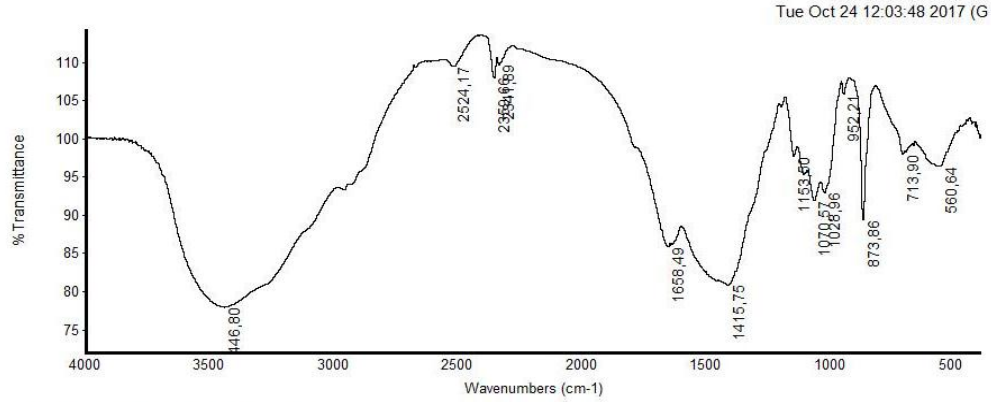








Lampiran 4. Hasil FTIR

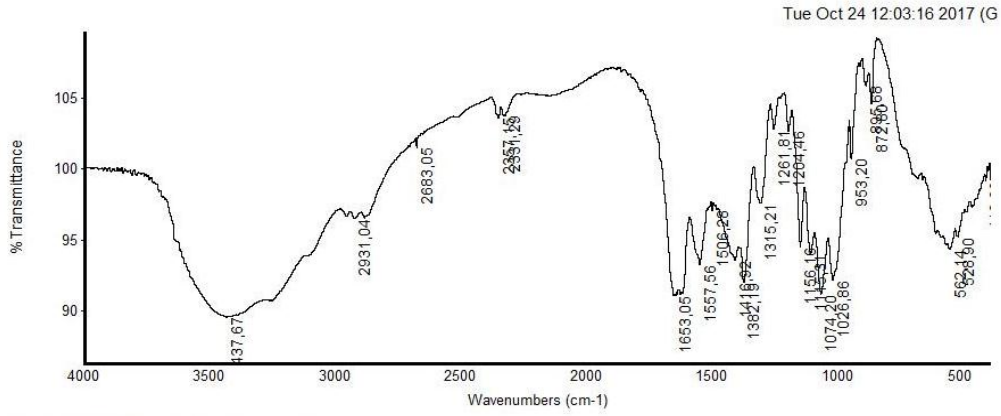


Collection time: Tue Oct 24 11:15:43 2017 (GMT+07

Tue Oct 24 12:03:47 2017 (GMT+07:00)
FIND PEAKS:
Spectrum: *1292-2 Sampel Biasa
Region: 4000,00 400,00
Absolute threshold: 114,485
Sensitivity: 60
Peak list:

Position:	3446,80	Intensity:	77,688
Position:	1415,75	Intensity:	80,634
Position:	1658,49	Intensity:	85,624
Position:	873,86	Intensity:	89,128
Position:	1070,57	Intensity:	91,675
Position:	1028,96	Intensity:	92,734
Position:	560,64	Intensity:	96,198
Position:	1153,50	Intensity:	97,499
Position:	713,90	Intensity:	97,790
Position:	952,21	Intensity:	105,651
Position:	2359,66	Intensity:	107,817
Position:	2524,17	Intensity:	109,321
Position:	2341,89	Intensity:	109,515

Hasil FTIR Serbuk Rajungan



Collection time: Tue Oct 24 11:11:19 2017 (GMT+07

Tue Oct 24 12:03:14 2017 (GMT+07:00)
FIND PEAKS:
Spectrum: *1292-1 Kitosan
Region: 4000,00 400,00
Absolute threshold: 109,782
Sensitivity: 60
Peak list:

Position:	3437,67	Intensity:	89,453
Position:	1653,05	Intensity:	90,961
Position:	1074,20	Intensity:	91,038
Position:	1382,19	Intensity:	91,871
Position:	1028,86	Intensity:	92,096
Position:	1557,56	Intensity:	93,096
Position:	1416,92	Intensity:	93,435
Position:	1115,31	Intensity:	93,871
Position:	882,14	Intensity:	94,209
Position:	1156,16	Intensity:	94,396
Position:	623,90	Intensity:	95,089
Position:	2931,04	Intensity:	96,422
Position:	1806,28	Intensity:	96,975
Position:	1315,21	Intensity:	97,490
Position:	418,30	Intensity:	99,027
Position:	953,20	Intensity:	100,641
Position:	2683,05	Intensity:	101,430
Position:	1204,46	Intensity:	102,570
Position:	1261,81	Intensity:	102,880
Position:	2357,15	Intensity:	103,494
Position:	2331,29	Intensity:	103,676
Position:	872,50	Intensity:	104,468
Position:	895,68	Intensity:	108,783

Hasil FTIR Kitosan

Tabel Korelasi Gugus Fungsi

Table 10B.2 Simplified Correlation Chart of Molecular Vibrations by Type*

	Type of vibration		Frequency (cm^{-1})	Intensity†
C—H	Alkanes	(stretch)	3000–2850	s
	$-CH_3$	(bend)	1450 and 1375	m
	$-CH_2-$	(bend)	1465	m
	Alkenes	(stretch)	3100–3000	m
		(out-of-plane bend)	1000–650	s
	Aromatics	(stretch)	3150–3050	s
		(out-of-plane bend)	900–690	s
	Alkyne	(stretch)	ca. 3300	s
	Aldehyde		2900–2800	w
			2800–2700	w
C—C	Alkane		not interpretatively useful	
C=C	Alkene		1680–1600	m-w
	Aromatic		1600 and 1475	m-w
C≡C	Alkyne		2250–2100	m-w
C=C	Aldehyde		1740–1720	s
	Ketone		1725–1705	s
	Carboxylic acid		1725–1700	s
	Ester		1750–1730	s
	Amide		1670–1640	s
	Anhydride		1810 and 1760	s
	Acid chloride		1800	s
C—C	Alcohols, ethers, esters, carboxylic acids, anhydrides		1300–1000	s
O—H	Alcohols, phenols			
	Free		3650–3600	m
	H-bonded		3500–3200	m
	Carboxylic acids		3400–2400	m
N—H	Primary and secondary amines and amides			
	(stretch)		3500–3100	m
	(bend)		1640–1550	m-s
C—N	Amines		1350–1000	m-s
C=C	Imines and oximes		1690–1640	w-s
C≡N	Nitriles		2260–2240	m
X=C=Y	Allenes, ketenes, isocyanates, isothiocyanates		2270–1950	m-s
N=O	Nitro ($R-NO_2$)		1550 and 1350	s
S—H	Mercaptans		2550	w
S=O	Sulfoxides		1050	s
	Sulfones, sulfonyl chlorides		1375–1300 and	s
	Sulfates, sulfonamides		1200–1140	s
C—X	Fluoride		1400–1000	s
	Chloride		800–600	s
	Bromide, iodide		<667	s

*Data from Pavia, D. L., Lampman, G. M., Kriz, G. S. 1979. *Introduction to Spectroscopy: A Guide for Students of Organic Chemistry.*

†s = strong, m = medium, w = weak.

Range (cm^{-1}) and Intensity[a]	Group and Class	Assignment and Remarks
3700–3600 (s)	—OH in alcohols and phenols	OH stretch (dil soln)
3520–3320 (m–s)	$-NH_2$ in aromatic amines, primary amines and amides	NH stretch (dil soln)
3420–3250 (s)	—OH in alcohols and phenols	OH stretch (solids & liquids)
3360–3340 (m)	$-NH_2$ in primary amides	NH_2 antisym stretch (solids)
3320–3250 (m)	—OH in oximes	O—H stretch
3300–3250 (m–s)	≡CH in acetylenes	≡CH—H stretch
3300–3280 (s)	—NH in secondary amides	NH stretch (solids); also in polypeptides and proteins
3200–3180 (s)	$-NH_2$ in primary amides	NH_2 sym stretch (solids)
3200–3000 (v br)	$-NH_3^+$ in amino acids	NH_3^+ antisym stretch
3100–2400 (v br)	—OH in carboxylic acids	H-bonded OH stretch
3100–3000 (m)	=CH in aromatic and unsaturated hydrocarbons	=C—H stretch
2990–2850 (m–s)	$-CH_3$ and $-CH_2-$ in aliphatic compounds	CH antisym and sym stretching
2850–2700 (m)	$-CH_3$ attached to O or N	CH stretching modes
2750–2650 (w–m)	—CHO in aldehydes	overtone of CH bending (Fermi resonance)
2750–2350 (br)	$-NH_3^+$ in amine hydrohalides	NH stretching modes
2720–2560 (m)	—OH in phosphorus oxyacids	associated OH stretching
2600–2540 (w)	—SH in alkyl mercaptans	S—H stretch; strong in Raman
2410–2280 (m)	—PH in phosphines	P—H stretch; sharp peak
2300–2230 (m)	N≡N in diazonium salts	N≡N stretch, aq soln
2285–2250 (s)	N=C=O in isocyanates	N=C=O antisym stretch
2260–2200 (m–s)	C≡N in nitriles	C≡N stretch
2260–2190 (w–m)	C≡C in alkynes (disubst)	C≡C stretch; strong in Raman
2190–2130 (m)	C≡N in thiocyanates	C≡N stretch
2175–2115 (s)	N≡C in isonitriles	N≡C stretch
2160–2080 (m)	$N=\overset{+}{N}=\overline{N}$ in azides	N=N=N antisym stretch
2140–2100 (w–m)	C≡C in alkynes (monosubst)	C≡C stretch
2000–1650 (w)	substituted benzene rings	several bands from overtone and combination bands
1980–1950 (s)	C=C=C in allenes	C=C=C antisym stretch
1870–1650 (vs)	C=O in carbonyl compounds	C=O stretch
1870–1830 (s)	C=O in β-lactones	C=O stretch
1870–1790 (vs)	C=O in anhydrides	C=O antisym stretch; part of doublet
1820–1800 (s)	C=O in acid halides	C=O stretch; lower for aromatic acid halides
1780–1760 (s)	C=O in γ-lactones	C=O stretch
1765–1725 (vs)	C=O in anhydrides	C=O sym stretch; part of doublet
1760–1740 (vs)	C=O in α-keto esters	C=O stretch; enol form
1750–1730 (s)	C=O in δ-lactones	C=O stretch
1750–1740 (vs)	C=O in esters	C=O stretch; 20 cm^{-1} lower if unsaturated
1740–1720 (s)	C=O in aldehydes	C=O stretch; 30 cm^{-1} lower if unsaturated
1720–1700 (s)	C=O in ketones	C=O stretch; 20 cm^{-1} lower if unsaturated
1710–1690 (s)	C=O in carboxylic acids	C=O stretch; fairly broad
1690–1640 (s)	C=N in oximes	C=N stretch; also imines
1680–1620 (s)	C=O and NH_2 in primary amides	two bands from C=O stretch and NH_2 deformation
1680–1635 (s)	C=O in ureas	C=O stretch; broad band
1680–1630 (m–s)	C=C in alkenes, etc.	C=C stretch
1680–1630 (vs)	C=O in secondary amides	C=O stretch (Amide I band)

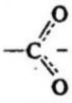
[a] v = very, s = strong, m = medium, w = weak, br = broad.

TABLE 7-3 (Continued)

Range (cm^{-1}) and Intensity[a]	Group and Class	Assignment and Remarks
1670–1640 (s–vs)	C=O in benzophenones	C=O stretch
1670–1650 (vs)	C=O in primary amides	C=O stretch (Amide I band)
1670–1630 (vs)	C=O in tertiary amides	C=O stretch
1655–1635 (vs)	C=O in β-ketone esters	C=O stretch; enol form
1650–1620 (w–m)	N—H in primary amides	NH deformation (Amide II band)
1650–1580 (m–s)	NH_2 in primary amines	NH_2 deformation
1640–1580 (s)	NH_3^+ in amino acids	NH_3 deformation
1640–1580 (vs)	C=O in β-diketones	C=O stretch; enol form
1620–1610 (s)	C=C in vinyl ethers	C=C stretch; doublet due to rotational isomerism
1615–1590 (m)	benzene ring in aromatic compounds	ring stretch; sharp peak
1615–1565 (s)	pyridine derivatives	ring stretch; doublet
1610–1580 (s)	NH_2 in amino acids	NH_2 deformation; broad band
1610–1560 (vs)	COO^- in carboxylic acid salts	$-C(=O)-O$ – antisym stretch
1590–1580 (m)	NH_2 primary alkyl amide	NH_2 deformation (Amide II band)
1575–1545 (vs)	NO_2 in aliphatic nitro compounds	NO_2 antisym stretch
1565–1475 (vs)	NH in secondary amides	NH deformation (Amide II band)
1560–1510 (s)	triazine compounds	ring stretch; sharp band
1550–1490 (s)	NO_2 in aromatic nitro compounds	NO_2 antisym stretch
1530–1490 (s)	NH_3^+ in amino acids or hydrochlorides	NH_3^+ deformation
1530–1450 (m–s)	N=N—O in azoxy compounds	N=N—O antisym stretch
1515–1485 (m)	benzene ring in aromatic compounds	ring stretch, sharp band
1475–1450 (vs)	CH_2 in aliphatic compounds	CH_2 scissors vibration
1465–1440 (vs)	CH_3 in aliphatic compounds	CH_3 antisym deformation
1440–1400 (m)	OH in carboxylic acids	in-plane OH bending
1420–1400 (m)	C—N in primary amides	C—N stretch (Amide III band)
1400–1370 (m)	*t*-butyl group	CH_3 deformations (two bands)
1400–1310 (s)	COO^- group in carboxylic acid salts	$C(=O)-O$ – sym stretch; broad band
1390–1360 (vs)	SO_2 in sulfonyl chlorides	SO_2 antisym stretch
1380–1370 (s)	CH_3 in aliphatic compounds	CH_3 sym deformation
1380–1360 (m)	isopropyl group	CH_3 deformations (two bands)
1375–1350 (s)	NO_2 in aliphatic nitro compounds	NO_2 sym stretch
1360–1335 (vs)	SO_2 in sulfonamides	SO_2 antisym stretch
1360–1320 (vs)	NO_2 in aromatic nitro compounds	NO_2 sym stretch
1350–1280 (m–s)	N=N—O in azoxy compounds	N=N—O sym stretch
1335–1295 (vs)	SO_2 in sulfones	SO_2 antisym stretch
1330–1310 (m–s)	CF_3 attached to a benzene ring	CF_3 antisym stretch
1300–1200 (vs)	$\overset{+}{N}—\overset{-}{O}$ in pyridine *N*-oxides	N—O stretch
1300–1175 (vs)	P=O in phosphorus oxyacids and phosphates	P=O stretch
1300–1000 (vs)	C—F in aliphatic fluoro compounds	C—F stretch
1285–1240 (vs)	Ar—O in alkyl aryl ethers	C—O stretch
1280–1250 (vs)	Si—CH_3 in silanes	CH_3 sym deformation
1280–1240 (m–s)	C—C in epoxides (O)	C—O stretch
1280–1180 (s)	C—N in aromatic amines	C—N stretch
1280–1150 (vs)	C—O—C in esters, lactones	C—O—C antisym stretch

TABLE 7-3 (Continued)

Range (cm^{-1}) and Intensity[a]	Group and Class	Assignment and Remarks
1255–1240 (m)	*t*-butyl in hydrocarbons	skeletal vibration; second band near 1200 cm^{-1}
1245–1155 (vs)	SO_3H in sulfonic acids	S=O stretch
1240–1070 (s–vs)	C—O—C in ethers	C—O—C stretch; also in esters
1230–1100 (s)	C—C—N in amines	C—C—N bending
1225–1200 (s)	C—O—C in vinyl ethers	C—O—C antisym stretch
1200–1165 (s)	SO_2Cl in sulfonyl chlorides	SO_2 sym stretch
1200–1015 (vs)	C—OH in alcohols	C—O stretch
1170–1145 (s)	SO_2NH_2 in sulfonamides	SO_2 sym stretch
1170–1140 (s)	SO_2— in sulfones	SO_2 sym stretch
1160–1100 (m)	C=S in thiocarbonyl compounds	C=S stretch; strong in Raman
1150–1070 (vs)	C—O—C in aliphatic ethers	C—O—C antisym stretch
1120–1080 (s)	C—O—H in secondary or tertiary alcohols	C—O stretch
1120–1030 (s)	C—NH_2 in primary aliphatic amines	C—N stretch
1100–1000 (vs)	Si—O—Si in siloxanes	Si—O—Si antisym stretch
1080–1040 (s)	SO_3H in sulfonic acids	SO_3 sym stretch
1065–1015 (s)	CH—O—H in cyclic alcohols	C—O stretch
1060–1025 (vs)	CH_2—O—H in primary alcohols	C—O stretch
1060–1045 (vs)	S=O in alkyl sulfoxides	S=O stretch
1055–915 (vs)	P—O—C in organophosphorus compounds	P—O—C antisym stretch
1030–950 (w)	carbon ring in cyclic compounds	ring breathing mode; strong in Raman
1000–950 (s)	CH=CH_2 in vinyl compounds	=CH out-of-plane deformation
980–960 (vs)	CH=CH— in trans disubstituted alkenes	=CH out-of-plane deformation
950–900 (vs)	CH=CH_2 in vinyl compounds	CH_2 out-of-plane wag
900–865 (vs)	$CH_2=C(R)(R')$ in vinylidenes	CH_2 out-of-plane wag
890–805 (vs)	1,2,4-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
860–760 (vs, br)	R—NH_2 primary amines	NH_2 wag
860–720 (vs)	Si—C in organosilicon compounds	Si—C stretch
850–830 (vs)	1,3,5-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation
850–810 (vs)	Si—CH_3 in silanes	Si—CH_3 rocking
850–790 (m)	CH=$C(R)(R')$ in trisubst alkenes	CH out-of-plane deformation
850–550 (m)	C—Cl in chloro compounds	C—Cl stretch
830–810 (vs)	*p*-disubst benzenes	CH out-of-plane deformation
825–805 (vs)	1,2,4-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation
820–800 (s)	triazines	CH out-of-plane deformation
815–810 (s)	CH=CH_2 in vinyl ethers	CH_2 out-of-plane wag
810–790 (vs)	1,2,3,4-tetrasubst benzenes	CH out-of-plane deformation
800–690 (vs)	*m*-disubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
785–680 (vs)	1,2,3-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
775–650 (m)	C—S in sulfonyl chlorides	C—S stretch; strong in Raman
770–690 (vs)	monosubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
760–740 (s)	*o*-disubst benzenes	CH out-of-plane deformation
760–510 (s)	C—Cl alkyl chlorides	C—Cl stretch
740–720 (w–m)	$-(CH_2)_n-$ in hydrocarbons	CH_2 rocking in methylene chains; intensity depends on chain length
730–665 (s)	CH=CH in cis disubst alkenes	CH out-of-plane deformation
720–600 (s, br)	Ar—OH in phenols	OH out-of-plane deformation

Range (cm^{-1}) and Intensity[a]	Group and Class	Assignment and Remarks
710–570 (m)	C—S in sulfides	C—S stretch; strong in Raman
700–590 (s)	O—C=O in carboxylic acids	O—C=O bending
695–635 (s)	C—C—CHO in aldehydes	C—C—CHO bending
680–620 (s)	C—OH in alcohols	C—O—H bending
680–580 (s)	C≡C—H in alkynes	C≡C—H bending
650–600 (w)	S—C≡N in thiocyanates	S—C stretch; strong in Raman
650–600 (s)	NO_2 in aliphatic nitro compounds	NO_2 deformation
650–500 (s)	Ar—CF_3 in aromatic trifluoro-methyl compounds	CF_3 deformation (two or three bands)
650–500 (s)	C—Br in bromo compounds	C—Br stretch
645–615 (m–s)	naphthalenes	in-plane ring deformation
645–575 (s)	O—C—O in esters	O—C—O bend
640–630 (s)	$=CH_2$ in vinyl compounds	$=CH_2$ twisting
635–605 (m–s)	pyridines	in-plane ring deformation
630–570 (s)	N—C=O in amides	N—C=O bend
630–565 (s)	C—CO—C in ketones	C—CO—C bend
615–535 (s)	C=O in amides	C=O out-of-plane bend
610–565 (vs)	SO_2 in sulfonyl chlorides	SO_2 deformation
610–545 (m–s)	SO_2 in sulfones	SO_2 scissoring
600–465 (s)	C—I in iodo compounds	C—I stretch
580–530 (m–s)	C—C—CN in nitriles	C—C—CN bend
580–520 (m)	NO_2 in aromatic nitro compounds	NO_2 deformation
580–430 (s)	ring in cycloalkanes	ring deformation
580–420 (m–s)	ring in benzene derivatives	in-plane and out-of-plane ring deformations (two bands)
570–530 (vs)	SO_2 in sulfonyl chlorides	SO_2 rocking
565–520 (s)	C—C=O in aldehydes	C—C=O bend
565–440 (w–m)	C_nH_{2n+1} in alkyl groups	chain deformation modes (two bands)
560–510 (s)	C—C=O in ketones	C—C=O bend
560–500 (s)	– in amino acids	 – rocking
555–545 (s)	$=CH_2$ in vinyl compounds	$=CH_2$ twisting
550–465 (s)	C—C=O in carboxylic acids	C—C=O bend
545–520 (s)	naphthalenes	in-plane ring deformation
530–470 (m–s)	NO_2 in nitro compounds	NO_2 rocking
520–430 (m–s)	C—O—C in ethers	C—O—C bend
510–400 (s)	C—N—C in amines	C—N—C bend
490–465 (variable)	naphthalenes	out-of-plane ring bending
440–420 (s)	Cl—C=O in acid chlorides	Cl—C=O in-plane deformation
405–400 (s)	S—C≡N in thiocyanates	S—C≡N bend