



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERBANDINGAN EFEKTIFITAS KITOSAN DARI KEPITING
RAJUNGAN DAN KEPITING HIJAU SEBAGAI BIOKOAGULAN,
SERTA PAC SEBAGAI KOAGULAN KIMIA**

SKRIPSI

**DENNY SETIAWAN
0606077983**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI LINGKUNGAN
DEPOK
JANUARI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERBANDINGAN EFEKTIFITAS KITOSAN DARI KEPITING
RAJUNGAN DAN KEPITING HIJAU SEBAGAI
BIOKOAGULAN, SERTA PAC SEBAGAI KOAGULAN KIMIA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**DENNY SETIAWAN
0606077983**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI LINGKUNGAN
DEPOK
JANUARI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Denny Setiawan

NPM : 0606077983

Tanda Tangan : 

Tanggal : 5 Januari 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Denny Setiawan

NPM : 0606077983

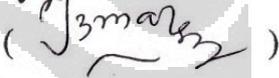
Program Studi : Lingkungan

Judul Skripsi : Perbandingan Efektifitas Kitosan Dari Kepiting Rajungan Dan
Kepiting Hijau Sebagai Biokoagulan, Serta Pac Sebagai Koagulan Kimia

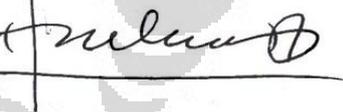
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Djoko M. Hartono, SE, M. Eng. ()

Pembimbing : Ir. Irma Gusniani, Msc. ()

Penguji : Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA. ()

Penguji : Ir. Gabriel S. B. Andari, M. Eng, Ph. D. ()

Ditetapkan di : Depok.

Tanggal : 5 Januari 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Lingkungan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr. Ir. Djoko M. Hartono, SE, MEng, sebagai dosen pembimbing pertama yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Ir. Irma Gusniani, Msc., sebagai dosen pembimbing kedua yang juga telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (3) rumah makan Seribu Pulau yang sudah bersedia memberikan limbah cangkang kepiting untuk penelitian;
- (4) bapak Ardi yang juga sudah bersedia memberikan cangkang rajungan untuk dilakukannya penelitian;
- (5) Sri Diah Handayani dan Licka Kamadewi yang telah menyumbangkan tenaga dan pikiran sebagai laboran yang membantu di dalam pengerjaan penelitian di laboratorium;
- (6) Teman-teman teknik lingkungan 2006 yang juga sudah memberikan dukungan, terutama kepada Epifani Satiti dan Antonius Benedictus yang terus bersedia memberikan bantuan di dalam penelitian ini; dan
- (7) Orang tua dan keluarga untuk doa dan dukungan yang terus diberikan.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Denny Setiawan
NPM : 0606077983
Program Studi : Lingkungan
Departemen : Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :
Perbandingan Efektifitas Kitosan Dari Kepiting Rajungan Dan Kepiting Hijau Sebagai Biokoagulan, Serta Pac Sebagai Koagulan Kimia

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 5 Januari 2011

Yang menyatakan



(Denny Setiawan)

Abstrak

Nama : Denny Setiawan
Program Studi : Lingkungan
Judul Skripsi : Perbandingan Efektifitas Kitosan Dari Kepiting Rajungan Dan Kepiting Hijau Sebagai Biokoagulan, Serta Pac Sebagai Koagulan Kimia

Skripsi ini membahas proses dan jumlah kitosan yang diproduksi dari cangkang rajungan dan cangkang kepiting hijau, karakterisasi kitosan, dan pengujian kitosan sebagai koagulan jika dibandingkan dengan koagulan PAC (*Poly Aluminum Chloride*) untuk menjernihkan air sungai Kalimalang. Jumlah kitosan yang diproduksi dari cangkang kepiting hijau sebesar 12.34 gram dari 420 gram cangkang kepiting kering, dan sebesar 21 gram dari 300 gram cangkang rajungan kering. Faktor-faktor yang menyebabkan sedikitnya jumlah kitosan di dalam pembuatan dijelaskan di dalam skripsi ini.

Karakterisasi kitosan didapat melalui pengukuran kandungan nitrogen dan derajat deasetilasi. Besar kandungan nitrogen yang didapat dari kitosan cangkang kepiting hijau, kitosan cangkang rajungan produksi 1 dan kitosan cangkang rajungan produksi 2 adalah 6.208 %, 5.5656 %, dan 5.288 %. Besar derajat deasetilasi secara berturut-turut adalah: 53.47 %, 20.57 %, 53.32 %.

Penggunaan kitosan sebagai koagulan diuji dengan menggunakan metode Jar Test dibandingkan dengan PAC. Air sampel didapat dari air sungai Kalimalang dengan tingkat kekeruhan sekitar 947 NTU. Efisiensi dosis optimum cangkang kepiting hijau, cangkang rajungan produksi 1, cangkang rajungan produksi 2, dan PAC secara berturut-turut adalah 8, 40, 50, dan 50 ppm. Efisiensi removal mencapai 99 % untuk semua koagulan untuk menurunkan kekeruhan hingga batas di bawah 5 NTU. Selain itu, juga dilakukan penelitian untuk mencoba penggabungan kitosan dengan PAC dalam mengkoagulasi dan flokulasi. Kemampuan kitosan untuk mengkoagulasi juga dipengaruhi oleh nilai pH, dimana pH optimum bagi kitosan untuk mengkoagulasi air sungai Kalimalang adalah pada daerah pH netral dengan batas sekitar 7.5.

Kata kunci: kitosan, cangkang kepiting hijau, cangkang kepiting rajungan, koagulan, biokoagulan, koagulasi, flokulasi

Abstract

Nama : Denny Setiawan
Study Program : Environmental
Title : Comparing effectiveness between Chitosan from blue crab shell and mud crab shell as biocoagulant, also PAC as chemical coagulant.

The focus of study are discuss about the process and amount of chitosan produced from blue crab shell and mud crab shell, characterization of chitosan, and observe chitosan effectiveness as coagulant compared with PAC (Poly Aluminum Chloride) in clarifying Kalimalang river. The amounts of chitosan produced from mud crab shell are 12.34 gram from 420 gram dry mud crab shell, and 21 gram from 300 gram blue crab shell. Factors affecting amount of chitosan produced explained in this study.

Chitosan characterization obtained from measurement of nitrogen content and degree of deacetylation. Nitrogen content from mud crab shell chitosan, blue crab shell chitosan 1, and blue crab shell chitosan 2 are 6.208 %, 5.5656 %, dan 5.288 %. Degrees of deacetylation for each chitosan are 53.47 %, 20.57 %, 53.32 %.

Performance of chitosan as coagulant measured using Jar Test method compared with PAC. Water sample obtained from Kalimalang river with turbidity 947 NTU. Optimum dose for chitosan from mud crab shell, blue crab shell 1, blue crab shell 2, and PAC are 8, 40, 50, and 50 ppm. Removal efficiencies reached to 99 % for all type of coagulant, reduced turbidity to the limit under 5 NTU. Furthermore the research also tried to integrate chitosan with PAC in coagulation and flocculation. Chitosan performance in coagulation affected by pH value, where optimum pH for chitosan to coagulate Kalimalang river water sample at neutral pH range with upper limit about 7.5.

Keywords: chitosan, mud crab shell, blue crab shell, coagulant, biocoagulant, coagulation, flocculation.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Perumusan Masalah.....	2
1.4 Metodologi Penelitian.....	3
1.5 Hasil yang Diharapkan.....	3
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pengertian Kitosan.....	4
2.2 Kegunaan Kitosan.....	7
2.3 Proses Pembuatan Kitosan.....	8
2.4 Koagulasi dan Flokulasi.....	10
2.4.1 Poly-Aluminum Chloride (PAC).....	10
2.4.2 Kitosan Sebagai Koagulan.....	12
2.4.3 Proses Koagulasi.....	15
2.4.4 Proses Flokulasi.....	16
2.5 Koloid.....	16
2.6 Tingkat Efisiensi Kitosan Sebagai Koagulan.....	17
3. METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Alat dan Bahan.....	22
3.1.1 Alat.....	22
3.1.2 Bahan.....	22
3.2 Prosedur Pembuatan Kitosan.....	23
3.2.1 Persiapan Sampel Cangkang Kepiting.....	23
3.2.2 Demineralisasi.....	23
3.2.3 Proteinasi.....	23
3.2.4 Deasetilasi.....	24
3.3 Karakterisasi Kitosan.....	24
3.3.1 Penentuan Kadar Nitrogen.....	24
3.3.2 Penentuan Derajat Deasetilasi.....	25
3.4 Pengujian Kitosan Sebagai Koagulan.....	26
3.4.1 Prosedur Jar Test.....	26
3.4.2 Analisa Hasil Jar Test.....	26

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Produksi Kitosan.....	27
4.1.1 Proses Produksi Kitosan.....	27
4.1.1.1 Produksi Kitosan dari Cangkang Kepiting Hijau.....	27
4.1.1.2 Produksi Kitosan dari Cangkang Rajungan.....	31
4.1.1.3 Analisa Hasil Berdasarkan Jumlah Berat yang Hilang	34
4.1.2 Kendala dalam Proses Produksi.....	35
4.1.3 Perkiraan Bahan dan Biaya Produksi Kitosana 1 Kg.....	36
4.2 Karakterisasi Kitosan.....	38
4.3 Efektifitas Kitosan.....	46
4.3.1 Perbandingan Efektifitas Kitosan dan PAC.....	46
4.3.2 Efektifitas Kitosan Berdasarkan Waktu Penyimpanan.....	53
4.3.3 Efektifitas Penggabungan antara PAC dan Kitosan.....	55
4.3.4 Efektifitas Kitosan menggunakan variasi pH.....	57
4.4 Kelebihan dan Kekurangan Kitosan.....	59
4.4.1 Kekurangan Kitosan.....	59
4.4.2 Kelebihan Kitosan.....	60
5. KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	62
DAFTAR REFERENSI	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur kitin.....	4
Gambar 2.2	Struktur kitosan.....	4
Gambar 2.3	Proses deasetilasi kitin menjadi kitosan	10
Gambar 3.1	Bagan alir pembuatan kitosan.....	19
Gambar 3.2	Bagan alir karakterisasi kitosan.....	20
Gambar 3.3	Bagan alir jar test untuk penentuan dosis optimum.....	21
Gambar 3.4	Bagan alir untuk pengukuran pH optimum.....	22
Gambar 4.1	Bagan alir pembuatan kitosan dari kepiting hijau.....	30
Gambar 4.2	Bagan alir pembuatan kitosan dari cangkang rajungan.....	33
Gambar 4.3	Perbandingan persentase berat yang hilang dari setiap proses antara cangkang kepiting dan cangkang rajungan.....	34
Gambar 4.4	Bagan alir pembuatan kitosan 1 kg.....	35
Gambar 4.5	Hasil spektrofotometri FT-IR sampel kitosan kepiting hijau	41
Gambar 4.6	Hasil spektrofotometri FT-IR sampel kitosan rajungan produksi 1	41
Gambar 4.7	Hasil spektrofotometri FT-IR sampel kitosan rajungan produksi 2.....	42
Gambar 4.8	Grafik spektrofotometri pembanding standar kitosan.....	42
Gambar 4.9	Spektrofotometri kitosan kepiting hijau	43
Gambar 4.10	Spektrofotometri sampel kitosan pembanding.....	43
Gambar 4.11	Grafik dari sampel kitosan produksi 2 untuk contoh penentuan baseline.....	44
Gambar 4.12	Perbandingan efisiensi penghilangan kekeruhan antar koagulan sesuai dengan dosis.....	49
Gambar 4.13	Perbandingan persen removal kekeruhan antar koagulan sesuai dengan dosis.....	49
Gambar 4.14	Penentuan dosis optimum kitosan.....	51
Gambar 4.15	Perbandingan koagulan berdasarkan waktu penyimpanan... 54	
Gambar 4.16	Efektifitas penggabungan PAC dengan kitosan dosis 10 ppm.....	55
Gambar 4.17	Perbandingan variasi pH antar jenis koagulan.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ukuran partikel yang ditemukan dalam pengolahan air..	17
Tabel 2.2	Hubungan pengurangan kekeruhan dan warna terhadap perbandingan dosis koagulan dan kitosan.....	18
Tabel 4.1	Proses produksi kitosan dilihat dari pengurangan berat cangkang kepiting hijau.....	28
Tabel 4.2	Proses produksi kitosan dilihat dari pengurangan berat cangkang rajungan.....	31
Tabel 4.3	Proses produksi kitosan untuk membuat satu kilogram kitosan.....	36
Tabel 4.4	Jumlah biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan bahan pembuatan kitosan.....	38
Tabel 4.5	Kandungan nitrogen dan derajat deasetilasi dari sampel kitosan.....	39
Tabel 4.6	Karakterisasi kitosan.....	39
Tabel 4.7	Kondisi awal parameter beserta nilai parameter yang diharapkan sebagai output jar tes.....	47
Tabel 4.8	Efisiensi jar test dari PAC.....	47
Tabel 4.9	Efisiensi jar test dari kitosan kepiting hijau.....	48
Tabel 4.10	Efisiensi jar test dari kitosan rajungan produksi 1.....	48
Tabel 4.11	Efisiensi jar test dari kitosan rajungan produksi 2.....	48
Tabel 4.12	Penentuan dosis optimum dari kitosan kepiting hijau.....	50
Tabel 4.13	Penentuan dosis optimum dari kitosan rajungan produksi...	51
Tabel 4.14	Efektifitas koagulan setelah penambahan pH menjadi 7.4-7.5 dengan menggunakan kapur (CaCO ₃).....	52
Tabel 4.15	Melihat efektifitas koagulan setelah penambahan pH menjadi 7.7-7.8 menggunakan kapur (CaCO ₃).....	52
Tabel 4.16	Jar test kitosan kepiting hijau yang baru dilarutkan...	53
Tabel 4.17	Jar test kitosan kepiting hijau yang telah dilarutkan dan disimpan selama dua minggu.....	54
Tabel 4.18	Efektifitas penggabungan antara PAC dan kitosan dosis 10 ppm.....	55
Tabel 4.19	Efektifitas koagulan : PAC optimum setelah penambahan kapur (CaCO ₃) menjadi pH 7.4-7.5.....	56
Tabel 4.20	Efektifitas koagulan : PAC optimum setelah penambahan kapur (CaCO ₃) menjadi pH 7.7-7.8.....	56
Tabel 4.21	Efektifitas koagulan : PAC (1:10) dengan pH sampel (7.02).....	57
Tabel 4.22	Efektifitas koagulan : PAC (1:10) setelah penambahan kapur (CaCO ₃) menjadi pH 7.4-7.5.....	57
Tabel 4.23	Efektifitas kitosan kepiting hijau variasi pH dengan dosis optimum 8 ppm.....	58
Tabel 4.24	Efektifitas kitosan rajungan produksi 1 variasi pH dengan dosis optimum 8 ppm.....	58
Tabel 4.25	Efektifitas PAC dosis 50 ppm.....	58

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Tingkat kualitas air baku di Indonesia sekarang ini sudah semakin menurun yang di beberapa sumber air baku sudah tidak memenuhi baku mutu standar sesuai dengan PP No. 82 tahun 2001 oleh karena tingginya tingkat pencemaran di badan air. Oleh karena itu harus ada inovasi untuk meningkatkan efisiensi di dalam pengolahan air minum tanpa meningkatkan biaya tidak terlalu besar dikarenakan semakin tinggi tingkat kekeruhan di dalam air baku pasti ada peningkatan jumlah koagulan yang digunakan. Koagulan dengan jenis seperti tawas dan Poly-aluminum chloride (PAC) menghasilkan residu aluminum dan klorida, jika penggunaan koagulan semakin bertambah maka residu yang dihasilkan akan semakin tinggi. Beberapa penelitian untuk menggantikan koagulan kimia tersebut sedang berkembang dan telah ditemukan beberapa koagulan alami yang lebih ramah lingkungan, seperti biji kelor dan kitosan.

Kitosan merupakan turunan dari kitin dan umumnya berasal dari limbah udang, kepiting, dan hewan laut lainnya yang memiliki cangkang. Kitosan di dapat dengan cara *deacetylation* yang berarti penghilangan kelompok *acetyl* di dalam kitin. Sudah ada beberapa penelitian atau studi yang menggunakan kitosan sebagai koagulan dan menunjukkan tingkat penjernihan air yang cukup signifikan, seperti penelitian yang dilakukan oleh Mu'minah tahun 2008 kitosan dapat menghilangkan kekeruhan air sungai Cikapundung hingga 99.88 % pada dosis kitosan optimum konsentrasi 4 ppm. bahkan di beberapa kasus, seperti penelitian yang dilakukan oleh Harry Agusnar tahun 2005 dalam mengolah air limbah industri penggumpalan karet tingkat efisiensi kitosan jauh lebih baik dari pada koagulan kimia yang digunakan untuk menghilangkan kekeruhan, yaitu mencapai 97 % dibandingkan dengan tawas yang diuji hanya mencapai sekitar 87 %.

Kitosan yang dapat dibuat dari variasi sumber hewan tentunya akan menghasilkan kualitas kitosan yang berbeda, melalui penelitian ini yang akan membandingkan kitosan yang terbuat dari limbah cangkang rajungan dan limbah kepiting hijau serta nantinya akan dibandingkan dengan koagulan kimia PAC

diharapkan akan diketahui karakteristik yang mempengaruhi kualitas koagulan dan kitosan mana yang lebih baik untuk digunakan sebagai koagulan.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Memproduksi serta mendapatkan karakteristik kitosan yang terbuat dari cangkang rajungan dan kepiting hijau dilihat dari beberapa parameter, diantaranya adalah kandungan nitrogen dan derajat deasetilasi.
2. Membandingkan efektifitas kitosan sebagai koagulan dari masing-masing bahan baku serta dibandingkan juga dengan PAC sebagai koagulan kimia.
3. Mengetahui karakteristik dari kitosan yang paling berpengaruh dalam meningkatkan kualitas kitosan sebagai koagulan dengan melihat perbandingan karakteristik kitosan terbuat dari cangkang rajungan dengan kepiting hijau.
4. Mengetahui kelebihan-kelebihan kitosan jika digunakan sebagai koagulan dibandingkan dengan PAC dengan melihat harga produk, jumlah dosis, waktu tinggal, dan pH optimum.

1.3 Perumusan Masalah

Permasalahan yang ingin diselesaikan di dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa jumlah kitosan yang diproduksi dari setiap cangkang yang diteliti?
2. Bagaimana karakteristik kandungan nitrogen dan derajat deasetilasi dari kitosan yang diproduksi?
3. Berapa dosis kitosan yang dibutuhkan untuk mendapatkan tingkat removal paling besar?
4. Adakah kondisi tertentu, seperti kondisi pH dari sampel untuk meningkatkan tingkat removal dari kitosan?
5. Berapa tingkat efektifitas dan dosis kitosan jika dibandingkan dengan PAC?

1.4 Metodologi Pelaksanaan

Metode pelaksanaan pengerjaan tugas akhir adalah dengan melakukan penelitian dari sampel yang akan diuji dengan mengacu pada juga pada data-data sekunder. Tahapan penelitian dilakukan sebagai berikut:

1. Tahapan pembuatan kitosan masing-masing berasal dari limbah cangkang rajungan dan kepiting hijau, melalui tahapan pengambilan kitin dari cangkang melalui demineralisasi dan deproteinasi. Kemudian tahapan perubahan kitin menjadi kitosan melalui tahap deasetilasi.
2. Kitosan yang sudah jadi kemudian di karakterisasi dengan melihat persen deasetilasi menggunakan spektrofotometri *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), menentukan besar kandungan nitrogen yang terkandung, dan massa molekul rata-rata kitosan.
3. Kitosan yang sudah melalui tahap karakterisasi kemudian akan digunakan untuk diuji untuk simulasi proses koagulasi dan flokulasi melalui jar test menggunakan sampel air sungai. Kitosan tersebut juga akan dibandingkan dengan penggunaan PAC.

1.5 Hasil yang Diharapkan

Melalui penelitian ini diharapkan akan mendapat:

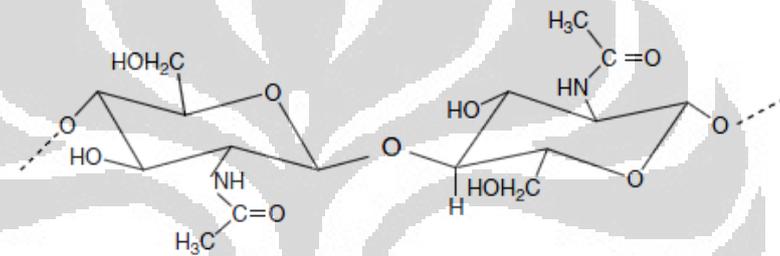
1. Perbandingan jumlah kitosan yang dihasilkan masing-masing dari bahan baku cangkang rajungan dan kepiting hijau.
2. Karakteristik masing-masing kitosan hasil dari karakterisasi sesuai dengan parameter yang ditentukan, yaitu besar kandungan nitrogen dan derajat deasetilasi.
3. Dosis dan kondisi optimal untuk mendapatkan tingkat removal terbesar.
4. Mendapatkan koagulan yang paling efektif antara kitosan dari cangkang rajungan atau cangkang kepiting hijau dibandingkan dengan PAC dilihat dari parameter yang telah dicek.
5. Mengetahui parameter dari karakteristik kitosan yang paling mempengaruhi kualitas kitosan sebagai koagulan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Kitosan

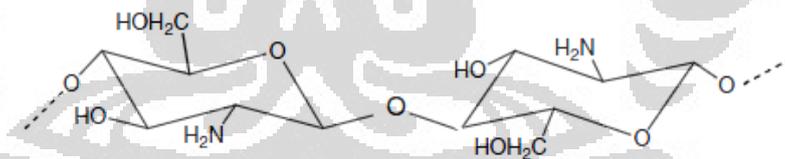
Kitosan dapat diartikan sebagai berikut:

- Kitosan adalah produk hasil turunan dari kitin.
- Kitosan merupakan senyawa yang mempunyai rumus kimia poli β -(1,4)-2-amino-2-dioksi-D-glukosa yang dapat dihasilkan dari proses hidrolisis kitin menggunakan basa kuat (proses deasetilasi) (Srijanto dan Imam, 2005).



Gambar 2.1 Struktur Kitin

Sumber: Gamage dan Sahidi, 2007



Gambar 2.2 Struktur Kitosan

Sumber: Gamage dan Sahidi, 2007

Kitosan memiliki berbagai macam manfaat dan kegunaan, hal ini dapat terjadi dikarenakan oleh beberapa sifat alami yang dibagi menjadi dua, yaitu sifat kimia dan sifat biologi, beberapa sifat kimia dari kitosan diantaranya (Dutta, P., Dutta, J., dan Tripathi, 2004):

- *Linear polyimine*
- Kelompok amino yang reaktif
- Kelompok hidroksi yang reaktif
- Dapat melakukan *chelation* terhadap ion logam transisi

Sifat biologi dari kitosan, sebagai berikut:

- Biopolimer, merupakan natural polimer, *biodegradable*, dan tidak toksik
- Dapat berikatan dengan sel mamalia dan sel mikroba secara agresif.
- Mampu meningkatkan pembentukan tulang.
- Bersifat hemostatik, fungistatik, spermisidal, antitumor, antikolesterol.
- Bersifat sebagai depresan pada sistem syaraf pusat.

Oleh karena sifat-sifat tersebut kitosan mudah dibentuk menjadi spons, larutan, gel, pasta, membran, dan serat yang sangat bermanfaat dalam berbagai macam aplikasi.

Kitin adalah polimer berantai panjang dari *N-acetylglukosamine*. Kitin merupakan komponen utama penyusun suatu bagian tubuh (sebagian besar untuk exoskeleton atau dinding sel dari organisme) dari kelompok organisme berikut (Beaney, Mendoza, Healy, 2004):

- Kitin terdapat di dinding sel dari fungi,
- *exoskeletons* dari artropoda seperti crustacean (contoh: kepiting, lobster, udang) dan serangga,
- Moluska, contoh: kerang
- Cephalopoda, contoh: cumi-cumi dan gurita.

Cho et al., (1998) menjelaskan limbah cangkang dari *crustaceae* terdiri dari 30-50 % kalsium karbonat, 30-40 % protein, dan kitin 20-30 %, tetapi komposisi tersebut bervariasi tergantung dari jenis, tempat hidup, dan musimnya (Bolot et al., 2010). Berdasarkan Tharanathan dan Kittur (2003) Kandungan kitin dari rajungan (*blue crab*) dilaporkan sekitar 14 %. Nair dan Madhavan (1989) menjelaskan bahwa kitin yang diekstraksi dari kepiting hijau (*Scylla serrate*) dilaporkan memiliki kandungan di dalam karapas (*carapace*) 20.05 %. Sedangkan

di cakarnya 10.0 % dan kaki 14.0 %. Berdasarkan sumber lain, yaitu Das et al. (1996) mengamati kandungan kitin adalah 16.7 % (kaki), 11.67 % (karapas), dan 10.42 % (cakar) di dalam kepiting hijau (*Scylla serrate*) dan rajungan (*blue crab/Portunus pelagicus*) adalah 20.19 % (kaki), 13.51 % (karapas), dan 11.67 % (cakar) (Chakraborty, Ghosh, dan Raffi, 2010). Keberadaan kitin dapat diuji dengan menambahkan KI yang memberikan warna coklat, kemudian jika ditambahkan asam sulfat berubah warnanya menjadi violet (Puspawati dan Simpen, 2010).

Perbedaan kitosan dan kitin ada pada jumlah kandungan nitrogen di dalamnya, jika kandungan nitrogen kurang dari 7 % maka polimer tersebut adalah kitin dan jika kandungan nitrogennya lebih dari 7 % maka itu disebut sebagai kitosan (Krissetiana, 2004). Tergantung lama dan variasi perlakuan proses deasetilasi kitin, kitin yang telah terdeasetilasi akan mengandung sekitar 5 hingga 8 persen (w/v) nitrogen, dimana sebagian besar akan dalam bentuk kelompok *amino aliphatic* utama ($R-NH_2$) yang ada di dalam kitosan (Dutta P., Dutta J., dan Tripathi, 2004). Semakin tinggi kandungan nitrogen maka akan semakin kuat daya adsorpsinya (Krissetiana, 2004). Dengan menggunakan metode makro kjeldahl dapat diketahui besar kandungan nitrogen yang ada di dalam kitosan.

Parameter penting lainnya selain kandungan nitrogen adalah derajat deasetilasi. Derajat deasetilasi menunjukkan banyaknya gugus asetil yang hilang saat proses deasetilasi di dalam pembuatan kitosan. Derajat deasetilasi terendah yang dimiliki kitosan berdasarkan literatur menunjukkan rentang dari 40 %, 50 %, hingga 60 %. Kitosan yang umum dikomersialkan memiliki rentang derajat deasetilasi dari 70-90 %, dan tingkat derajat deasetilasi selalu lebih rendah dari 95 %. Untuk aplikasi khusus, kitosan dengan derajat deasetilasi hingga >95 % dapat dicapai dengan langkah deasetilasi yang lebih jauh (Balazs dan Sipos, 2007). Kitin yang dideasetilasi menggunakan NaOH 40 % menggunakan suhu 120 °C selama 1 – 3 jam menghasilkan kitosan dengan derajat deasetilasi sekitar 70 % (Kumar, 2000). Penentuan derajat deasetilasi dapat dilakukan dengan metode spektroskopi inframerah atau FTIR.

Di dalam pembacaan spektrofotometri FTIR ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pembacaan, di antaranya (Ahmad, Kok Khiang Peh, Hung Seng Ching, 2002):

- Penentuan *baseline* yang berbeda akan menghasilkan nilai derajat deasetilasi yang berbeda.
- Kondisi sampel kitosan harus sepenuhnya kering, oleh karena keberadaan air yang terdapat di dalam kitosan dapat mempengaruhi intensitas di dalam pembacaan pita hidroksi di A_{3450} .

Pemanfaatan kitin dan kitosan memiliki rentang pemanfaatan yang cukup luas, seperti farmasi, pengolahan limbah cair, kosmetik, pengikatan logam berat, katalis heterogen dan banyak pemanfaatan lainnya. Untuk aplikasi tertentu diperlukan modifikasi kimia dari biopolymer tersebut, oleh karena itu, harus ada pembentukan larutan kitin atau kitosan yang stabil dan homogen untuk meningkatkan efisiensi dari modifikasi (Haibo Xie, Suobo Zhang, Shenghai Li., 2006). Tetapi, pengikatan hydrogen *inter- and intramolecular* yang sangat kuat antar rantai polimer mengurangi tingkat kelarutan dari kitin dalam banyak pelarut organik, selain itu kitin bersifat hidrofobik. Secara tradisional, larutan terkonsentrasi (larutan pekat) dari *hydrochloric acid* (HCl) dan *sulfuric acid* (H_2SO_4), dan *alkaline-ice mixture* digunakan untuk melarutkan kitin. Tetapi, larutan ini sangat korosif dan larutan polimer tersebut tidak stabil dikarenakan kitin mengalami hidrolisis dalam larutan asam kuat. Sedangkan kitosan,, merupakan produk hasil deasetilasi kitin adalah polimer yang mudah terlarut di dalam larutan asam mineral dan organik yang telah diencerkan (Haibo Xie, Suobo Zhang, Shenghai Li., 2006). Salah satu asam organik yang umum digunakan untuk melarutkan kitosan adalah asam asetat 1-2 %.

2.2 Kegunaan kitosan

Menurut Krissetiana (2004), kitosan memiliki banyak macam kegunaan, yaitu:

1. Di dalam industri tekstil, pada kerajinan batik kitosan dapat menggantikan malam (wax). Selain itu, kitosan dapat digunakan untuk memperkuat warna pada kain.

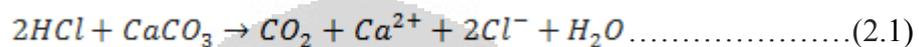
2. Pada bidang kedokteran, ada beberapa kegunaan kitosan:
 - Kitosan dan kitin dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan benang operasi. Keunggulan dari benang operasi ini adalah dapat terurai dan diserap ke dalam jaringan tubuh, tidak toksik, dapat disterilisasi, dan dapat disimpan untuk waktu yang lama
 - Kitosan dapat digunakan untuk mengabsorpsi lemak, pengobatan luka, pengisi tulang dan gigi buatan.
3. Di dalam industri makanan, oleh karena sifat kitosan dapat mengikat air dan lemak, sehingga keduanya dapat digunakan sebagai media pewarna makanan. Kitosan berguna sebagai zat anti bakteri dan jamur sehingga makanan dapat bertahan lebih lama tanpa harus menggunakan pengawet kimia.
4. Kitosan digunakan sebagai salah satu bahan untuk membuat lotion dan shampoo cair.
5. Oleh karena sifat kitosan yang polikationik, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai koagulan dalam penanganan limbah protein yang selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Pada penanganan limbah cair, kitosan sebagai *chelating agent* yang dapat menyerap logam beracun seperti merkuri, timah, tembaga dan kobalt dalam perairan dan untuk mengikat zat warna tekstil dalam air limbah

2.3 Proses Pembuatan Kitosan

Ekstraksi kitin umumnya melalui tahapan penggilingan, deproteinasi, demineralisasi, pengeringan, sedangkan kitosan diperoleh dengan penambahan alkali kuat terhadap kitin pada suhu tinggi. Di beberapa literatur menunjukkan bahwa ada variasi konsentrasi dan lama reaksi dari setiap proses demineralisasi, deproteinasi, dan deasetilasi. Tahapan pembuatan kitosan dari kitin melalui beberapa tahap berikut (Lertsutthiwong et al., 2002):

- 1) Penggilingan, pada tahapan ini limbah cangkang yang digunakan akan dihancurkan terlebih dahulu untuk dijadikan bubuk yang kemudian akan masuk ke tahap demineralisasi.

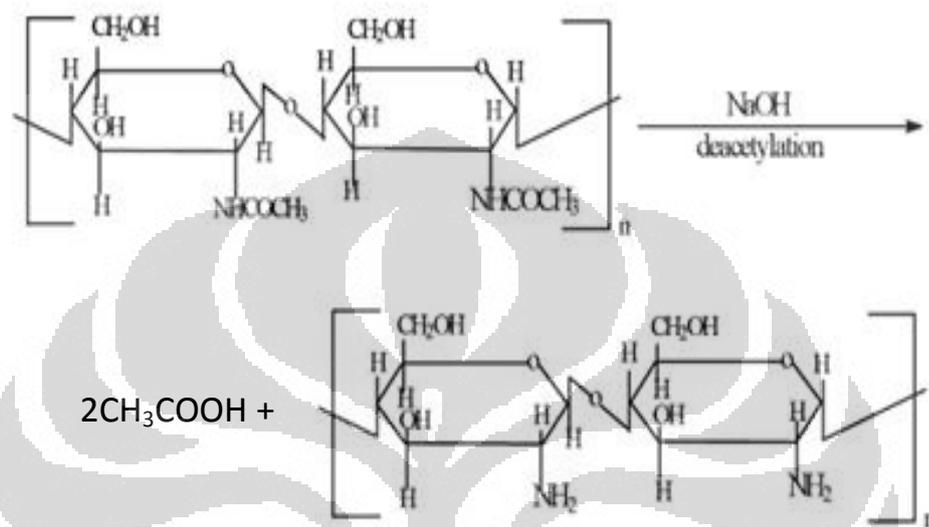
- 2) Demineralisasi, tahapan ini merupakan tahap penghilangan mineral dari serbuk cangkang menggunakan HCl sebagai pereaksi yang kemudian dipanaskan pada suhu dan lama waktu yang telah ditentukan. Demineralisasi adalah tahapan untuk menghilangkan mineral, yaitu kalsium karbonat (CaCO_3) yang terkandung di dalam kitin (Rana et al., 2009) bahan kimia yang umum digunakan untuk proses demineralisasi adalah HCl. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



- 3) Deproteinasi, serbuk cangkang yang telah melalui tahap demineralisasi dapat dilanjutkan ke tahap deproteinasi yang merupakan tahap penghilangan protein di dalam serbuk cangkang. Tahapan ini menggunakan NaOH sebagai pereaksi yang kemudian dipanaskan pada suhu dan lama waktu yang telah ditentukan. Serbuk cangkang yang sudah mengalami proses penghilangan mineral dan protein dapat disebut sebagai kitin. Urutan tahapan demineralisasi dan deproteinasi dapat ditukar menjadi deproteinasi-demineralisasi. Tetapi berdasarkan Alamsyah, *et al.* di dalam penelitian berjudul *Pengolahan kitosan larut dalam air dari kulit udang sebagai bahan baku industri*, dari penelitian yang sudah dilakukan tersebut tahapan demineralisasi-deproteinasi akan mendapatkan redemen kitosan lebih banyak (Puspawati dan Simpen, 2010, hal.80). Ini dikarenakan mineral membentuk *shield* (pelindung) yang keras pada kulit udang dan cangkang kepiting, pada umumnya mineral lebih keras dibandingkan protein, sehingga dengan menghilangkan mineral terlebih dahulu, pada tahap deproteinasi basa dapat lebih optimal menghilangkan protein, karena pelindung yang terbuat dari mineral telah hilang (Puspawati dan Simpen, 2010).

- 4) Deasetilasi kitin menjadi kitosan, Tahapan ini merupakan tahapan untuk merubah kitin menjadi kitosan dengan menghilangkan gugus asetil menggunakan basa kuat NaOH dengan suhu dan waktu yang telah ditentukan. Yang kemudian kitosan yang didapat akan dilanjutkan ke tahapan pemurnian kitosaan. Untuk menguji

kemurniannya, maka kitosan yang telah kering dilarutkan dalam larutan asam asetat 2% dengan perbandingan 1:100 antara kitosan dengan pelarut.



Gambar 2.3 Proses deasetilasi kitin menjadi kitosan

Sumber: Majeti dan Kumar, 2000

Mukherjee berdasarkan *Method for producing chitin or chitosan* menyatakan bahwa kitosan dikatakan mempunyai kemurnian yang tinggi bila larut dalam larutan asam asetat 2% tersebut (Puspawati dan Simpen, 2010, hal. 83).

2.4 Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi dan flokulasi merupakan proses kimia yang digunakan untuk menghilangkan bahan pencemar yang tersuspensi ataupun pencemar dalam bentuk koloid di dalam air. Untuk partikel terutama tipe koloid, partikel ini tidak dapat mengendap dengan sendirinya sehingga sulit untuk ditangani dengan perlakuan fisik seperti proses sedimentasi. Di dalam proses koagulasi dan flokulasi ada penambahan bahan koagulan yang bersifat sebagai pengikat partikel pencemar di dalam air yang kemudian akan membentuk gumpalan atau flok. Proses pembentuk flok ini dibantu melalui tahap koagulasi yang selanjutnya masuk ke tahap flokulasi. Proses koagulasi

adalah proses pengadukan cepat agar proses pembentukan flok dapat berlangsung dengan cepat dan merata. Setelah proses koagulasi, dilanjutkan ke proses flokulasi yang merupakan proses pengadukan lambat agar campuran dapat membentuk flok yang berukuran lebih besar sehingga pengendapan dapat berlangsung dengan cepat.

Partikel yang umumnya harus melalui proses koagulasi dan flokulasi untuk menghilangkannya adalah partikel koloid. Partikel koloid ditentukan melalui ukuran. Ukuran partikel koloid umumnya mulai 0.001 micron (10^{-6} mm) hingga 1 micron (10^{-3} mm). Jenis partikel yang ditemukan pada ukuran ini diantaranya adalah: (1) partikel inorganik, seperti *asbestos fiber*, *clays*, dan *silts*, (2) *coagulant precipitates*, dan (3) partikel organik, seperti material *humic*, virus, bakteri, dan plankton (Qasim, Motley, dan Guang Zhu, 2000).

2.4.1 Poly-Aluminum Chloride (PAC)

Koagulan PAC sudah digunakan di dalam pengolahan air dan air limbah sejak 1980 di seluruh dunia. PAC dibuat dari hidrolisis parsial dari larutan asam aluminium klorida menggunakan reaktor khusus. Kelebihan dari PAC adalah laju penggumpalan dengan sangat cepat, flok yang dihasilkan lebih besar dan berat, dan dosis yang dibutuhkan lebih sedikit (Yarahmadi et al., 2009). PAC sebenarnya merupakan senyawa kompleks berintikan banyak ion-ion aquo aluminium yang terpolimerasi yaitu suatu jenis dari polimer senyawa organik. PAC merupakan salah satu koagulan kimia yang memiliki tingkat efisiensi untuk menghilangkan kekeruhan paling tinggi dibandingkan koagulan kimia lainnya. PAC lebih cepat membentuk flok dari pada koagulan biasa dikarenakan gugus aktif aluminat yang bekerja efektif dalam mengikat koloid diperkuat dengan rantai polimer gugus polielektrolit sehingga gumpalan floknya menjadi lebih padat. Di dalam air, PAC akan terdissosiasi melepaskan Al^{3+} yang menurunkan zeta potensial dari partikel. Walaupun tingkat efisiensi PAC merupakan salah satu yang tertinggi tetapi masih ada kelemahan yang umumnya dimiliki oleh koagulan kimia, seperti kondisi air yang menjadi asam setelah proses koagulasi dan flokulasi dikarenakan pH kurang dari 7. Koagulan PAC dan alum menambahkan *impurities* ke dalam air hasil olahan, seperti *epichlorodine* merupakan zat yang karsinogenik, selain itu aluminium merupakan salah satu faktor memberi kontribusi terhadap penyakit *Alzheimer* (Yarahmadi et al., 2009). Salah satu

solusi untuk meningkatkan kondisi pH air setelah penambahan PAC ini adalah dengan menambahkan soda kapur atau $\text{Ca}(\text{OH})_2$ untuk menetralkan kembali pH air, tetapi tentunya ini membutuhkan penambahan biaya. Dan umumnya biaya yang dibutuhkan untuk membeli PAC lebih mahal dibandingkan koagulan kimia lainnya seperti tawas.

2.4.2 Kitosan Sebagai Koagulan

Tingginya kemampuan penyerapan oleh kitosan disebabkan oleh beberapa faktor (Roussy et al., 2005), diantaranya:

- Kandungan yang tinggi dari kelompok $-\text{OH}$ membuat polymer *hydrophilic* dan berkontribusi di dalam efek *chelation* (pengikatan).
- Kandungan yang tinggi dari kelompok amina menyediakan muatan kationik pada pH asam, oleh karena interinsik $\text{p}K_a$ dari kelompok amina pada kitosan dekat dengan pH 6.5.
- Kelompok amina dapat mengikat logam kationik melalui *electron doublet*, terutama pada pH di dekat atau lebih dari $\text{p}K_a$.

Reaktivitas kitosan untuk koagulasi dan flokulasi seharusnya dikarenakan oleh karakteristik yang telah dideskripsikan di atas untuk reaksi penyerapan (*sorption*), contohnya bermuatan kationik dan kemampuannya untuk secara spesifik mengikat beberapa fase solid. Dengan tambahan, kitosan sebagai polymer memiliki berat molekul cukup tinggi sehingga *bridging mechanism* menjadi mungkin (Roussy et al., 2005). Selain itu, kitosan menunjukkan perubahan kelarutan sesuai dengan perubahan pH atau konsentrasi garam. Kelarutan kitosan akan bertambah di dalam media asam oleh karena protonasi dari kelompok amina, kecuali di dalam larutan asam sulfuric, walaupun kemampuan kelarutan tergantung dari karakteristik kitosan seperti berat molekul, derajat deasetilasi, dan komposisi ionic dari larutan. Kitosan yang awalnya larut dalam media asam dapat mengendap saat dilarutkan di dalam larutan alkali (basa).

Koagulasi menggunakan kitosan dari bahan organik alami atau air yang mengandung bahan organik alami sepertinya lebih konsisten dengan mekanisme *charge neutralization* (penetralsiasian muatan). *Charge neutralization* adalah 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, dapat disebut sebagai koloid yang terdestabilisasi. Partikel koloid yang terdestabilisasi dapat menempel satu sama lain untuk membentuk koloid-koloid kompleks, dengan gaya van der Waals (sebuah gaya tarik-menarik yang terjadi antara dua massa) ataupun dengan adsorption lebih jauh oleh koagulan yang memiliki muatan yang berlawanan dengan koloid. Tetapi penambahan berlebihan dari elektrolit muatan yang berlawanan akan menyebabkan koloid menjadi terestabilisasi dengan muatan sebaliknya (Qasim, 2000). Menurut Ashmore, Hearn, dan Karpowicz (2001) penggunaan kitosan yang dibutuhkan akan berbanding terbalik dengan derajat deasetilasi, sehingga semakin tinggi derajat deasetilasi semakin sedikit dosis kitosan yang dibutuhkan (Roussy et al., 2005). Faktor lainnya adalah kemurnian dari sampel merupakan aspek lainnya yang mempengaruhi efektifitas chitosan dikarenakan dapat mempengaruhi kemampuan kelompok amino bebas dalam mengakses pollutant (Aranaz et al., 2009).

Juga terdapat bukti yang mendukung untuk *bridging mechanism* untuk koagulasi dengan kitosan. Menurut Chen L., Chen D., dan Wu (2003) sejumlah investigasi telah menunjukkan terbatasnya atau tidak ada efek dari derajat deasetilasi dari jumlah dosis kitosan yang dibutuhkan, tetapi adanya peningkatan removal seiring dengan bertambahnya berat molekul (*molecular weight*) di dalam penghilangan *bentonite*, atau menurut Divakaran dan Pillai (2001) berdasarkan informasi lainnya dapat menyimpulkan bahwa kitosan dapat mengkoagulasi dengan *bridging mechanism*. Menurut Strand et al., (2001, 2002, 2003) *bridging mechanism* dilaporkan dapat mengkoagulasi bakteri dengan kitosan (Roussy et al., 2005).

Kitosan telah direkomendasikan sebagai koagulan yang efektif untuk menghilangkan berbagai suspensi dikarenakan property dari kitosan seperti *biodegradability*, *biocompatibility*, *nontoxicity*, dan polielektrolit. Oleh karena berbagai property tersebut salah satu kelebihan kitosan adalah dapat menghasilkan lumpur hasil koagulasi dan flokulasi yang lebih ramah lingkungan, bukan lumpur berbahaya yang dihasilkan seperti saat digunakan koagulan kimia konvensional (Chatterjee et al., 2009).

Kitosan dapat mengikat logam berat karena kitosan polielektrolit bermuatan negatif sedangkan logam bermuatan positif. Kitosan memiliki gugus amina yaitu pada unsur N yang bersifat sangat reaktif dan bersifat basa. Limbah cair yang mengandung logam berat jika direaksikan dengan kitosan akan membentuk flok.

Dalam kondisi alkali atau basa, kitosan menunjukkan sifat penukaran kation yang sangat kuat untuk melepaskan ion logam dari limbah cair industri, sedangkan dalam kondisi asam, kitosan menyebabkan pertukaran anion bisa dilakukan untuk mengikat anion (Gamage dan Sahidi, 2007). Oleh karena itu kolom penukaran ion dengan mengatur nilai pH dapat dikembangkan untuk menggantikan proses konvensional dalam pengolahan limbah cair industri. Huang, Ying-Chien, dan Ming-Ren (1996) melaporkan jumlah tempat adsorption pada kitosan dapat meningkat seiring dengan berkurangnya ukuran partikel (Gamage dan Sahidi, 2007).

Menurut Ornum (1992) Dalam larutan asam, gugus amina bebas sangat cocok sebagai polikationik untuk mengkelat logam atau membentuk dispersi, dikarenakan di dalam larutan asam, kitosan akan membentuk polimer dengan struktur lurus sehingga sangat berguna untuk flokulasi, pembentuk film, atau imobilisasi enzim (Rochima, 2007). Berdasarkan pernyataan Sanford (1989) dalam suasana asam, gugus amina bebas dari kitosan akan terprotonasi membentuk gugus amino kationik (NH_3^+). Kation dalam kitosan tersebut jika bereaksi dengan polimer anionic akan membentuk kompleks elektrolit (Rochima, 2007).

Micera et al., (1986) menjelaskan sepasang electron tunggal yang ada di dalam amino nitrogen dapat membuat ikatan dengan ion logam transisi. Beberapa kelompok hydroxyl dalam kitosan dapat berfungsi sebagai donor kedua, oleh karenanya kelompok hydroxyl yang terdeprotonasi dapat terlibat dalam koordinasi dengan ion logam (Gamage dan Sahidi, 2007). Udaybhaskar, Iyengar, dan Prabhakara Rao (1990) juga menjelaskan bahwa kondisi pH asam lebih memilih protonasi pada situs amino, oleh karenanya mengarah pada rendahnya kapasitas untuk melakukan *chelating* (mengikat logam) dan *complexing* (membentuk senyawa kompleks) (Gamage dan Sahidi, 2007). Sedangkan di sisi lain, telah

dilaporkan berkurangnya *chelation* logam pada kondisi pH tinggi disebabkan oleh perubahan sangat cepat dalam bentuk protonasi dan unprotonasi dari kitosan. Oleh karena itu, perlu dijaganya kondisi pH netral pada kolom kitosan untuk adsorpsi logam (Gamage dan Sahidi, 2007). Chui et al. (1996) menjelaskan bahwa jumlah logam yang diadsorpsi oleh kitosan secara langsung proporsional dengan meningkatnya jumlah konsentrasi dari ion logam, menunjukkan hubungan linear (Gamage dan Sahidi, 2007).

2.4.3 Proses Koagulasi

Koagulasi adalah proses pengolahan air yang digunakan untuk mendestabilisasi partikel koloid (Qasim, 2000). Di dalam proses koagulasi bahan kimia ditambahkan ke dalam air sehingga akan menghentikan gaya yang menstabilkan, meningkatkan gaya destabilisasi. Umumnya bahan kimia yang ditambahkan adalah aluminum sulfate (tawas), ferric sulfate, ferric chloride, ferrous sulfate, dan PAC yang digunakan sebagai koagulan. Selain itu ada bahan yang ditambahkan sebagai flocculation aid yaitu polymers yang umumnya digunakan bersama dengan koagulan tersebut untuk meningkatkan proses koagulasi. Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi adalah sebagai berikut, yaitu (Reynolds dan Richards, 1996):

a) Pengontrolan pH

Setiap koagulan mempunyai rentang pH tertentu sehingga presipitasi maksimum dapat terbentuk sekaligus titik kelarutan maksimum, pH yang optimum tergantung pada penggunaan koagulan tersebut dan karakteristik kimiawi dari air.

b) Temperatur

Temperatur rendah akan memberikan efek negatif terhadap laju penggumpalan, sehingga floc menjadi lebih lama terbentuk (Feng et al. 2007)

c) Dosis Koagulan

Untuk dosis koagulan harus ditentukan melalui proses jar test untuk mendapatkan dosis koagulan yang optimum sehingga proses koagulasi dapat terjadi dengan baik.

d) Pengadukan

Proses koagulasi juga ditentukan melalui proses pengadukan, pengadukan diperlukan agar proses netralisasi partikel menjadi sempurna.

e) Alkalinitas

Alkalinitas harus hadir di dalam air agar semua asam yang dilepaskan oleh koagulan dapat dihancurkan oleh alkalinitas di dalam air, sehingga koagulasi dapat berjalan dengan efektif (Sawyer, McCarty, Parkin, 2003).

2.4.4 Proses Flokulasi

Proses koagulasi secara kimia memodifikasi partikel koloid sehingga gaya yang menstabilkan berkurang. Untuk memastikan jumlah maksimum dari kekeruhan dikurangi, kondisi pengadukan dan input energi harus dilakukan dengan tepat setelah proses *rapid mixing*, untuk mengizinkan terjadinya penggumpalan dari partikel yang telah terdestabilisasi. Air yang telah terkoagulasi harus diaduk secara lambat untuk meningkatkan pertumbuhan flocc. Proses ini diketahui sebagai flokulasi (Qasim, 2000). Proses flokulasi juga penting dalam proses presipitasi. Partikel yang telah terpresipitasi awalnya membentuk partikel kecil yang tidak siap untuk mengendap atau disaring. Melalui proses flokulasi, pengadukan lambat membantu meningkatkan pertumbuhan flocc hingga menjadi ukuran yang dapat mengendap dan disaring. Umumnya ukuran flocc berada pada rentang dari 0.1 hingga 2.0 mm.

2.5 Koloid

Air umumnya mengandung padatan tersuspensi seperti pasir, tanah, material organik, bacteria, virus, material partikulat lain. Sebagian dari partikel ini dapat menyebabkan permasalahan pada pengolahan air. Variasi ukuran partikulat yang ditemukan di air permukaan dapat dilihat pada table 2.1 berikut. Partikel

dengan ukuran lebih besra dari 1 μ umumnya akan mengendap pada kondisi air yang tenang sementara itu partikel yang berukuran lebih kecil tidak akan mengendap secara cepat. Partikel yang menyusun suspense ini dikenal juga sebagai koloid.

Tabel 2.1. Ukuran Partikel yang Ditemukan dalam Pengolahan Air

Material	Diameter Partikel (μ)
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 Tingkat Efisiensi Kitosan Sebagai Koagulan

Penelitian terkait penggunaan kitosan sebagai koagulan dilakukan oleh Harry Agusnar tahun 2005 untuk pengujian kitosan dalam limbah industri penggumpalan karet. Sumber bahan baku kitosan yang digunakan dalam penelitiannya adalah berasal dari cangkang udang. Penelitian dilakukan pada sampel limbah dengan tingkat kekeruhan 267 NTU, pH 5-6, warna 1605 TCU. Koagulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kitosan dan alum, untuk dosis awal kitosan yang digunakan adalah 20 ppm, dosis ini merupakan dosis optimum dari kitosan. Yang kemudian untuk sampel berikutnya dosis kitosan dicampur dengan alum dengan perbandingan yang sudah ditentukan menggunakan metode jar test. Hasil yang diperoleh dari penelitian Harry Agusnar tersebut dapat dilihat pada table 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Hubungan pengurangan kekeruhan dan warna terhadap perbandingan dosis koagulan dan kitosan

Perbandingan Kitosan : Alum	Turbidity / NTU	Warna / TCU
20 : 0	5.50	51
16 : 4	4.30	53
12 : 8	15.00	74
8 : 12	16.00	69
4 : 16	17.00	133
0 : 20	36.00	172

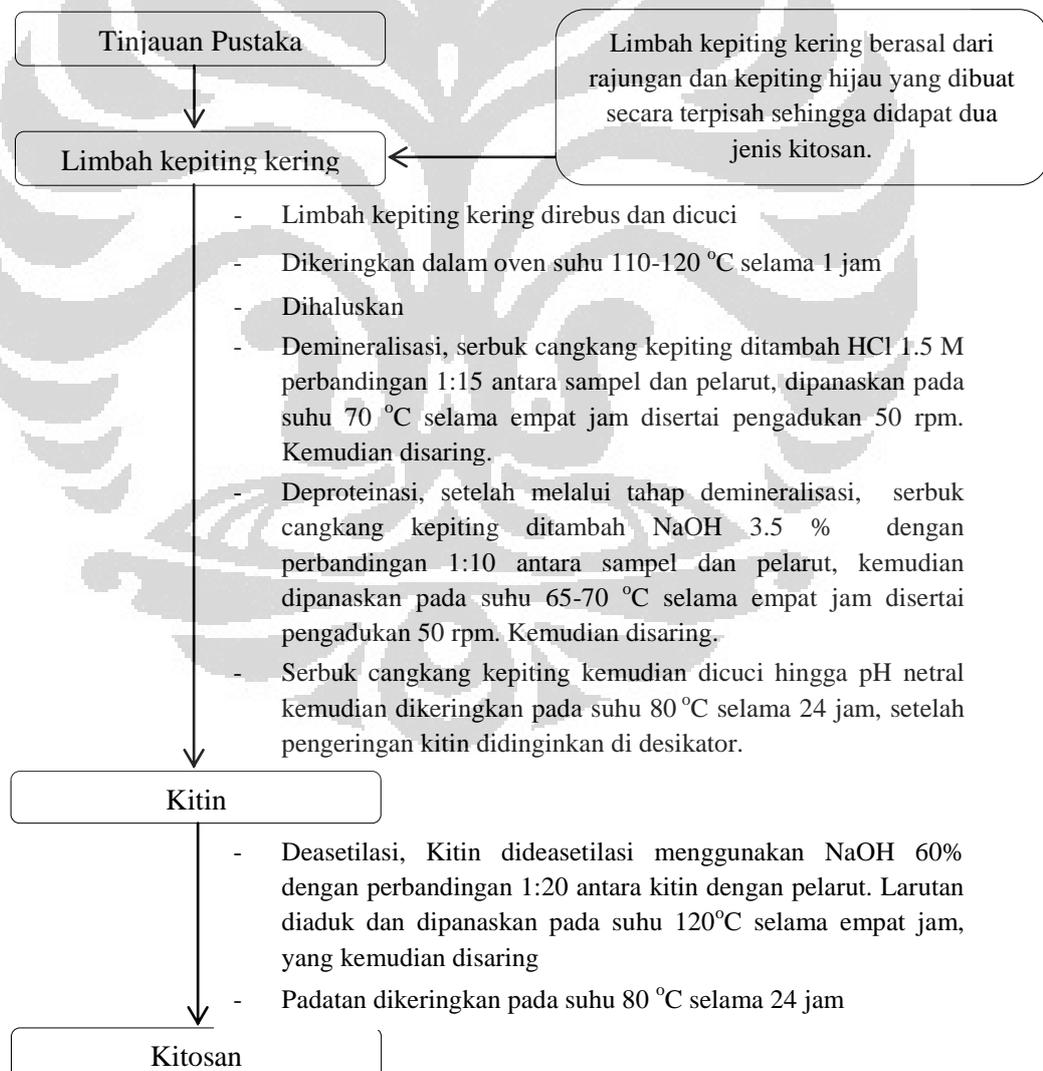
Sumber: Agusnar, H., 2005

Dari table 2.2 dapat terlihat penelitian yang dilakukan oleh Harry Agusnar untuk mengolah air limbah dari industri penggumpalan karet menunjukkan hasil penggunaan kitosan menghasilkan tingkat penurunan kekeruhan yang lebih baik dibandingkan Alum. Dimana tingkat pengurangan kekeruhan dari 267 NTU menjadi 5.5 NTU menunjukkan persen pengurangan kekeruhan mencapai 97.94% dan pengurangan warna dari 1605 TCU menjadi 51 TCU. Penelitian ini juga mencoba menggabungkan koagulan kitosan dan alum dan pada perbandingan 16 : 4 menunjukkan pengurangan kekeruhan hingga 4.3 NTU tetapi warna meningkat sebanyak 2 NTU menjadi 53 NTU, sedangkan untuk perbandingan selanjutnya dimana perbandingan koagulan Alum semakin meningkat maka tingkat kekeruhan dan warna juga semakin meningkat.

BAB III

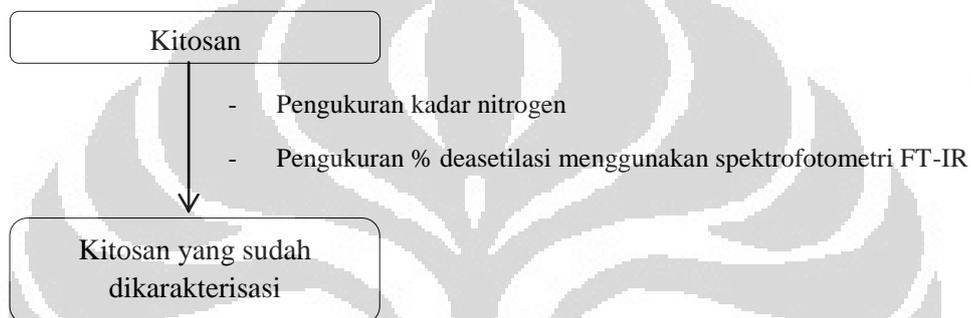
METODE PENELITIAN

Pencapaian dari penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data sekunder dan penelitian di laboratorium. Penelitian yang dilakukan akan melalui beberapa tahapan, diantaranya adalah tahap pembuatan kitosan, tahap karakterisasi kitosan, dan tahap pengujian kitosan sebagai koagulan. Untuk proses pembuatan kitosannya sendiri dibuat mengikuti langkah kerja pembuatan kitosan dilakukan oleh Puspawati tahun 2010. Bagan alir dari proses penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada gambar berikut.



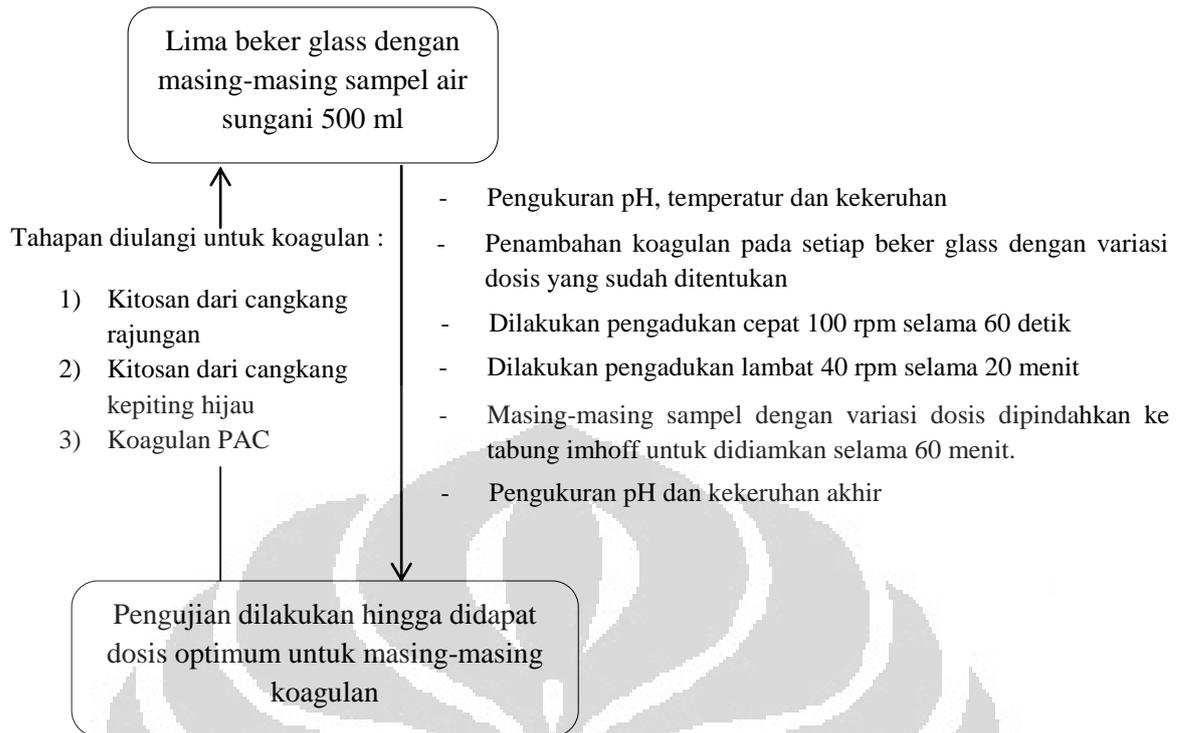
Gambar 3.1 Bagan alir pembuatan kitosan

Proses dari gambar 3.1 akan dilakukan dua kali dikarenakan ada dua tipe bahan baku kitosan, yaitu dari rajungan dan kepiting hijau untuk mendapatkan dua jenis kitosan dari bahan baku yang berbed. Untuk penelitian pertama akan coba dibuat kitosan dengan sumber cangkang kepiting masing-masing sebesar 0.5-1 kg untuk cangkang rajungan dan cangkang kepiting hijau. Kitosan yang sudah diproduksi, sebelum diuji sebagai koagulan, terlebih dahulu akan dilakukan karakterisasi untuk melihat kualitas kitosan yang didapat.



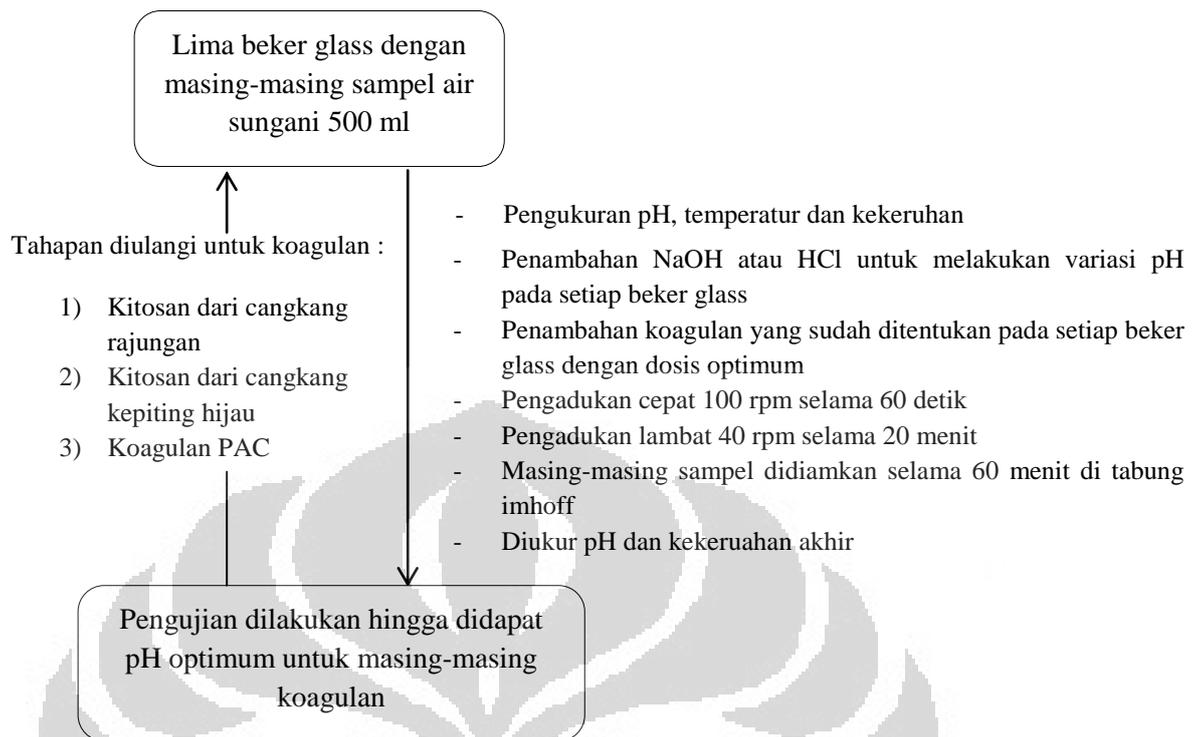
Gambar 3.2 Bagan alir karakterisasi kitosan

Kitosan yang sudah dikarakterisasi akan digunakan untuk menguji sampel air sungai dengan menggunakan pembandingan koagulan kimia PAC. Dengan melakukan variasi pada dosis dan pH sehingga dicapai tujuan untuk mendapatkan dosis dan pH optimum. Pengujian koagulan ini menggunakan metode jar test Bagan alirnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.3 Bagan alir jar test untuk penentuan dosis optimum

Melalui pengerjaan yang dilakukan seperti gambar 3.2 akan didapat dosis optimum untuk setiap koagulan yang diuji, yaitu: kitosan dari cangkang rajungan, kitosan dari cangkang kepiting hijau, dan koagulan kimia PAC. Setelah itu akan dilakukan penelitian untuk mendapatkan pH optimum dengan menggunakan jar test kembali. Dimana di dalam penelitian ini akan dilakukan variasi pH untuk mendapatkan pH optimum untuk menghilangkan kekeruhan paling tinggi. Untuk pengerjaannya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.4 Bagan alir untuk pengukuran pH optimum

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan sebagai berikut: Blender, peralatan gelas, dan non gelas, hot plate dengan pengaduk magnetic, thermometer, batang pengaduk, penyaring plastic, oven pengering, spatula, neraca digital, alat jar test, tabung imhoff, FTIR, pH meter, Stop watch, labu kjedahl, DR-2000.

3.1.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah: cangkang rajungan dan cangkang kepiting hijau, NaOH, NaS₂O₃, AgNO₃, HCl, HgO, CH₃COOH, aquades, PAC, sampel air sungai.

3.2 Prosedur Pembuatan Kitosan

3.2.1 Persiapan Sampel Cangkang Kepiting

Limbah cangkang kepiting masing-masing berasal dari cangkang rajungan dan cangkang kepiting hijau direbus lalu dicuci dengan air, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 110-120°C sekitar satu jam. Setelah pengeringan cangkang tersebut digiling dan diayak menggunakan ayakan 0.25 mm. Hasil ayakan digunakan sebagai sampel.

3.2.2 Demineralisasi

Serbuk cangkang kepiting ditambah dengan HCL 1.5 M dengan perbandingan 1:15 antara sampel dengan pelarut. Campuran dipanaskan dengan suhu 70°C selama empat jam disertai dengan pengadukan 50 rpm kemudian disaring. Padatan yang diperoleh dicuci dengan akuades. Filtrat terakhir yang diperoleh diuji dengan larutan AgNO₃, jika tidak terbentuk endapan putih maka sudah tidak ada ion Cl di dalamnya. Kemudian padatan dikeringkan di oven pada temperatur 70°C selama 24 jam lalu didinginkan dalam desikator. Kemudian proses dilanjutkan ke tahap deproteinasi.

3.2.3 Deproteinasi

Serbuk cangkang kepiting yang telah dihilangkan mineralnya dimasukkan ke gelas beker 1 L dan ditambahkan NaOH 3.5 % dengan perbandingan 1:10 antara sampel dengan pelarut. Kemudian larutan dipanaskan pada suhu 65-70°C selama empat jam disertai pengadukan 50 rpm. Selanjutnya padatan disaring dan didinginkan sehingga diperoleh kitin yang kemudian dicuci dengan akuades sampai pH netral. Filtrat yang diperoleh diuji dengan pereaksi biuret untuk mengecek masih adanya protein atau tidak. Jika filtrat berubah biru maka sudah tidak ada protein di dalamnya. Kitin yang dicuci ditambahkan ethanol 70% untuk melarutkan kitosan dan dilanjutkan dengan penyaringan, pencucian kembali dengan akuades panas dan aseton untuk menghilangkan warna sebanyak dua kali, kemudian dikeringkan pada suhu 80°C selama 24 jam setelah pengeringan serbuk didinginkan di desikator.

3.2.4 Deasetilasi

Kitin yang diperoleh dideasetilasi dengan menambahkan NaOH pekat dengan konsentrasi 60% sebagai konsentrasi optimum (Puspawati, 2010). NaOH pekat tersebut dicampurkan dengan kitin dengan perbandingan 1:20 antara kitin dengan pelarut. Larutan diaduk dan dipanaskan pada suhu 120°C selama empat jam. Larutan dipisahkan melalui kertas saring *wolfram* atau penyaring kain. Kemudian larutan dititrasi dengan HCL 7 N untuk mengendapkan kembali kitosan yang kemudian disentrifugasi pada 2000 rpm selama lima menit untuk memisahkan kitosan dengan endapan. Padatan dikeringkan pada 80°C selama 24 jam. Kitosan kemudian ditimbang hingga diperoleh berat konstan.

3.3 Karakterisasi Kitosan

3.3.1 Penentuan Kadar Nitrogen

0.1 g kitin dimasukkan kedalam labu kjehdal ditambah dengan 1 g selenium dan 10 ml asam sulfat pekat, lalu didestruksi sampai cairan berwarna hitam dan didinginkan. Setelah itu ditambah akuades 40 ml lalu didestilasi. Gas nitrogen yang terjadi ditampung dalam erlenmeyer yang berisi 10 ml asam sulfat yang telah diberi 4 tetes indikator conway. Selanjutnya destilat dititrasi dengan natrium hidroksida 0,02 N sampai terjadi perubahan warna menjadi hijau.

Kemudian larutan yang ada di dalam labu kjehdal di ekstraksi menggunakan saringan, yang kemudian filtratnya diambil untuk mengukur kadar nitrogen dalam bentuk ammonium. Menggunakan spektrofotometri DR-2000 untuk pengukuran. Kemudian kandungan nitrogen didapat dengan menggabungkan persen nitrogen yang didapat dari titrasi dan dari pembacaan spektrofotometri.

Perhitungan % N dari titrasi adalah:

$$\% N(\text{titrasi}) = \frac{(A - B) \times 14 \times 0.02 \times 100}{C} \quad (3.1)$$

Ket:

A : Volume titrasi sampel (ml)

B : Volume titrasi blanko (ml)

C : berat sampel (mg)

Perhitungan % N dari spektrofotometri adalah:

$$\% N(\text{spektrofotometri}) = \frac{A \times B \times 100}{C \times 1000} \quad (3.2)$$

Ket:

A : konsentrasi yang terbaca di spektrofotometri (ppm)

B : Volume ekstrak (ml)

C : berat sampel (mg)

3.3.2 Penentuan Derajat Deasetilasi

Derajat deasetilasi ditentukan dari spektrum serapan spektroskopi IR, langkah kerja karakterisasi menggunakan metode pellet KBr. Sebanyak 1 mg kitosan yang sudah diblender sampai halus dicampur dengan KBr 1% b/b. Campuran ini kemudian ditekan hingga berbentuk pelet. Pelet KBr yang diperoleh dimasukkan ke tempat cuplikan dan direkam spectrum serapan infra merahnya pada bilangan gelombang $400 - 650 \text{ cm}^{-1}$.

Metode penghitungan derajat deasetilasi dengan metode garis dasar. Puncak tertinggi dicatat dan diukur dari garis dasar yang dipilih. Nilai absorbansi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$A = \log (T_0/T)$$

Dimana: T_0 = % transmitan pada garis dasar

T = % transmitan pada puncak minimum

Kemudian menghitung perbandingan antara nilai absorbansi pada $V = 1655 \text{ cm}^{-1}$ (serapan pita amida) dengan absorbansi $V = 3450 \text{ cm}^{-1}$ (serapan pita hidroksi) dihitung untuk N-deasetilasi kitin yang sempurna (100%) diperoleh $A_{1655} = 1,33$ (Ahmad, Kok Khiang Peh, Hung Seng Ching, 2002). Maka N-Deasetilasi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\% N - \text{Deasetilasi} = \left\{ 1 - \left[(A_{1655} / A_{3450}) \times \frac{1}{1.33} \right] \right\} \times 100\% \quad (3.3)$$

3.4 Pengujian Kitosan Sebagai Koagulan

3.4.1 Prosedur Jar Test

Pada pengolahan sampel air digunakan *jar test* dengan dua tahap pengadukan. Pengadukan cepat dilanjutkan dengan pengadukan lambat, sampel air yang digunakan dari sampel air sungai dimasukan sebanyak 500 ml ke dalam gelas beker 1 L. dibuat rentang dosis tertentu yang kemudian dibandingkan dengan koagulan PAC dan kitosan dari bahan baku kepiting hijau serta rajungan dengan variasi konsentrasi yang sama. Kemudian diaduk dengan alat pengaduk jar test dengan kecepatan 100 rpm selama 60 detik dilanjutkan dengan pengadukan lambat selama 20 menit. Kemudian larutan didiamkan di dalam tabung imhoff selama 60 menit yang kemudian diukur tingkat kekeruhan dan pH, serta alkalinitas untuk dosis optimum.

3.4.2 Analisa Hasil Jar Test

Parameter yang akan dicari dari jar test adalah:

1. Mencari dosis optimum untuk kitosan dari cangkang rajungan dan cangkang kepiting hijau serta dari PAC sebagai koagulan kimia.
2. Mendapatkan pH optimum dari setiap koagulan yang diuji.
3. Mendapatkan persen removal dari setiap koagulan.

Setelah pengujian dilakukan akan dilakukan analisa untuk mengetahui koagulan mana yang lebih efisien berdasarkan parameter yang dicek serta dibandingkan juga dengan harga produk koagulan yang digunakan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Produksi Kitosan

Pada bagian ini hal-hal yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

- Proses produksi kitosan dari cangkang kepiting hijau dan cangkang rajungan.
- Kendala di dalam proses pembuatan kitosan.
- Perkiraan bahan dan biaya untuk membuat satu kilogram kitosan.
- Kelebihan dan kekurangan kitosan sebagai koagulan.

4.1.1 Proses Produksi Kitosan

4.1.1.1 Produksi Kitosan dari Cangkang Kepiting Hijau

Penelitian ini dimulai dengan memproduksi kitosan dari cangkang kepiting hijau. Cangkang kepiting hijau tersebut kemudian diproses sesuai dengan metode pembuatan yang ada di dalam Bab 3 metode penelitian, yaitu:

1. Penumbukan, tahapan penghalusan cangkang kepiting menjadi serbuk yang dapat lolos saringan no. 40 (0.425 mm).
2. Demineralisasi, tahapan penghilangan mineral menggunakan HCl 1.5 M perbandingan 1:15 (w/v).
3. Deproteinasi, tahapan penghilangan protein menggunakan NaOH 3.5 % perbandingan 1:10 (w/v). Setelah melalui tahapan ini akan didapat kitin yang akan diteruskan ke tahap deasetilasi untuk mendapatkan kitosan.
4. Deasetilasi, tahapan penghilangan gugus asetil ($-\text{COCH}_3$) menggunakan NaOH 60 % perbandingan 1:15 (w/v); gugus asetil akan hilang menjadi NH_2 yang berarti kitin telah berubah menjadi kitosan.

Limbah cangkang kepiting hijau didapat dari restoran Seribu Pulau dengan jumlah berat basah sebesar 750 gram. Dari berat basah tersebut selanjutnya akan dilihat tingkat efisiensi proses produksi kitosan berdasarkan aliran berat mulai dari penumbukan hingga menjadi kitosan. Proses produksi tersebut selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.1 dan gambar 4.1.

Tabel 4.1 Proses produksi kitosan dilihat dari pengurangan berat cangkang kepinging hijau

Keterangan proses	Aliran berat (g)	Sisa berat (%)
Berat kepinging hijau basah	750	
Berat kering cangkang kepinging hijau	420	
Setelah penumbukan dan lolos saringan no. 40	166.784	100.00
Demineralisasi	29.79	17.86
Deproteinasi	18.144	10.88
Deasetilasi	12.34	7.40

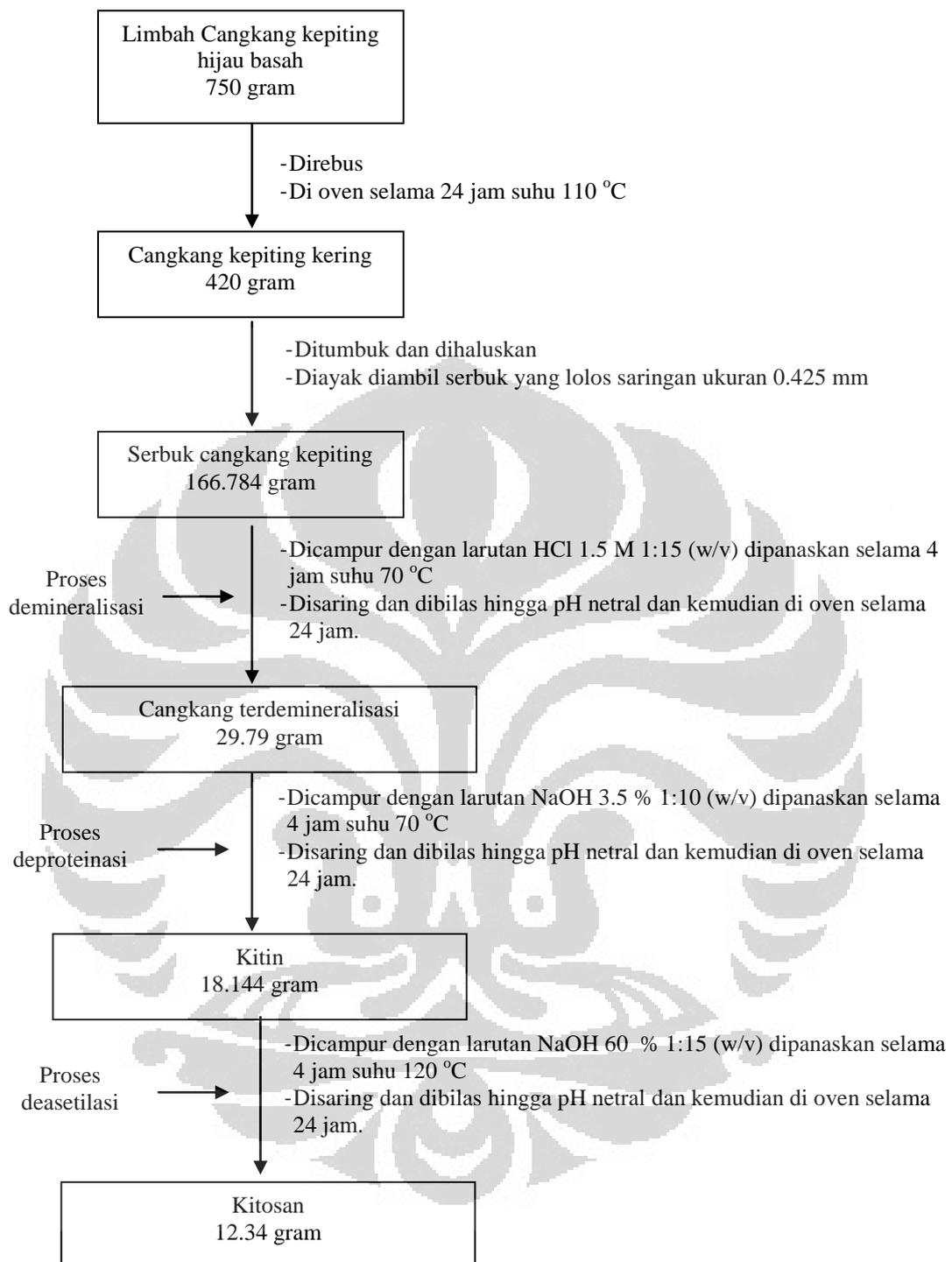
Dari berat basah kepinging hijau sebanyak 750 gram yang kemudian direbus untuk melunakan cangkang dan dioven selama 24 jam, menghasilkan berat kering sebanyak 420 gram. Proses pembuatan kitosan yang berasal dari kepinging hijau dapat terlihat bahwa jumlah kitosan yang dihasilkan dari 420 gram cangkang kepinging hijau hanya 12.34 gram yang dapat diperoleh. Jika dilihat dari penumbukan 420 gram, hanya sekitar 166.784 gram yang lolos saringan no. 40 (0.425 mm) sisanya tidak lolos saringan. Hal ini dikarenakan efisiensi dalam penghalusan cangkang menggunakan metode penumbukan masih kurang tercapai. Persentase berat yang lolos saringan no. 40 (0.425 mm) hanya sekitar 39.7 %. Penumbukan yang kurang maksimal dikarenakan wadah yang digunakan kurang layak untuk melakukan penumbukan sehingga ada banyak serbuk cangkang yang keluar dari wadah, serta waktu penumbukan yang cukup cepat.

Kemudian masuk ke tahap demineralisasi, yang berarti proses penghilangan mineral berupa kalsium karbonat (CaCO_3) menggunakan HCl 1.5 M sebagai pereaksi selama empat jam pada suhu 70°C , persamaan reaksi dapat dilihat pada persamaan (2.1). Kandungan kalsium karbonat umumnya ada sekitar 30-50 % di dalam cangkang *crustacean* berarti seharusnya ada penghilangan berat sekitar 30-50% melalui proses demineralisasi. Tetapi ternyata dari 166.784 gram menjadi 29.79 gram berarti ada sekitar 82.16 % berat yang hilang. Banyaknya berat yang hilang dikarenakan oleh beberapa faktor, seperti pada saat melakukan penyaringan, saringan yang digunakan adalah saringan kain yang tampaknya ukuran pori dari serat kain cukup besar sehingga jumlah bubuk cangkang yang lolos saringan cukup banyak pada saat pembilasan dengan air.

Lalu masuk ke tahap deproteinasi, tahapan ini merupakan tahap penghilangan protein yang berikatan dengan kitin dengan menggunakan larutan alkali yang digunakan pada penelitian ini adalah NaOH 3.5 %. Protein yang terkandung di dalam kitosan ada sekitar 30-40 % jika dilihat dari berat yang tersisa sekitar 29.79 gram dari proses demineralisasi dan berat yang dihasilkan setelah proses deproteinasi sekitar 18.144 gram dapat dihitung persen berat yang hilang dari 29.79 gram menjadi 18.144 gram, yaitu sekitar 39 %. Pada proses ini sudah digunakan penyaringan kain dengan kualitas serat yang lebih baik, sehingga efisiensi penyaringan terlihat lebih baik dibandingkan penyaringan pada tahap demineralisasi, pada proses penyaringan dilakukan bersama dengan pembilasan menggunakan air.

Dari tahapan ini akan didapat kitin setelah melalui tahap penghilangan mineral dan penghilangan protein. Besar kitin yang diperoleh, yaitu sekitar 18.144 gram dari berat total cangkang setelah penumbukan, yaitu 166.784 gram sehingga persentase berat kitin yang diperoleh adalah sekitar 10.88 %. Das et al. (1996) mengamati kandungan kitin adalah 16.7 % (kaki), 11.67 % (karapas), dan 10.42 % (cakar) di dalam kepiting hijau (*Scylla serrate*) (Chakraborty, Ghosh, dan Raffi, 2010).

Kemudian masuk ke dalam proses terakhir, yaitu deasetilasi. Pada proses ini digunakan larutan basa kuat, yaitu NaOH 60 % untuk menghilangkan gugus asetil ($-\text{COCH}_3$) pada suhu 120°C . Hasil yang didapat setelah proses deasetilasi ini adalah sekitar 12.34 gram dimana terdapat sekitar 30 % berat yang hilang dari 18.144 gram menjadi 12.34 gram. Jika dilihat dari berat total cangkang yang telah ditumbuk, yaitu sekitar 166.784 gram, berat kitosan yang diperoleh adalah sekitar 7.40 %.



Gambar 4.1 Bagan alir pembuatan kitosan dari kepiting hijau

4.1.1.2 Produksi Kitosan dari Cangkang Rajungan

Di dalam proses produksi kitosan yang terbuat dari cangkang rajungan metode yang digunakan di dalam pembuatannya hampir sama dengan pembuatan kitosan dari cangkang kepiting hijau. Cangkang rajungan yang didapat sudah mengalami proses pengeringan menggunakan matahari, sehingga dapat dikatakan berat awal rajungan merupakan berat kering. Proses produksi cangkang rajungan dilakukan sebanyak dua kali dengan berat cangkang rajungan setiap proses produksi adalah sebanyak 300 gram. Untuk bagan alir proses produksi cangkang rajungan dapat dilihat pada tabel 4.2 dan gambar 4.2.

Tabel 4.2 Proses produksi kitosan dilihat dari pengurangan berat cangkang rajungan

keterangan proses	Aliran berat (g)		Rata-rata	Sisa berat (%)
	Produksi 1	Produksi 2		
berat awal rajungan (kondisi kering)	300	300	300	
Setelah penumbukan dan lolos saringan no. 40	176.22	160.8	168.51	100
Demineralisasi	53.5	71.4	62.45	37.06
Deproteinasi	45.6	60.1	52.85	31.36
Deasetilasi	21	21	21	12.46

Untuk proses produksi kitosan dari cangkang rajungan dilakukan secara sebanyak dua kali agar dapat dilihat secara rata-rata, jumlah kitosan yang dapat diproduksi. Jika dilihat dari hasil yang didapat didalam proses produksi kitosan, menunjukkan bahwa hasilnya tidak terlalu berbeda jauh antara rajungan produksi 1 dan rajungan produksi 2. Jumlah cangkang rajungan kering adalah sebanyak 300 gram untuk setiap produksi. Mulai dari penumbukan dimana rajungan produksi 1 menunjukkan hasil sebanyak 176.22 gram yang lolos saringan no. 40 dan rajungan produksi 2 sebanyak 160.8 gram. Jika dilihat hasil rata-rata yang didapat adalah sekitar 168.51 gram. Persentase berat rata-rata yang didapat dari 300 gram itu adalah sebanyak 56.17 %, dapat terlihat efisiensi dalam penumbukan lebih meningkat dibandingkan penumbukan cangkang kepiting hijau yang hanya sekitar

39.7 %. Peningkatan efisiensi di dalam penumbukan ini dapat disebabkan oleh karena wadah yang digunakan lebih baik dan waktu penumbukan lebih lama.

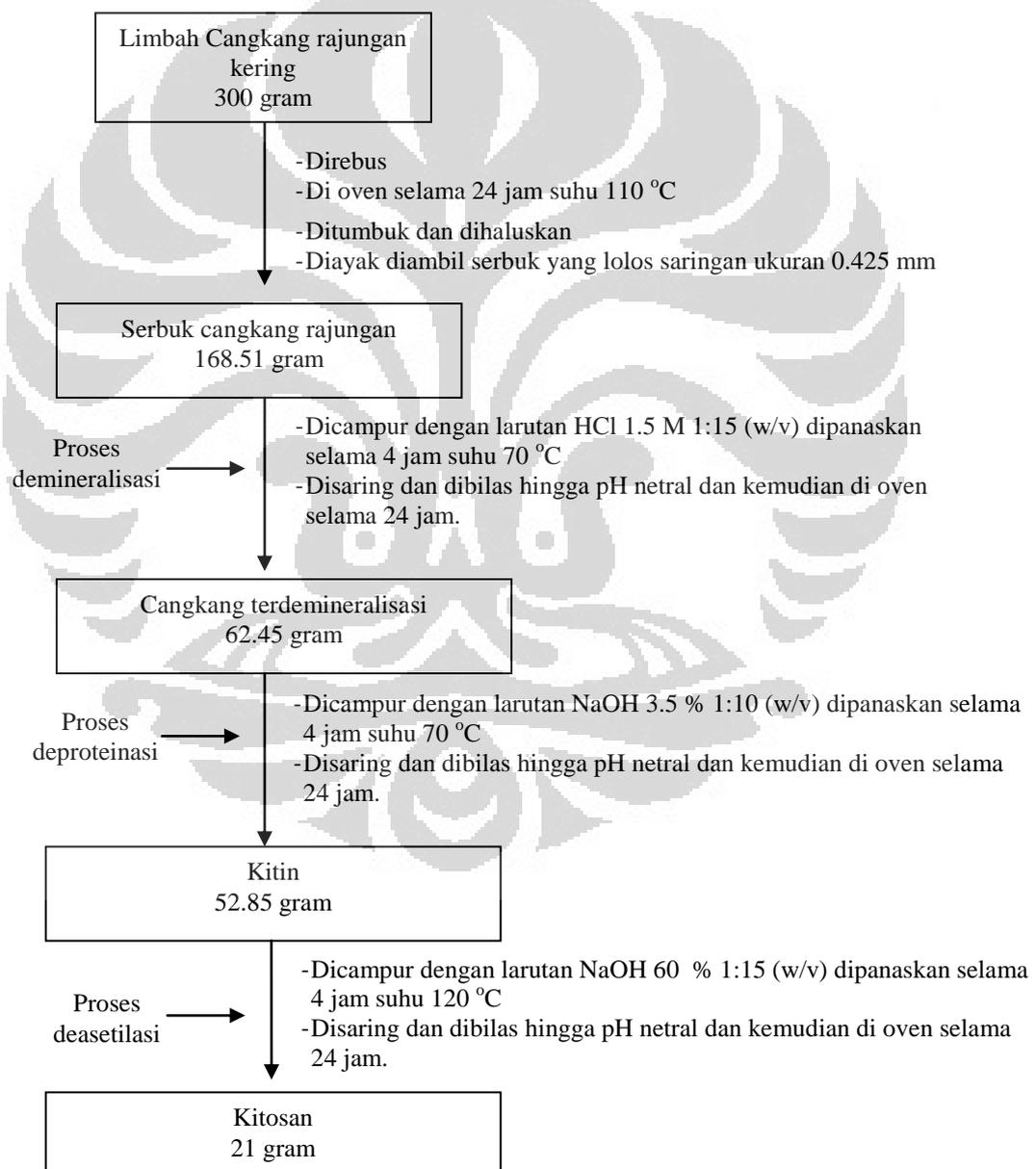
Tahap demineralisasi cangkang rajungan produksi 1 dan produksi 2 menunjukkan perbedaan selisih sekitar 20 gram dan jika dirata-rata berat yang didapat adalah sebesar 62.45 gram atau sekitar 37.06 %. Berarti banyak berat yang hilang adalah sebesar $100 \% - 37.06 \% = 62.94 \%$. Terlihat masih banyak berat yang hilang, melebihi 50 %. Penyaringan untuk produksi cangkang rajungan menggunakan saringan pasir dengan ukuran pori 0.0625 mm. Berarti dapat diperkirakan bahwa selain berat yang hilang berasal dari kalsium karbonat yang larut setelah pembilasan, ada juga serbuk cangkang yang ukuran lebih kecil 0.0625 mm yang terbawa, sehingga berat yang lolos melebihi 50 %.

Memasuki tahap deproteinasi setelah sebelumnya mengalami proses pengeringan selama sekitar 18 jam dari yang seharusnya 24 jam, menunjukkan kondisi serbuk yang masih basah setelah melalui tahap pengeringan. Hal ini mungkin dikarenakan jumlah serbuk yang lebih banyak dengan wadah yang kurang lebar menyebabkan pengeringan yang kurang memadai. Tetapi kondisi serbuk yang masih basah ini akan dilanjutkan untuk memasuki tahap deproteinasi. Dari tahap deproteinasi didapat berat setelah proses penyaringan, pembilasan dan pengeringan selama sekitar 18 jam adalah sebesar 52.85 gram. Jika dilihat dari berat serbuk cangkang rajungan yang telah melewati tahap demineralisasi sebesar 62.45 gram. Persentase pengurangan berat adalah sebesar 15.3 %.

Berat 52.85 gram merupakan berat kitin yang didapat setelah melalui tahap demineralisasi dan deproteinasi. Jika dilihat persentase total berat kitin sebesar 31.36 %. Merupakan berat yang cukup besar untuk total kitin yang diperoleh dikarenakan seharusnya persentase berat kitin adalah sekitar 14 % dari berat total (Chakraborty, Ghosh, dan Raffi, 2010). Besarnya kitin yang diperoleh tidak sesuai dengan yang seharusnya menunjukkan bahwa ada kemungkinan kitin masih berikatan dengan protein, yang berarti tidak semua protein hilang dari tahap deproteinasi. Setelah kitin diperoleh untuk mendapatkan kitosan, kitin akan memasuki tahap deasetilasi.

Tahapan deasetilasi yang dilakukan hampir sama dengan tahapan deasetilasi kitin dari cangkang kepiting hijau. Hanya saja setelah dilakukan

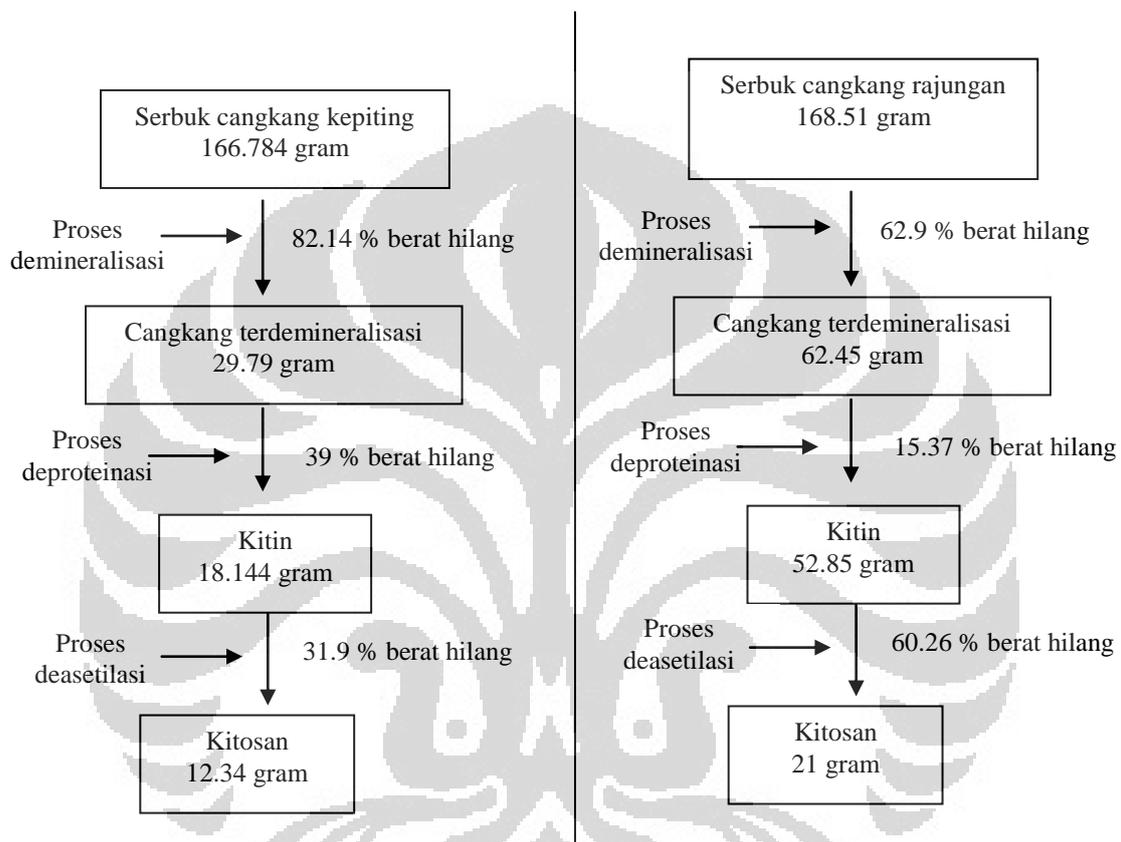
pengeringan selama kurang lebih 18 jam dari kitin, tampak terlihat kitin masih dalam kondisi basah, tetapi tetap diteruskan untuk proses deasetilasi. Dari proses deasetilasi didapat berat kitosan sebesar 21 gram. Dimana persentase penghilangan berat kitin menjadi kitosan, yaitu dari 52.85 gram menjadi 21 gram adalah sekitar 60 % cukup jauh dibandingkan dengan proses produksi kitosan dari cangkang kepiting hijau yang hanya sekitar 30 %. Persentase berat yang didapat dari berat total cangkang rajungan yang lolos saringan no. 40 adalah sekitar 12.46 %.



Gambar 4.2 Bagan alir pembuatan kitosan dari cangkang rajungan

4.1.1.3 Analisa Hasil Berdasarkan Jumlah Berat yang Hilang

Di dalam pembuatan kitosan yang terbuat dari cangkang rajungan dan cangkang kepiting hijau ada perbedaan di dalam pengurangan berat yang cukup signifikan.



Gambar 4.3 Perbandingan persentase berat yang hilang dari setiap proses antara cangkang kepiting dan cangkang rajungan

Dapat terlihat perbedaan berat yang hilang antara proses produksi serbuk cangkang kepiting dan cangkang rajungan. Tingkat efisiensi di dalam proses produksi rajungan lebih baik dibandingkan dengan persen berat yang hilang dari proses produksi cangkang rajungan. Terutama pada tahap demineralisasi dan deproteinasi. Sedangkan pada tahap deasetilasi, penghilangan berat dari kepiting hijau lebih sedikit dibandingkan cangkang rajungan. Cho et al., (1998) menjelaskan limbah cangkang dari *crustaceae* terdiri dari 30-50 % kalsium karbonat, 30-40 % protein, dan kitin 20-30 %, tetapi komposisi tersebut

bervariasi tergantung dari jenis, tempat hidup, dan musimnya (Bolat et al., 2010). Pada tahap deproteinasi, jumlah protein yang hilang seharusnya adalah sekitar 30-40 %. Tetapi terlihat bahwa deproteinasi dari cangkang rajungan lebih sedikit daripada cangkang kepiting hijau. Dan pada proses deasetilasi, terjadi perbedaan dimana berat yang hilang dari deasetilasi kitin cangkang rajungan lebih banyak dibandingkan deasetilasi kitin cangkang kepiting hijau. Faktor yang mempengaruhi tingginya tingkat penghilangan berat dalam deasetilasi kitin rajungan disebabkan oleh karena adanya protein yang masih tertinggal setelah proses deasetilasi, dikarenakan proses deasetilasi menggunakan basa kuat (NaOH 60 %) dan proses deproteinasi menggunakan larutan basa (NaOH 3.5 %) sehingga proses deasetilasi dapat menyebabkan penghilangan protein yang masih ada di dalam kitin. Oleh karena itu menyebabkan jumlah penghilangan berat di dalam proses deasetilasi mencapai 60 %.

4.1.2 Kendala dalam Proses Produksi

Dari proses produksi yang sudah dilakukan untuk pembuatan kitosan dari kepiting hijau dan rajungan, dapat disimpulkan faktor-faktor yang mempengaruhi kuantitas produksi kitosan di dalam proses produksi di antaranya adalah:

- Penumbukan yang kurang maksimal, perlu adanya metode penumbukan yang tepat agar berat yang lolos saringan no. 40 dapat lebih banyak.
- Oleh karena serbuk rajungan setelah proses demineralisasi cukup banyak, tetapi dikarenakan wadah yang digunakan kurang lebar, sehingga pada dilakukan pengeringan di oven tidak memberikan kondisi kering yang maksimal, menyebabkan kondisi sampel masih sedikit basah.
- Kondisi sampel yang basah menyebabkan tidak maksimalnya proses deproteinasi. Terbukti dengan persentase penghilangan berat setelah proses deproteinasi adalah sebesar 15.37 %.
- Penyaringan pada saat demineralisasi cangkang kepiting hijau menghasilkan penghilangan berat yang cukup tinggi, disebabkan oleh ukuran pori dari kain yang digunakan untuk penyaringan cukup besar,

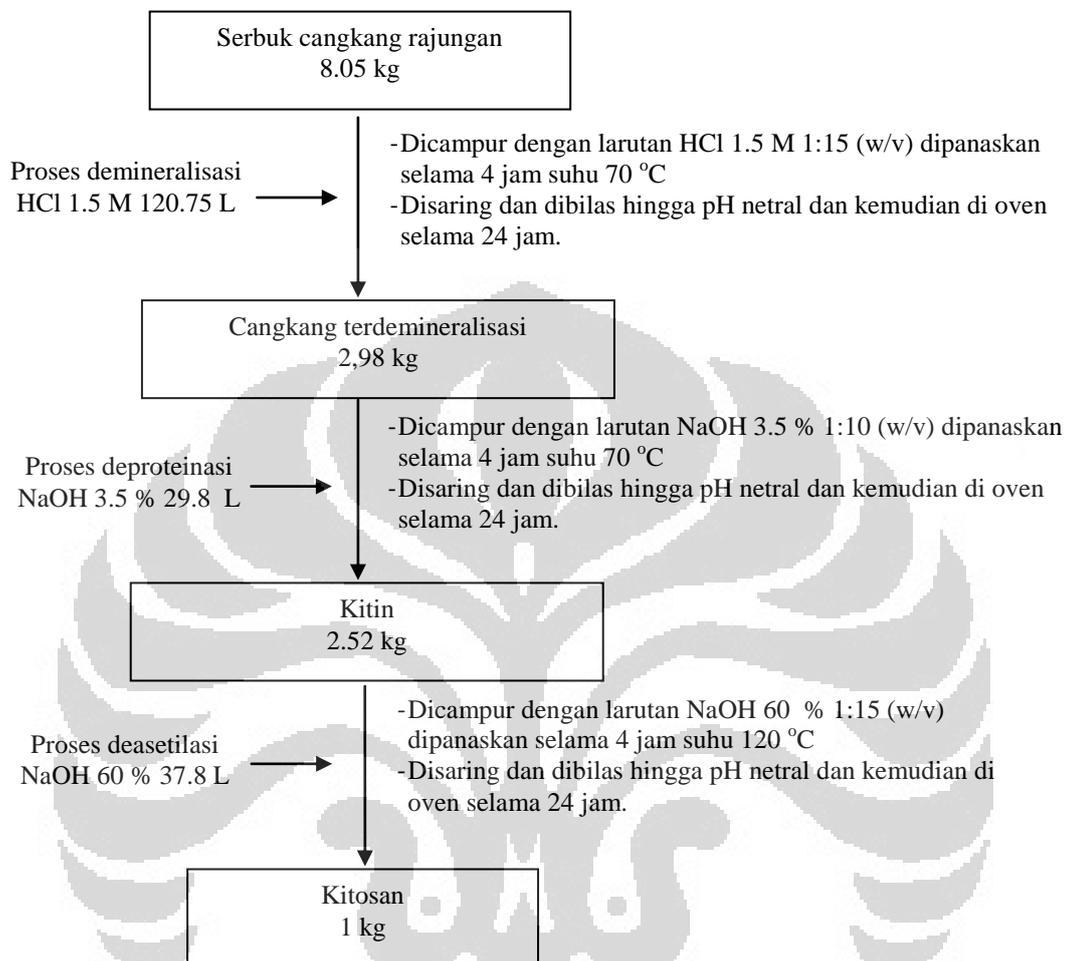
sehingga banyak serbuk yang hilang saat pembilasan. Terbukti persentase penghilangan berat setelah demineralisasi adalah sebesar 82.14 % berat yang hilang dibandingkan dengan demineralisasi cangkang rajungan hanya hilang sekitar 62.9 % oleh karena penggunaan saringan 0.0625 mm.

4.1.3 Perkiraan Bahan dan Biaya Produksi Kitosan 1 Kg

Melalui produksi kitosan dari cangkang kepiting hijau dan cangkang rajungan dapat diperkirakan untuk memproduksi 1 kg kitosan yang terbuat dari cangkang rajungan maka dibutuhkan sekitar 8.05 kg (aliran berat dapat dilihat pada tabel 4.3 dan gambar 4.4) bubuk cangkang yang lolos saringan no. 40 (0.425 mm). Produksi 1 kg ini dibuat berdasarkan persen pengurangan berat dari setiap proses yang dilewati pada tabel 4.2 produksi rajungan. Untuk proses demineralisasi dibutuhkan HCl 1.5 M dengan perbandingan 1:15 (w/v), oleh karena bubuk yang akan diproses sebanyak 8.05 kg dibutuhkan sekitar 120.75 L yang dibuat dari pengenceran HCl pekat 12 M sebanyak 15.09 L atau sekitar 17.8 kg. Setelah proses demineralisasi hasil bubuk yang mengalami penghilangan mineral menjadi sekitar 2.98 kg yang akan dilanjutkan ke proses deproteinasi menggunakan NaOH 3.5 % dengan perbandingan 1:10 (w/v) karena bubuk setelah demineralisasi ada sebanyak 2.98 kg maka dibutuhkan NaOH 3.5 % sebanyak 29.8 L yang dibuat dengan melarutkan NaOH pekat sebanyak 0.882 kg. Bubuk kitin yang telah terekstrak melalui tahap demineralisasi dan deproteinasi didapat sekitar 2.52 kg. Kitin yang diperoleh akan dideasetilasi untuk memperoleh kitosan dengan menggunakan NaOH 60 % dengan perbandingan 1:15 (w/v) dibutuhkan NaOH 60 % sebanyak 37.8 L yang dibuat dengan melarutkan NaOH pekat seberat 22.68 kg.

Tabel 4.3 Proses produksi kitosan untuk membuat satu kilogram kitosan

Keterangan proses	aliran berat (kg)
Bubuk cangkang kepiting yang lolos saringan no. 40	8.05
Demineralisasi	2.98
Deproteinasi	2.52
Deasetilasi	1



Gambar 4.4 Bagan alir pembuatan kitosan 1 kg

Untuk pembuatan kitosan 1 kg membutuhkan sekitar 8.02 kg serbuk cangkang rajungan yang telah lolos saringan no. 40. Jika asumsi penghalusan cangkang efisiensi sekitar 70 % maka dibutuhkan cangkang rajungan sebanyak 11.45 kg, kemudian untuk penggunaan bahan kimia jumlah yang dibutuhkan sekitar 17.08 kg HCl 33 % untuk demineralisasi, 0.882 kg NaOH 97 % untuk deproteinasi, dan 22.68 kg NaOH 97 % untuk deasetilasi. Perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk membuat 1 kg kitosan dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Jumlah biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan bahan pembuatan kitosan

Keterangan penggunaan bahan	jumlah kebutuhan (kg)	Harga (Rp/kg)	Harga total (Rp)
Cangkang rajungan	11.45	3,500	40,075
Demineralisasi dengan HCl 1.5 M 1:15 (w/v)	17.08	1098	18,753.84
Deproteinasi dengan NaOH 3.5 % 1:10 (w/v)	0.882	11500	10,143
Deasetilasi dengan NaOH 60 % 1:15 (w/v)	22.68	11500	260,820
Jumlah total			329,791.84

Jika dilihat dari total biaya yang dikeluarkan untuk membuat satu kilogram kitosan sekitar Rp. 329,791.84 / kg belum termasuk biaya yang dibutuhkan untuk penggunaan energi seperti penggunaan oven untuk pengeringan dan pemanasan. Pembuatan kitosan yang cukup mahal dibandingkan dengan harga jual PAC yang hanya sekitar Rp. 3,500.00 / kg, harga ini dibandingkan dengan PAC sangat tidak efisien jika kitosan akan digunakan sebagai koagulan.

Pengurangan biaya produksi dapat dikurangi oleh beberapa faktor, seperti:

- Pengurangan konsentrasi NaOH 60 % menjadi 50 % ataupun 40 %. Tentunya perlu ada penelitian yang lebih lanjut untuk melihat pengaruh kualitas kitosan jika terjadi variasi konsentrasi. Kitin yang dideasetilasi menggunakan NaOH 40 % menggunakan suhu 120 °C selama 1 – 3 jam menghasilkan kitosan dengan derajat deasetilasi sekitar 70 % (Kumar, 2000).
- Perbandingan berat/volume dikurangi dari 1:15 menjadi 1:10, sehingga jumlah bahan yang digunakan dapat lebih sedikit. Meskipun demikian,

4.2 Karakterisasi Kitosan

Karakterisasi kitosan dilakukan dengan mengukur dua parameter, yaitu % nitrogen dan derajat deasetilasi. Pengukuran % nitrogen adalah untuk mengukur besarnya kandungan nitrogen yang terkandung di dalam kitosan yang sebagian

besar ada dalam bentuk kelompok *amino aliphatic* utama (R-NH₂) yang ada di dalam kitosan (Dutta, P., Dutta, J., dan Tripathi, 2004). Tetapi sebenarnya pengukuran kandungan nitrogen tidak bisa menjadi tolak ukuran banyaknya NH₂ di dalamnya. Untuk mengetahui banyaknya -NHCOCH₃ yang berubah menjadi NH₂ harus dilihat melalui parameter derajat deasetilasi. Kandungan nitrogen di atas 7 % memiliki derajat deasetilasi yang cukup tinggi berdasarkan penelitian dari Yagobhi dan Mirzhade (2003), dan menurut penelitian lainnya kitin yang telah terdeasetilasi akan mengandung sekitar 5 hingga 8 persen (w/v) nitrogen tergantung lama dan variasi perlakuan proses deasetilasi kitin, (Dutta, P., Dutta, J., dan Tripathi, 2004).

Tabel 4.5 Kandungan nitrogen dan derajat deasetilasi dari sampel kitosan

Sampel	Kandungan Nitrogen (%W)	Derajat Deasetilasi (%)
CS-1-1	7.6	87.4
CS-1-2	7.7	88.6
CS-1-3	7.9	90.9
CS-2	7.0	80.5
Fluka	7.5	86.3
Sigma	7.5	86.3

Sumber: Yagobhi dan Mirzhade, 2003

Dari penelitian yang dilakukan oleh Yagobhi dan Mirzhade (2003), sebagaimana yang tampak pada table 4.5, dapat terlihat hubungan antara kandungan nitrogen dan derajat deasetilasi berbanding lurus, yaitu semakin tinggi derajat deasetilasi semakin tinggi pula kandungan nitrogen yang terkandung.

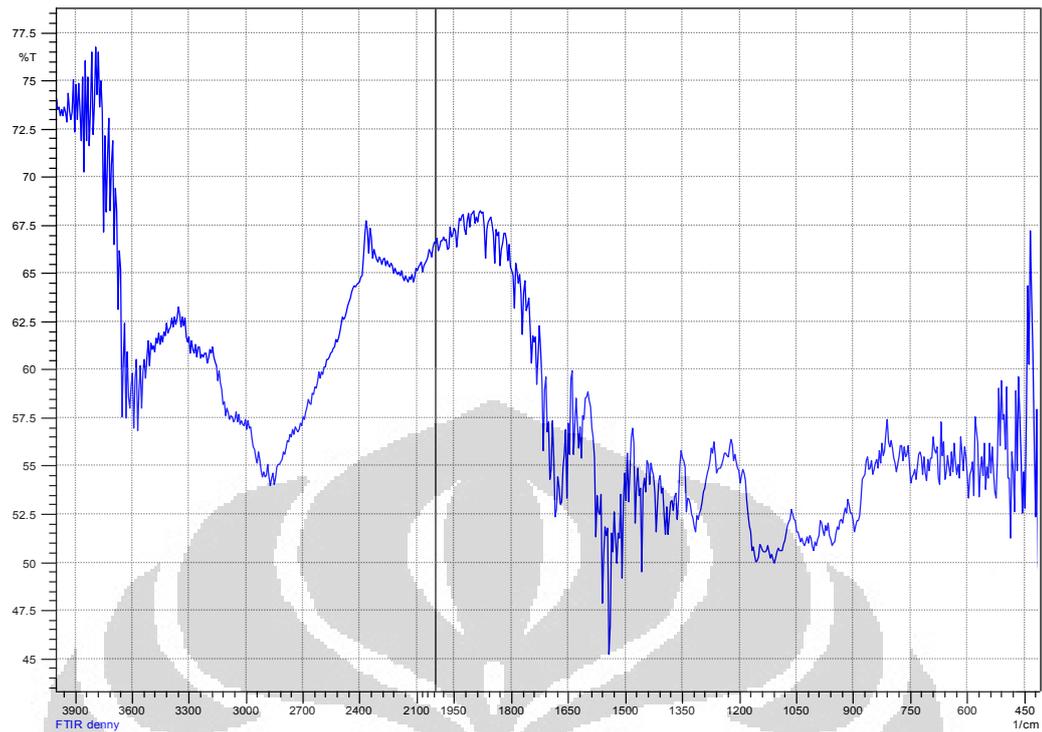
Hasil pengukuran kandungan nitrogen dan derajat deasetilasi dari tiga sampel kitosan yang didapat dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Karakterisasi kitosan

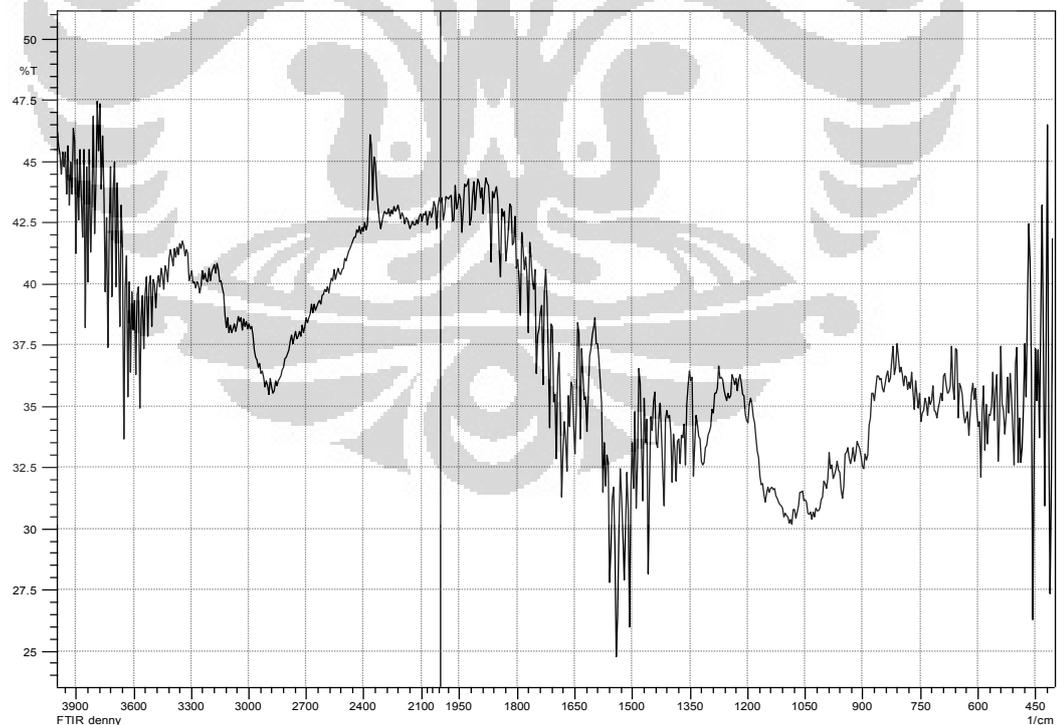
Jenis Kitosan	Kandungan nitrogen (%)	Derajat Deasetilasi (%)
Kitosan kepiting hijau	6.208	53.47
Kitosan rajungan produksi 1	5.5656	20.57
Kitosan rajungan produksi 2	5.288	53.32

Hasil karakterisasi sampel kitosan menunjukkan hasil yang tidak konsisten antara kandungan nitrogen dan derajat deasetilasi. Dimana derajat deasetilasi menunjukkan pada area dibawah 60 %. Jika kandungan nitrogen berdasarkan tabel 4.5 (Yagobhi dan Mirzhade, 2003) ada pada rentang 7 % mendapatkan kitosan dengan derajat deasetilasi lebih dari sekitar 80 % maka kandungan nitrogen sampel di atas yang ada pada rentang 5 – 6 % seharusnya memiliki derajat deasetilasi sekitar 60 – 70 %, tetapi dari hasil perhitungan yang didapat ternyata derajat deasetilasi ada pada rentang di bawah 60 % bahkan yang terendah ada pada 20.57 % yaitu kitosan rajungan produksi 1. Jika dilihat dari besar kandungan nitrogen seharusnya kitosan kepiting hijau memiliki tingkat derajat deasetilasi paling tinggi dibandingkan kitosan rajungan, tetapi faktor pembacaan spektrofotometri menunjukkan hasil yang tidak sesuai seperti dapat dilihat pada tabel 4.6. Gambar hasil spektrofotometri dari sampel kitosan dapat dilihat pada gambar 4.5 hingga gambar 4.7, sementara bentuk grafik spektrofotometri yang seharusnya terbentuk dari sampel kitosan (garik acuan) dapat dilihat pada gambar 4.8.

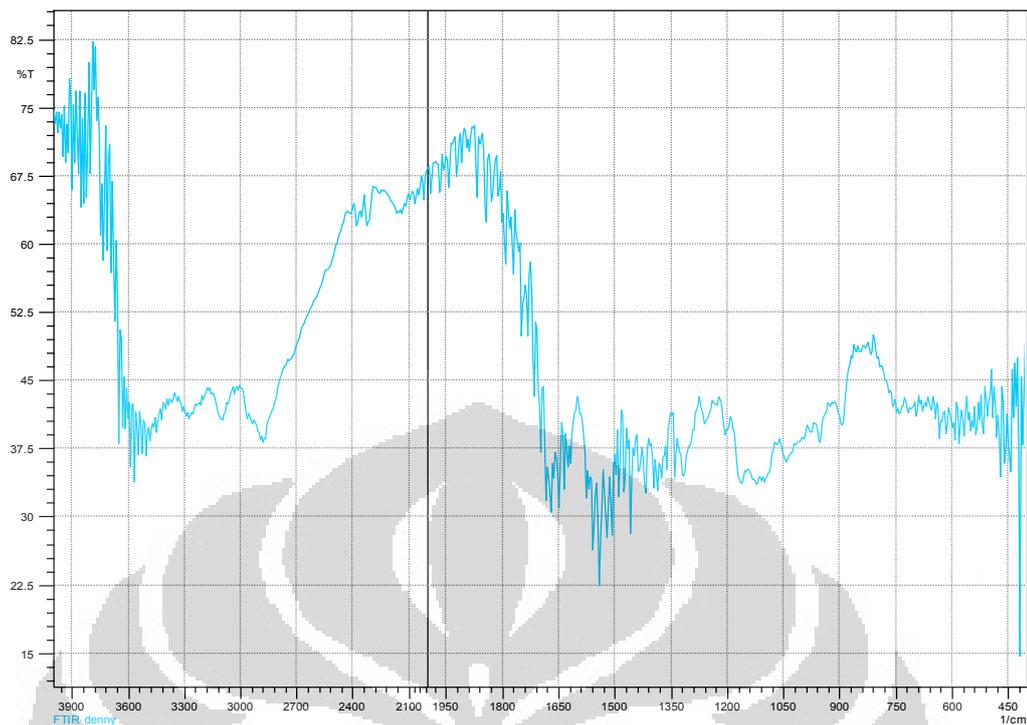
Di dalam grafik spektrofotometri, sumbu x merupakan bilangan gelombang dan sumbu y merupakan % transmitten (mengukur intensitas vibrasi yang dihasilkan oleh setiap gugus yang ada di dalam sampel). Pengukuran absorbansi sendiri dilakukan dengan menggunakan cara perhitungan yang ada di dalam subbab 3.3.2.



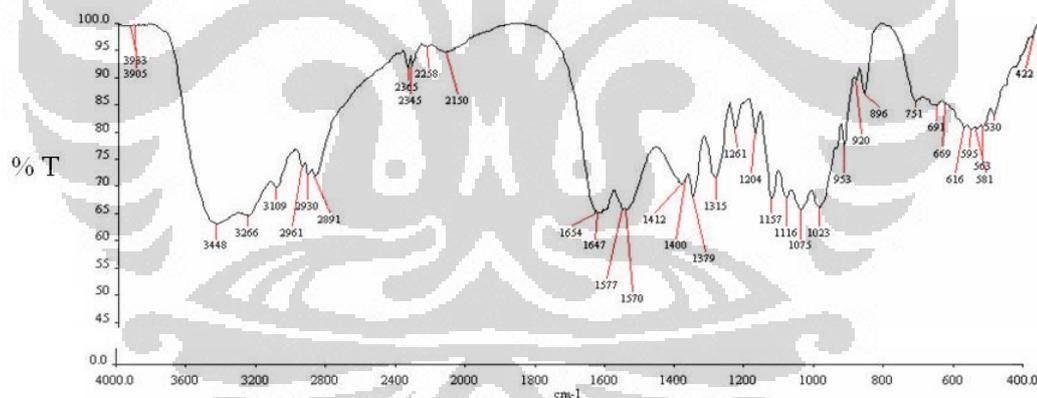
Gambar 4.5 Hasil spektrofotometri FT-IR sampel kitosan kepiting hijau



Gambar 4.6 Hasil spektrofotometri FT-IR sampel kitosan rajungan produksi 1



Gambar 4.7 Hasil spektrofotometri FT-IR sampel kitosan rajungan produksi 2

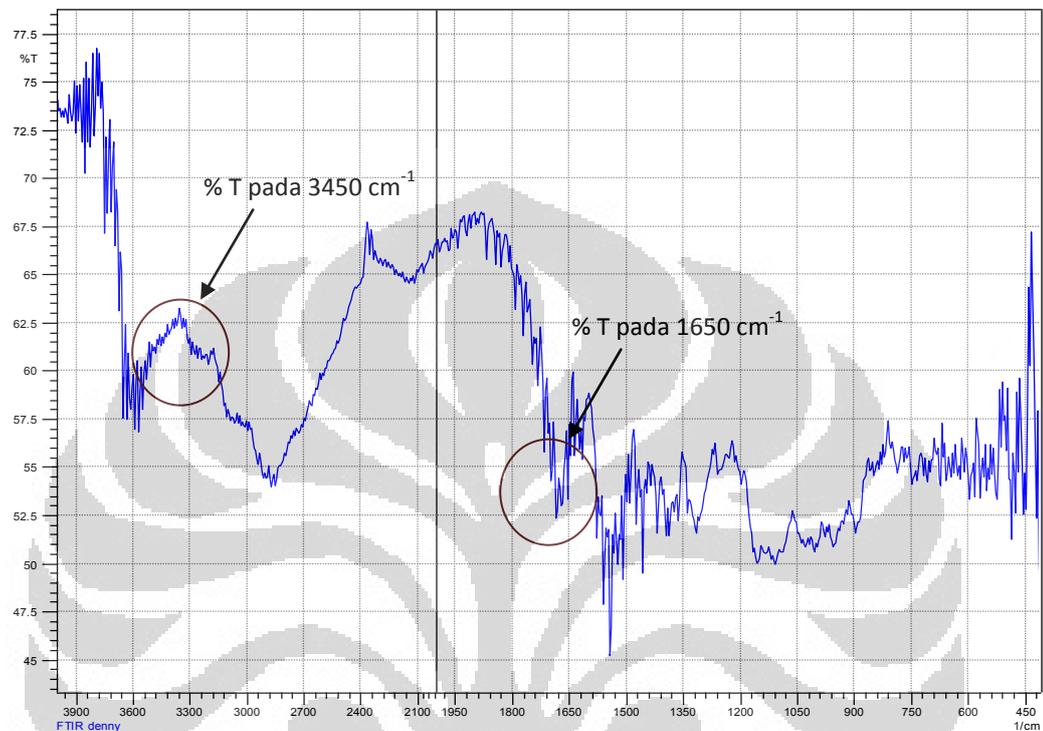


Gambar 4.8 Grafik spektrofotometri pembandingan standar kitosan

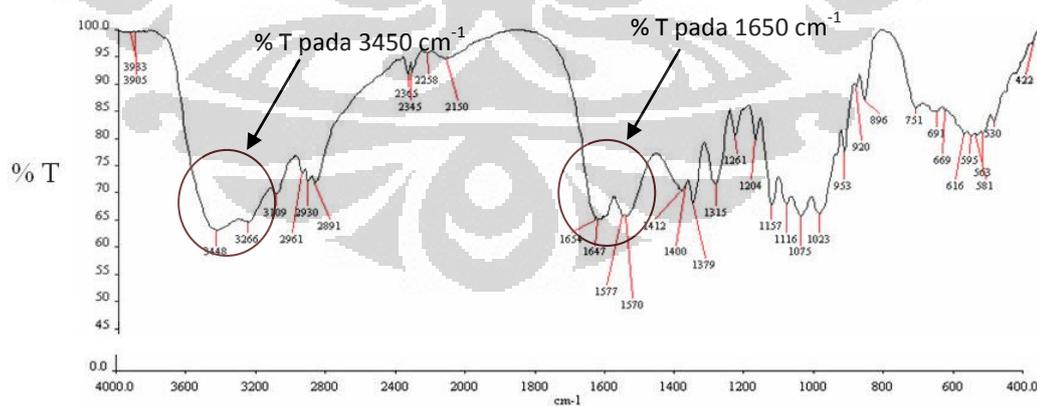
Sumber: Chakraborty, Ghosh, dan Raffi, 2010

Perhitungan dari derajat deasetilasi dilakukan dengan mengukur absorbansi pada bilangan gelombang 3450 cm^{-1} (A_{3450}) untuk pembacaan gugus N-H dan OH dan bilangan gelombang 1650 cm^{-1} (A_{1650}) untuk pembacaan gugus C=O dengan menggunakan metode *baseline*. Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk mengetahui seberapa banyak gugus C=O yang hilang ($-\text{COCH}_3$) terhadap gugus N-H dan OH. Tetapi dari gambar spektrofotometri yang didapat tidak

sesuai dengan gambar spektrofotometri yang seharusnya jika dilihat pada gambar 4.8. Tampak yang menjadi permasalahan adalah nilai absorbansi pada panjang gelombang 3450 cm^{-1} dikarenakan nilai %-transmittennya tidak membentuk lembah.



Gambar 4.9 Spektrofotometri kitosan kepiting hijau



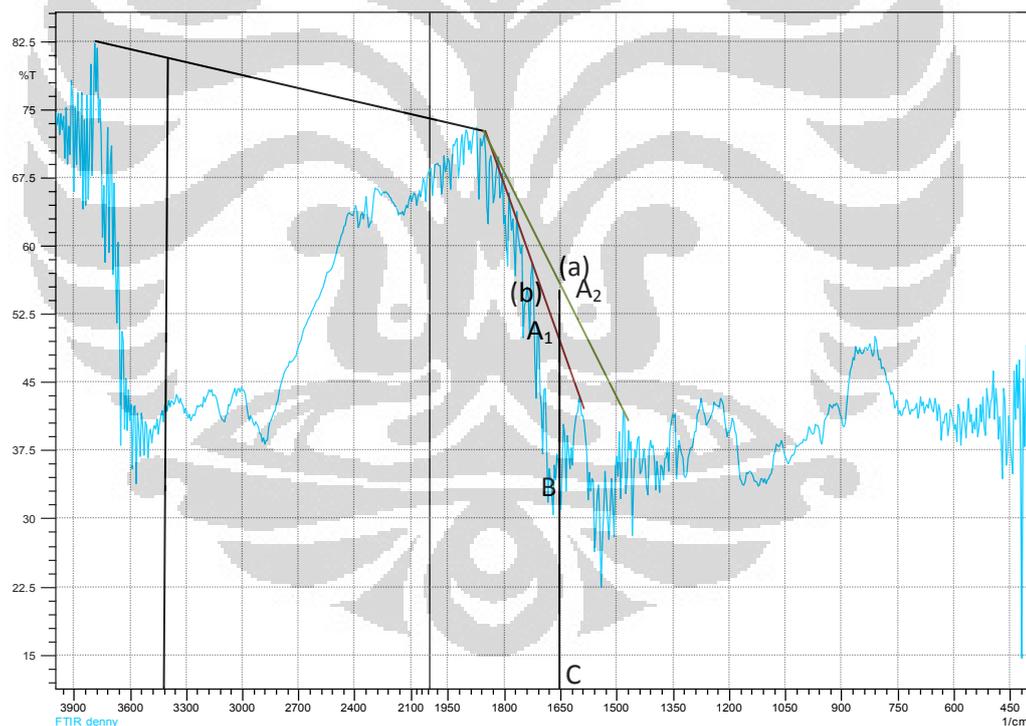
Gambar 4.10 Spektrofotometri sampel kitosan pembanding

Sumber: Chakraborty, Ghosh, dan Raffi, 2010

Dapat terlihat bentuk grafik spektrofotometri yang tidak sesuai pada panjang gelombang 3450 cm^{-1} . Bentuk tersebut tidak hanya pada grafik

spektrofotometri dari kitosan kepiting hijau tetapi juga bentuk grafik spektrofotometri sampel kitosan yang lainnya. Hanya pada kitosan sampel rajungan produksi 2 yang lebih membentuk lembah. Bentuk dari grafik sampel kitosan, baik kepiting hijau, rajungan produksi 1, maupun rajungan produksi 2 (gambar 4.5, gambar 4.6, dan gambar 4.7) yang terletak di area panjang gelombang 3450 cm^{-1} tidak membentuk lembah sebagaimana pada gambar 4.8 yang merupakan gambar pembanding standar kitosan.

Ada beberapa faktor yang mungkin dapat menyebabkan terjadinya kesalahan di dalam pembacaan spektrofotometri. Di dalam penghitungan derajat deasetilasi menggunakan metode garis dasar (*baseline*), penetapan garis dasar yang berbeda dapat mempengaruhi perhitungan derajat deasetilasi dikarenakan jumlah % T yang diukur menjadi berbeda (Ahmad, Kok Khiang Peh, Hung Seng Ching, 2002). Contoh gambar dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.11 Grafik dari sampel kitosan produksi 2 untuk contoh penentuan baseline

Contoh diambil dari Penghitungan Absorbansi pada 1650 cm^{-1} (1650 cm^{-1}) dengan menggunakan garis dasar (b) pada %T dari titik C ke titik A₁ akan berbeda

dengan garis dasar (a) untuk nilai %T dari titik C ke titik A₂. Selain itu bentuk spektrofotometri yang dihasilkan dari sampel tidak menghasilkan garis yang halus (gambar 4.9) melainkan garis grafik yang sangat kasar, sehingga penentuan garis dasar menjadi lebih sulit, dikarenakan banyak garis yang membentuk puncak.

Faktor lain yang dapat menyebabkan kesalahan di dalam pembacaan spektrofotometri adalah kemungkinan adanya kandungan air di dalam sampel, dikarenakan pada area panjang gelombang 3450 cm⁻¹ terdapat gugus N-H dan OH sehingga kesalahan pembacaan disebabkan oleh tingginya kadar air di dalam sampel yang menyebabkan intensitas pada gugus OH kitosan tertutup oleh gugus OH dari air di dalam sampel (Ahmad, Kok Khiang Peh, Hung Seng Ching, 2002). Pembacaan spektrofotometri seperti yang terlihat pada gambar 4.9 dibandingkan dengan gambar 4.10, terlihat bahwa bentuk grafik spektrofotometri di panjang gelombang 3450 cm⁻¹ tidak memiliki puncak kemungkinan disebabkan oleh masih adanya air yang terkandung di dalam sampel sehingga menyebabkan pembacaan grafik yang salah. Kitosan secara alami bersifat hidroskopis dan Ahmad, Kok Khiang Peh, Hung Seng Ching (2002) menyebutkan bahwa kemampuan kitosan untuk menyerap air akan semakin berkurang dengan semakin tingginya proses deasetilasi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tingginya derajat deasetilasi sampel akan menyebabkan semakin berkurangnya kemampuan untuk menyerap kelembaban. Sampel sebelum dibaca di spektrofotometri sebelumnya sudah di oven selama dua malam kurang lebih hampir 48 jam. Tetapi pembacaan spektrofotometri masih menunjukkan adanya gangguan di daerah panjang gelombang 3450 cm⁻¹. Hal ini bisa jadi disebabkan masih adanya kadar air di dalam sampel kitosan. Peningkatan angka pembacaan ini bisa ditingkatkan dengan menggunakan oven vakum untuk menarik kadar air yang mungkin masih tersimpan di dalam kitosan. Selain itu kemungkinan kesalahan lain dapat terjadi akibat sampel tidak melewati proses pemurnian. Pada sampel yang memiliki derajat deasetilasi rendah, besar kemungkinan ada pengotor dalam sampel tersebut sehingga dapat mengganggu pembacaan di spektrofotometri. Solusi yang dapat ditempuh untuk mengatasi masalah ini adalah dengan melakukan pemurnian sampel kitosan. Salah satu cara untuk memurnikan kitosan adalah dengan sentrifugasi untuk memisahkan kitosan dengan pengotor lainnya.

4.3 Efektifitas Kitosan

Di dalam bagian efektifitas kitosan, berikut akan dibahas beberapa hal, yaitu:

- Perbandingan efektifitas kitosan dengan PAC
- Efektifitas kitosan berdasarkan waktu penyimpanan dalam bentuk larutan
- Efektifitas penggabungan antara PAC dengan kitosan
- Efektifitas kitosan variasi pH

Metode yang digunakan untuk melihat efektifitas kitosan dengan variasi beberapa parameter tersebut adalah dengan melakukan jar tes sesuai dengan parameter yang akan dilihat.

4.3.1 Perbandingan Efektifitas Kitosan dan PAC

Jar test yang dilakukan ini adalah untuk membandingkan efektifitas kitosan dari kepiting hijau, rajungan produksi 1, dan rajungan produksi 2, serta dengan PAC sebagai koagulan kimia pembanding. Kitosan yang hasil produksi dari kepiting hijau dan rajungan kemudian dilarutkan terlebih dahulu di dalam asetat 1 % dengan dosis 10,000 ppm sebagai larutan induk yang kemudian dimasukan ke lemari pendingin pada suhu 20 °C. Tetapi jika dilihat dari tingkat kelarutan antara kitosan yang terbuat dari kepiting hijau dan rajungan ada perbedaan yang cukup signifikan, dimana kepiting hijau jauh lebih larut dibandingkan dengan rajungan yang menghasilkan cukup banyak endapan. Menurut Ashmore et al. (2001), penggunaan kitosan yang dibutuhkan akan berbanding terbalik dengan derajat deasetilasi, sehingga semakin tinggi derajat deasetilasi semakin sedikit dosis kitosan yang dibutuhkan (Roussy et al., 2005). Alasan semakin sedikit dosis sudah dapat terlihat pada tingkat kelarutan yang dimiliki oleh kitosan, dikarenakan kitosan dari kepiting hijau lebih larut daripada kitosan rajungan, sesuai dengan tingkatan kandungan nitrogen yang dimiliki oleh kepiting hijau dan rajungan. Larutan kitosan 10,000 ppm ini kemudian langsung digunakan dengan mengencerkan kitosan ke dalam air suling menjadi 1000 ppm yang akan langsung digunakan untuk jar test.

Jar test pertama membandingkan semua sampel kitosan dari kepiting hijau, rajungan produksi 1, dan rajungan produksi 2 serta PAC dengan jumlah dosis 10, 20, 30, 40, 50 ppm. Kondisi awal parameter beserta nilai parameter yang diharapkan sebagai output jar tes dapat dilihat pada table 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Kondisi awal parameter beserta nilai parameter yang diharapkan sebagai output jar tes

Parameter	Kondisi Awal ^a	Hasil yang diharapkan dari jar tes ^b
Kekeruhan (NTU)	947	5
pH	7.02	6-8.5
Alkalinitas (mg/L CaCO ₃)	156	-

^a Karakteristik air sungai yang akan digunakan untuk jar tes (Air Sungai Kalimalang)

^b Berdasarkan Permenkes 907 tahun 2002 mengenai Kualitas Air Minum

Pengecekan sampel dilakukan dengan menggunakan parameter kekeruhan, pH dan alkalinitas. Pengukuran pH dan alkalinitas hanya dilakukan untuk dosis optimum dengan tujuan bahwa pemilihan dosis optimum merupakan kondisi yang akan digunakan untuk penjernihan air sebenarnya. Hasil jar test selengkapnya dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut.

Tabel 4.8 Efisiensi jar test dari PAC

Dosis PAC (ppm)	Kekeruhan (NTU)		% removal kekeruhan	pH	Alkalinitas (mg/L CaCO ₃)
	10 menit	30 menit			
10	61.2	60.5	93.6	-	-
20	18.4	16.7	98.2	-	-
30	7.26	6.64	99.29	-	-
40	2.55	1.83	99.81	-	-
50	2.66	1.46	99.85	6.05	38

Tabel 4.9 Efisiensi jar test dari kitosan kepiting hijau

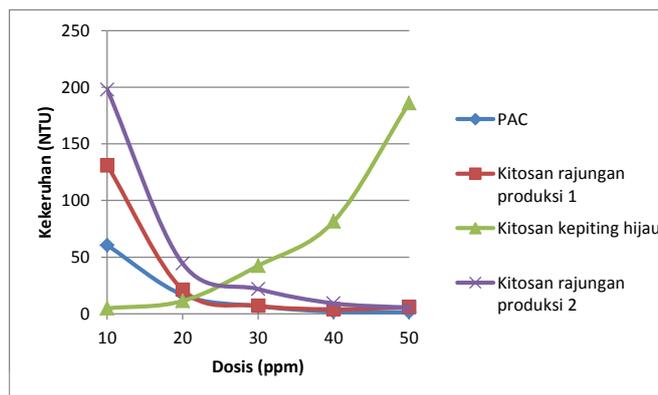
Dosis Kitosan Kepiting Hijau (ppm)	Kekeruhan (NTU)		% removal kekeruhan	pH	Alkalinitas (mg/L CaCO ₃)
	10 menit	30 menit			
10	5.67	4.8	99.5	6.62	77
20	12.2	11.3	98.8	-	-
30	45.2	42.4	95.5	-	-
40	79.9	81.5	91.39	-	-
50	192	186	80.36	-	-

Tabel 4.10 Efisiensi jar test dari kitosan rajungan produksi 1

Dosis Kitosan Rajungan 1 (ppm)	Kekeruhan (NTU)		% removal kekeruhan	pH	Alkalinitas (mg/L CaCO ₃)
	10 menit	30 menit			
10	129	131	86.17	-	-
20	19.9	21.2	97.76	-	-
30	7.84	7.09	99.25	-	-
40	4.89	3.94	99.58	5.79	52
50	8.15	5.9	99.38	-	-

Tabel 4.11 Efisiensi jar test dari kitosan rajungan produksi 2

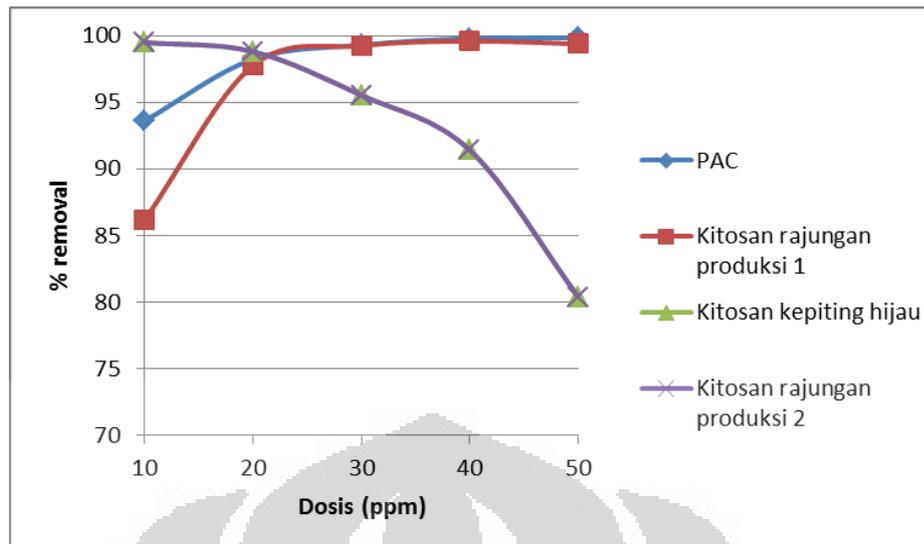
Dosis (ppm)	Kekeruhan (NTU)		% removal kekeruhan
	10 menit	30 menit	
10	203	198	79.09
20	44.5	44.3	95.32
30	21.9	21.8	97.7
40	10.2	9.2	99.03
50	4.88	5.33	99.44



Gambar 4.8 Perbandingan efisiensi penghilangan kekeruhan antar koagulan sesuai dengan dosis

Dosis optimum yang diperoleh untuk kitosan dari dosis 10 hingga 50 ppm, dan ada pada kisaran 10 ppm berdasarkan tabel 4.8. Rentang dosis kepiting hijau dipersempit menjadi 8, 10, 12, 14, 16 ppm. Penggunaan rentang dosis yang dipersempit dalam melakukan jar tes ini disebabkan hasil kekeruhan yang dihasilkan masih belum mencapai batas kekeruhan yang diizinkan, yaitu 5 NTU. Sedangkan untuk koagulan dari rajungan, dari tabel 4.9 dan 4.10 dapat terlihat tingkat efisiensi lebih baik kitosan rajungan produksi 1 dari pada kitosan rajungan produksi 2, jika dilihat pada tabel 4.9 untuk kitosan rajungan produksi 1 tingkat removal kekeruhan tertinggi ada pada dosis 40 ppm, sedangkan pada tabel 4.10 tingkat removal kekeruhan tertinggi ada pada dosis 50 ppm untuk kitosan rajungan produksi 2.

Bentuk flok yang dihasilkan oleh kitosan berbeda dengan flok yang dihasilkan dari PAC, dimana flok yang dihasilkan oleh PAC lebih halus dibandingkan dengan flok yang dihasilkan oleh kitosan. Dan tampak terlihat flok yang dihasilkan oleh kitosan lebih berat menyebabkan setelah melalui proses jar test, flok yang dihasilkan langsung dapat mengendap. Berbeda dengan PAC yang harus menunggu sekitar 5-10 menit hingga flok dapat mengendap.



Gambar 4.9 Perbandingan persen removal kekeruhan antar koagulan sesuai dengan dosis

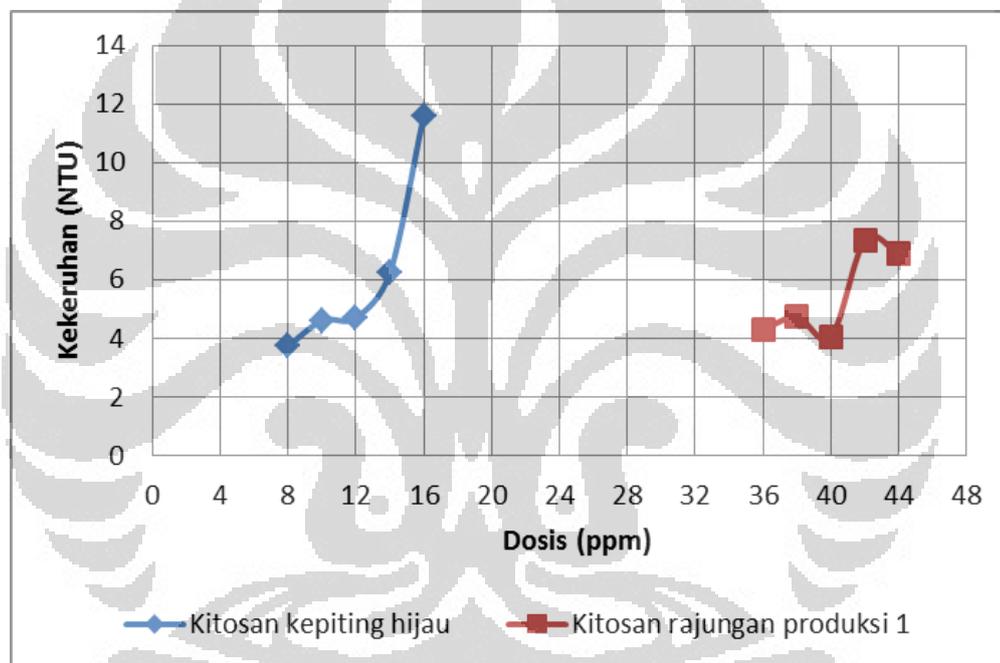
Oleh karena efisiensi removal (gambar 4.9) dan dosis lebih baik pada kitosan rajungan produksi 1 dibandingkan dengan rajungan produksi 2, maka rentang dosis yang dipersempit hanya kitosan rajungan produksi 1, yaitu pada sekitar dosis 40 ppm. Rentang dosis dipersempit menjadi 38, 40, 42, 44, 46 ppm. Sedangkan untuk PAC tidak dilakukan penyempitan dosis tetap menggunakan dosis optimum yaitu pada 50 ppm untuk penelitian selanjutnya. Penyempitan dosis PAC tidak dilakukan sebab PAC sudah mencapai dosis optimum di 50 ppm.

Tabel 4.12 Penentuan dosis optimum dari kitosan kepiting hijau

Dosis (ppm)	Kekeruhan (NTU)		% removal kekeruhan	pH	Alkalinitas (mg/L CaCO ₃)
	10 menit	30 menit			
8	3.73	3.73	99.60	6.57	88
10	5.03	4.6	99.51	-	-
12	5.2	4.7	99.50	-	-
14	6.33	6.23	99.34	-	-
16	12.8	11.6	98.77	-	-

Tabel 4.13 Penentuan dosis optimum dari kitosan rajungan produksi 1

Dosis (ppm)	Kekeruhan (NTU)		% removal kekeruhan	pH	Alkalinitas (mg/L CaCO ₃)
	10 menit	30 menit			
36	11.6	4.3	99.54	-	-
38	5.06	4.72	99.50	-	-
40	4.17	4.05	99.57	5.86	64
42	6.33	7.35	99.22	-	-
44	6.73	6.89	99.27	-	-



Gambar 4.10 Penentuan dosis optimum kitosan

Dari hasil di atas terlihat bahwa masing-masing dosis optimum kitosan dari kepiting hijau dicapai pada dosis 8 ppm. Kemudian kepiting rajungan produksi 1 pada 40 ppm, serta PAC pada dosis 50 ppm. Dari kekeruhan air sungai sebesar 947 NTU, dengan menggunakan kitosan kepiting hijau dosis 8 ppm dapat menghilangkan kekeruhan sebesar 99.60 % (3.73 NTU), kitosan rajungan produksi 1 menghilangkan kekeruhan sebesar 99.57 % (4.05 NTU), PAC dosis 50 ppm dapat menghilangkan kekeruhan sebesar 99.85 % (1.46 NTU). Perubahan pH yang dialami oleh sampel yang menggunakan dosis kitosan kepiting hijau 8 ppm

menjadi 6.57 dibandingkan dengan kitosan rajungan produksi 1 menjadi 5.86 dan PAC menjadi 6.05. Kemudian alkalinitas sungai dari 156 mg/l CaCO_3 untuk kitosan keping hijau terjadi perubahan alkalinitas menjadi 88 mg/l CaCO_3 , sedangkan untuk kitosan rajungan produksi 1 menjadi 64 mg/l CaCO_3 , dan PAC menjadi 38 mg/l CaCO_3 . Perubahan pH setelah koagulasi untuk kitosan rajungan produksi 1 dan PAC tidak memenuhi baku mutu sehingga perlu ada penambahan pH saat proses koagulasi. Proses peningkatan pH tersebut dilakukan dengan menggunakan kapur (CaCO_3) untuk meningkatkan pH menjadi rentang 7.4-7.5 dan pH pada rentang 7.7-7.8 yang efektifitas dari hasil penambahan pH tersebut selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.14 Efektifitas koagulan setelah penambahan pH menjadi 7.4-7.5 dengan menggunakan kapur (CaCO_3)

Keterangan	Kekeruhan		% removal kekeruhan	pH	Alkalinitas (mg/L CaCO_3)
	10 menit	30 menit			
Sampel kitosan keping hijau 8 ppm	7	6.07	99.35	6.79	99
Sampel kitosan rajungan produksi 1 40 ppm	4.1	3.17	99.66	6.13	65
PAC 50 ppm	2.26	1.09	99.88	6.43	53

Tabel 4.15 Melihat efektifitas koagulan setelah penambahan pH menjadi 7.7-7.8 menggunakan kapur (CaCO_3)

Keterangan	Kekeruhan		% removal kekeruhan	pH	Alkalinitas (mg/L CaCO_3)
	10 menit	30 menit			
Sampel kitosan keping hijau 8 ppm	24.8	24.9	97.37	7.14	-
Sampel kitosan rajungan produksi 1 40 ppm	10.7	10	98.94	6.53	98.6
PAC 50 ppm	1.95	2.1	99.78	6.67	77.4

Setelah penambahan pH menjadi 7.4-7.5 terlihat efisiensi yang dimiliki oleh kitosan keping hijau menurun. Efisiensi yang menurun ini menyebabkan terjadi peningkatan kekeruhan di atas 5 NTU, yaitu 6.07 NTU. Sedangkan untuk sampel kitosan rajungan produksi 1 dan PAC memiliki efisiensi yang cukup tinggi di dalam pH 7.4-7.5, terbukti kekeruhan yang dihasilkan masih di bawah 5 NTU. Tetapi pada pH 7.7-7.8 sampel kitosan baik dari keping hijau maupun kitosan

rajungan produksi 1 terjadi peningkatan kekeruhan di atas 5 NTU. Bahkan untuk kitosan kepiting hijau peningkatan kekeruhan menjadi sekitar 24.9 NTU. Untuk koagulan PAC menunjukkan tidak ada perubahan yang signifikan walaupun terjadi perubahan pH hingga 7.7-7.8.

Efektifitas kitosan rajungan yang masih cukup baik untuk pH 7.7-7.8 disebabkan oleh larutan asam asetat yang digunakan untuk melarutkan kitosan, sehingga pH nya berada di rentang di bawah 7 dengan tingkat alkalinitas sebesar 65 mg/l CaCO₃, tetapi untuk kitosan kepiting hijau jumlah dosis yang dibutuhkan lebih sedikit menyebabkan kekuatan asam asetat untuk menurunkan pH tidak terlalu signifikan dan alkalinitas ada pada jumlah 99 mg/l CaCO₃ serta pH menjadi 6.73 menyebabkan kemampuan kitosan untuk mengkoagulasi menjadi berkurang. Sedangkan untuk PAC dapat terlihat bahwa pada dosis 50 ppm untuk pH 7.7-7.8 dengan alkalinitas hingga 77.4 mg/l CaCO₃ masih memberikan hasil penurunan kekeruhan yang baik, sekitar 2.1 NTU.

4.3.1 Efektifitas Kitosan Berdasarkan Waktu Penyimpanan

Pada saat pengujian kitosan kepiting hijau yang disimpan di lemari pendingin selama beberapa hari menunjukkan adanya pergeseran dosis optimum, dibandingkan dengan kitosan kepiting hijau yang langsung digunakan untuk jar test setelah dilarutkan di dalam asam asetat 1 %. Pengamatan lebih lanjut dapat dilihat pada tabel 4.16 dan 4.17

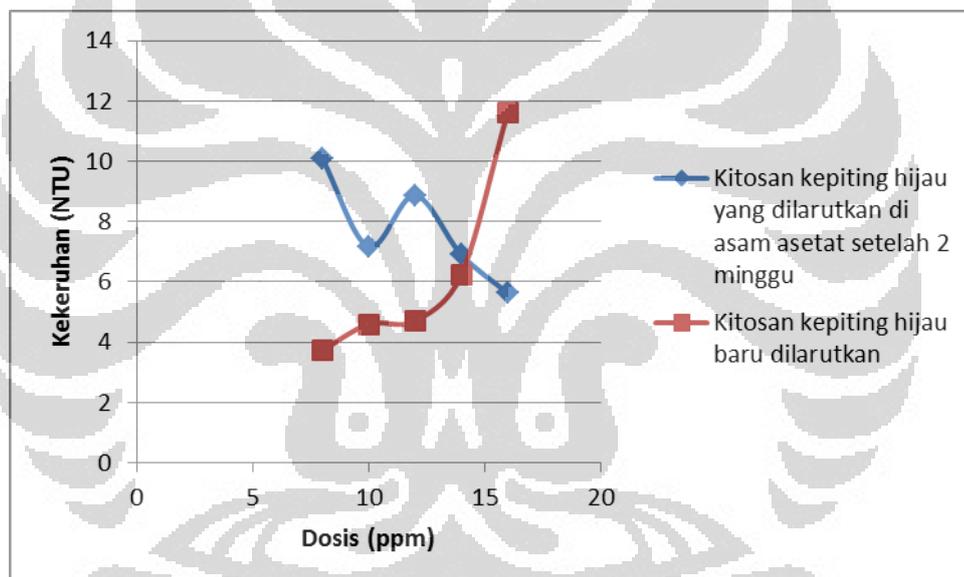
Sampel kitosan kepiting hijau yang telah dilarutkan di dalam asam asetat 1 % dilihat efisiensinya setelah disimpan selama kurang lebih dua minggu di dalam lemari pendingin suhu 20 °C, dibandingkan dengan efisiensi kitosan yang baru dilarutkan di dalam asam asetat 1 % dan langsung digunakan sebagai koagulan.

Tabel 4.16 Jar test kitosan kepiting hijau yang baru dilarutkan

Dosis (ppm)	Kekeruhan (NTU)		% removal kekeruhan	pH	Alkalinitas (mg/L CaCO ₃)
	10 menit	30 menit			
8	3.73	3.73	99.60	6.57	88
10	5.03	4.6	99.51	-	-
12	5.2	4.7	99.50	-	-
14	6.33	6.23	99.34	-	-
16	12.8	11.6	98.77	-	-

Tabel 4.17 Jar test kitosan kepiting hijau yang telah dilarutkan dan disimpan selama dua minggu

Dosis (ppm)	Kekeruhan (NTU)		% removal kekeruhan	pH	Alkalinitas (mg/L CaCO ₃)
	10 menit	30 menit			
8	10.5	10.1	98.93	-	-
10	10.2	7.17	99.24	-	-
12	8.64	8.87	99.06	-	-
14	8.2	6.91	99.27	-	-
16	5.77	5.63	99.40	6.38	66



Gambar 4.11 Perbandingan koagulan berdasarkan waktu penyimpanan

Penyimpanan kitosan dalam bentuk larutan menunjukkan ada perubahan atau pergeseran dosis saat digunakan di dalam jar test. Pergeseran ini menunjukkan ada pengaruh waktu terhadap pergeseran dosis. Semakin lama waktu penyimpanan menunjukkan adanya perubahan dosis dimana dosis yang harus ditambahkan menjadi lebih banyak dari sebelumnya.

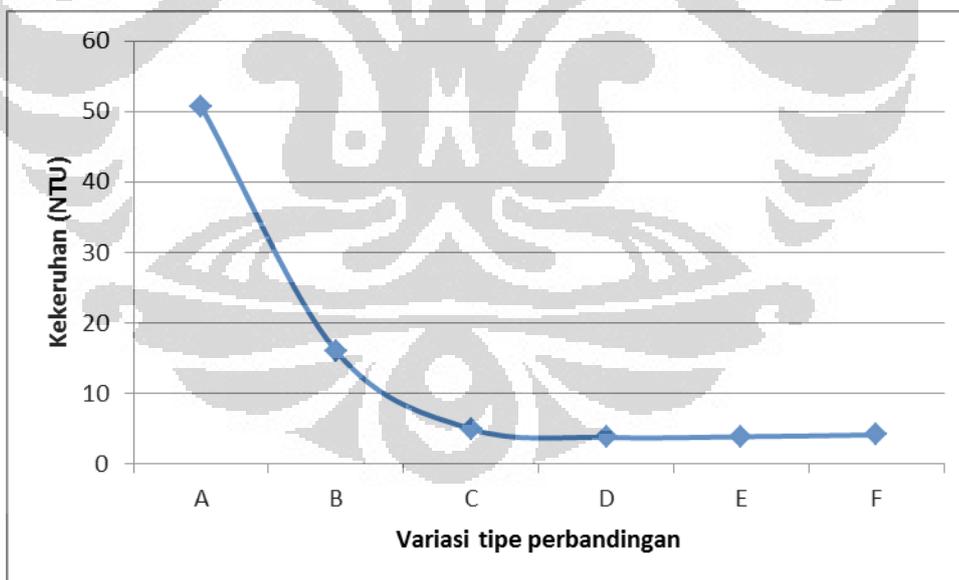
Kondisi ini dapat diatasi dengan melakukan penyimpanan kitosan dalam bentuk serbuk, dan baru dilarutkan ke dalam asetat saat akan digunakan sebagai koagulan.

4.3.2 Efektifitas Penggabungan antara PAC dan Kitosan

Selain melihat efisiensi perbandingan, dilakukan juga variasi di dalam jar test dengan menggabungkan antara PAC dan kitosan dijaga pada dosis 10 ppm dengan perbandingan penambahan dosis dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.18 Efektifitas penggabungan antara PAC dan kitosan dosis 10 ppm

Variasi	Dosis (ppm)		Kekeruhan (NTU)		pH	Alkalinitas (mg/L CaCO ₃)
	PAC	Kitosan				
A	10	0	62	50.7	-	-
B	8	2	16.4	16	-	-
C	6	4	5.97	4.97	6.43	67.2
D	4	6	3.41	3.76	6.4	69.4
E	2	8	4.61	3.86	6.45	66
F	0	10	4.13	4.12	-	-



Gambar 4.11 Efektifitas penggabungan PAC dengan kitosan dosis 10 ppm

Oleh karena pH yang dicapai tidak memenuhi standar baku mutu, yaitu pH 6.5 – 8.5 maka akan dilakukan penambahan kapur (CaCO₃) untuk meningkatkan kualitas pH dari air sampel.

Tabel 4.19 Efektifitas koagulan : PAC optimum setelah penambahan kapur (CaCO_3) menjadi pH 7.4-7.5

Perbandingan dosis (ppm)		Kekeruhan		pH	Alkalinitas (mg/L CaCO_3)
Kitosan	PAC	10 menit	30 menit		
4	6	17.6	16.2	-	-
6	4	5.34	5.09	6.8	68
8	2	4.77	4.6	6.75	69.4

Tabel 4.20 Efektifitas koagulan : PAC optimum setelah penambahan kapur (CaCO_3) menjadi pH 7.7-7.8

Keterangan		Kekeruhan	
Kitosan	PAC	10 menit	30 menit
4	6	31.7	30.4
6	4	13.8	12.7
8	2	23	22.3

Penurunan efisiensi untuk pencampuran kitosan dan PAC juga tampak terlihat terutama pada pH 7.7-7.8 kekeruhan yang didapat sama sekali tidak memenuhi baku mutu. Tetapi pada pH 7.4-7.5 efisiensi didapat pada perbandingan kitosan 8:2 hal ini menunjukkan perlu adanya penambahan dosis kitosan untuk kondisi pH melebihi 7.4.

Jika dilihat dari perbandingan harga yang diperkirakan untuk kitosan dan PAC, jika dilihat dari segi efektifitas kitosan memiliki efisiensi yang lebih tinggi dikarenakan dosis yang digunakan lebih sedikit untuk kitosan kepiting hijau. Sedangkan untuk PAC dari segi harga memiliki perbandingan harga yang sangat jauh jika dibandingkan kitosan, sehingga kitosan tidak efektif untuk digunakan dalam jumlah besar. Sehingga akan coba ditingkatkan perbandingan pemakaian dosis antara PAC dengan kitosan untuk menanggulangi pemakaian kitosan dari segi harga dan efektifitas. Dosis perbandingan 10 : 1 PAC dan kitosan akan dilihat untuk dosis 10, 20, dan 30 ppm.

Tabel 4.21 Efektifitas koagulan : PAC (1:10) dengan pH sampel (7.02)

Dosis (ppm)		total dosis (ppm)	Kekeruhan (NTU)		pH	Alkalinitas (mg/L CaCO ₃)
Kitosan	PAC		10 menit	30 menit		
1	9	10	20.9	20.1	-	-
2	18	20	3.33	3.22	6.48	64
3	27	30	2.49	2.35	6.36	58

Tabel 4.22 Efektifitas koagulan : PAC (1:10) setelah penambahan kapur (CaCO₃) menjadi pH 7.4-7.5

Dosis (ppm)		total dosis	Kekeruhan (NTU)		pH	Alkalinitas
Kitosan	PAC		10 menit	30 menit		
1	9	10	40.4	39	-	-
2	18	20	7.63	7.9	6.9	92
3	27	30	3.65	3.07	6.68	84

Dapat terlihat bahwa pada penggunaan perbandingan 10:1 antara PAC dengan kitosan terjadi pergeseran dosis di mana dosis optimum yang seharusnya 50 ppm dapat turun hingga menjadi 20 ppm. Sedangkan untuk peningkatan pH menjadi 7.4-7.5 dosis optimum didapat pada dosis 30 ppm. Peningkatan alkalinitas menunjukkan perlu adanya penambahan dosis koagulan. Sehingga tingkat alkalinitas dapat diturunkan dan koagulan dapat mengkoagulasi dengan maksimal.

4.3.2 Efektifitas Kitosan menggunakan variasi pH

Variasi pH juga dilakukan untuk melihat kondisi optimum jika ada perubahan pH. Variasi pH dilakukan dengan menggunakan NaOH dan H₂SO₄ sebagai penambah asam atau basa, dimulai dari pH 5, 6, 7, 8, 9 menggunakan sampel air sungai Kalimalang dengan kekeruhan 947 NTU dan pH awal 7.02, koagulan yang digunakan adalah kitosan dari kepiting hijau pada dosis optimum 8 ppm, kitosan rajungan produksi 1 dosis 40 ppm, dan PAC dosis 50 ppm. Hasil jar test melalui variasi pH dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut.

Tabel 4.23 Efektifitas kitosan kepiting hijau variasi pH dengan dosis optimum 8 ppm

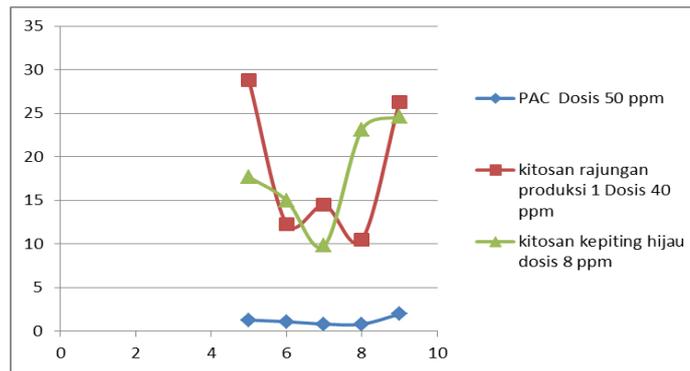
pH	Kekeruhan		pH setelah koagulasi
	10 menit	30 menit	
5	17.9	17.7	4.82
6	17.1	15	5.82
7	9.52	9.8	6.54
8	24	23.1	7.26
9	26.3	24.6	8.46

Tabel 4.24 Efektifitas kitosan rajungan produksi 1 variasi pH dengan dosis optimum 8 ppm

pH	Kekeruhan		pH setelah koagulasi
	10 menit	30 menit	
5	29.7	28.8	4.53
6	15.6	12.3	5.57
7	12.3	14.5	6.06
8	9.06	10.5	6.45
9	28.8	26.3	8.53

Tabel 4.25 Efektifitas PAC dosis 50 ppm

pH	Kekeruhan		pH setelah koagulasi
	10 menit	30 menit	
5	1.3	1.28	4.69
6	1.06	1.09	5.75
7	1.08	0.82	6.24
8	1.43	0.8	6.62
9	2.91	1.96	8.73



Gambar 4.12 Perbandingan variasi pH antar jenis koagulan

Dapat dilihat hasil yang didapat menunjukkan bahwa penambahan NaOH dan H₂SO₄ di dalam sampel air sungai yang kemudian dikoagulasi menunjukkan hasil yang tidak efisien menyebabkan tingkat koagulasi rendah, sehingga tingkat kekeruhan pun meningkat. Keberadaan SO₄⁻² dan Na⁺ menyebabkan adanya gangguan di dalam proses koagulasi sehingga hasil yang didapat tidak terlalu signifikan. Sedangkan untuk PAC dosis 50 ppm menunjukkan penurunan kekeruhan yang cukup konsisten di sekitar 1 NTU.

4.4 Kelebihan dan Kekurangan Kitosan

Berdasarkan data-data hasil penelitian yang didapat dapat disimpulkan kelebihan dan kekurangan kitosan jika akan digunakan sebagai koagulan.

4.4.1 Kekurangan Kitosan

Ada beberapa kekurangan kitosan yang menyebabkan kitosan kurang bisa digunakan secara efisien untuk koagulasi. Diantaranya adalah:

- Biaya yang cukup mahal untuk pembuatan kitosan jika dibandingkan dengan koagulan kimia seperti PAC ataupun tawas.
- Rentang pH di atas 7.5 menunjukkan berkurangnya efisiensi koagulan, sehingga pH terbaik untuk proses koagulasi adalah pada rentang pH sekitar netral.
- Kitosan tidak bisa digunakan langsung dalam bentuk serbuk sehingga harus dilarutkan terlebih dahulu ke dalam asam asetat yang dapat menyebabkan terjadinya penurunan pH air.

- SO_4^{2-} dan Na^+ yang dapat menyebabkan perubahan pH pada air dapat menyebabkan efektifitas kitosan berkurang.
- Larutan kitosan di dalam asetat dapat berguna untuk menurunkan kekeruhan pH air di atas 7.5 tetapi harus menggunakan dosis yang lebih banyak agar pH bisa dibawa ke pH netral oleh asam asetat serta banyak alkalinitas yang hilang agar kitosan dapat bekerja sebagai maksimal. Tetapi tentunya hal ini tidak efisien dikarenakan dengan bertambahnya dosis menyebabkan terjadinya penambahan biaya.
- Rentang bekerja koagulan kitosan hanya pada rentang sekitar 7 sehingga untuk air yang memiliki kondisi asam atau basa harus ada penyesuaian pH terlebih dahulu agar kitosan dapat digunakan.

4.4.2 Kelebihan Kitosan

Walaupun kitosan masih memiliki banyak kekurangan, tetapi ada kelebihan-kelebihan yang cukup menguntungkan jika kitosan digunakan sebagai koagulan. Diantaranya adalah:

- Dosis yang dibutuhkan sangat sedikit jika kualitas kitosan semakin baik, dilihat dari derajat deasetilasi dan kandungan nitrogen.
- Flok yang terjadi lebih cepat mengendap, sehingga dapat meningkatkan performa di dalam bak sedimentasi.
- Dapat digunakan sebagai flocculant aid, terlihat bahwa dengan perbandingan 1:10 antara kitosan dengan PAC dapat meningkatkan kualitas koagulasi dari PAC.
- Di dalam Roussy et al. (2005) menunjukkan bahwa kitosan dapat digunakan untuk mengkoagulasi bakteri.
- Lumpur yang dihasilkan dari koagulasi menggunakan kitosan tidaklah berbahaya dikarenakan sifat kitosan yang biodegradable (Chatterjee et al., 2009).
- Kitosan dapat mengkoagulasi koloid bermuatan negatif dengan menggunakan prinsip *charge neutralization* (Roussy et al., 2005), dan mengkoagulasi logam bermuatan positif dengan menggunakan prinsip ion exchange (Gamage dan Sahidi, 2007).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil yang sudah dilakukan untuk perbandingan efektifitas kitosan dari rajungan dan cangkang kepiting yang diproduksi dan digunakan untuk melakukan koagulasi dan flokulasi. Diantaranya adalah:

- Jumlah kitosan yang diproduksi dari cangkang kepiting hijau adalah sebesar 12.34 gram dari 166.784 gram serbuk cangkang kepiting hijau yang didapat dari penghalusan 420 gram berat kering cangkang kepiting hijau. Sedangkan untuk cangkang rajungan produksi 1 dan 2 dirata-rata dan mendapat kitosan sebesar 21 gram dari rata-rata sekitar 168.51 gram serbuk cangkang rajungan yang didapat dari penghalusan 300 gram berat cangkang rajungan kering.
- Ada dua parameter yang digunakan untuk melihat karakteristik kitosan yang berasal dari kepiting hijau dan rajungan, yaitu kandungan nitrogen dan derajat deasetilasi. Kandungan nitrogen yang berasal cangkang kepiting hijau adalah sebesar 6.208 % sementara cangkang rajungan produksi 1 sebesar 5.5656 % dan cangkang rajungan produksi 2 sebesar 5.288 %. Untuk parameter derajat deasetilasi tidak berhasil dikarakterisasi disebabkan oleh dua alasan, yaitu kemungkinan adanya kandungan air di dalam kitosan hasil produksi, dan kemungkinan adanya pengotor sehingga perlu adanya pemurnian kitosan.
- Efektifitas kitosan yang didapat dari kitosan cangkang kepiting hijau menunjukkan dosis optimum pada 8 ppm dibandingkan dengan kitosan cangkang rajungan produksi 1 sebesar 40 ppm dan PAC sebesar 50 ppm untuk mengurangi kekeruhan air sungai kalimalang dari 947 NTU menjadi di bawah 5 NTU.
- Kualitas kitosan terlihat menunjukkan perbandingan yang terbalik antara jumlah dosis dengan kandungan nitrogen dimana semakin besar

nitrogen menunjukkan pengurangan jumlah dosis yang dibutuhkan untuk koagulasi. Oleh karena tingkat kelarutan kitosan di dalam asetat semakin tinggi seiring dengan meningkat derajat deasetilasi dan derajat deasetilasi berbanding lurus dengan besar kandungan nitrogen.

- Kelebihan-kelebihan kitosan dibandingkan PAC adalah dosis yang digunakan jauh lebih sedikit daripada dosis PAC, dapat menjadi flokulan aid untuk meningkatkan kualitas koagulan PAC (perbandingan 1:10 antara kitosan dan PAC), flok yang terlihat lebih cepat mengendap dibandingkan PAC.

V.2 Saran

Untuk meningkatkan proses produksi agar menjadi lebih efektif ada beberapa hal yang harus diperhatikan, diantaranya:

- Penggunaan saringan yang tepat dengan tingkat ukuran pori sangat kecil untuk mencegah banyak serbuk cangkang yang lolos.
- Penggunaan wadah yang lebar sehingga pada saat pengeringan dapat dilakukan dengan cepat dan merata.
- Perlu untuk dilakukan pemurnian jika tingkat kelarutan kitosan sangat rendah, sehingga di dalam melakukan karakterisasi pengotor-pengotor tidak mengganggu pembacaan spektrofotometri.
- Penting untuk benar-benar mengeringkan sampel kitosan sebelum dikarakterisasi derajat deasetilasi agar pembacaan spektrofotometri tidak salah.

Perlu adanya studi yang lebih mendalam di dalam produksi kitosan sehingga bisa didapat kitosan dengan harga yang jauh lebih murah untuk digunakan sebagai koagulan.

Di dalam penggunaan kitosan sebagai koagulan oleh karena faktor harga yang masih kurang efisien dikarenakan harganya berbeda jauh dengan PAC menyebabkan perlu adanya studi lebih mendalam dalam perbandingan kitosan dengan PAC yang efektif agar biaya dapat dikurangi.

DAFTAR REFERENSI

- Agusnar, H. (2005). Analisa keefektifan kitosan dalam pengujian limbah industri koagulasi karet. *Jurnal Sains Kimia*, Vol. 9, Issue 1, 35-37.
- Ahmad, T., Kok Khiang, P., Hung Seng, C. (2002). Reporting degree of deacetylation values of chitosan: the influence of analytical methods. *Journal of pharmacy and pharmaceutical sciences*, Vol. 5, Issue 3, 205-212
- Ashmore, M., Hearn, J., Karpowicz, F. (2001). Flocculation of latex particles of varying surface charge densities by chitosans. *Langmuir* 17 (4), 1069-1073.
- Balazs, N., & Sipos, P. (2007). Limitations of pH-potentiometric titration for the determination of the degree of deacetylation of chitosan. *Carbohydrate Research*, Vol. 342, Issue 1, 124-130.
- Beaney, P., Mendoza, J., Healy, M. (2004). Comparison of chitins produced by chemical and bioprocessing methods. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, Vol. 80, 145-150.
- Bolat et al. (2010). Chitin-chitosan yield of freshwater crab (*Potamon potamios*, Olivier 1804) shell. *Pakistan Veterinary Journal*, Vol. 30, Issue 4, 227-231.
- Chacraborty, S., Ghosh, U., Raffi, S. (2010). Production of chitosan from marine trash crustaceans and its application from seawater. *International Journal of Chemical and Analytical Science*, Vol. 1, Issue 9, 195-201.
- Chatterjee et al. (2009). Coagulation of soil suspensions containing nonionic or anionic surfactant using chitosan, polyacrylamide, and polyaluminium chloride. *Chemosphere* 75, 1307-1314.
- Chen, L., Chen, D., Wu, C. (2003). A new approach for the flocculation mechanism of chitosan. *Journal of Polymer and the Environment*, Vol. 11, Issue 3, 87-92.
- Cho et al. (1998). Utilization of chitosan hydrolysate as a natural food preservative for fish meat paste products. *Korean J Food Sci Tech*, Vol. 30, 817-822.
- Chui et al. (1996). Removal and recovery of copper(II), chromium(III) and nickel(II) from solutions using crude shrimp chitin packed in smalls column. *Environmental International*, Vol. 22, Issue 4, 463-468.
- Divakaran, R., & Pillai, V. (2001). Flocculation of kaolinite suspensions in water by chitosan. *Water Research*, Vol. 35, Issue 16, 3904-3908.

Dutta, P., Dutta, J., Tripathi, V. (2004). Chitin and chitosan: chemistry, properties and applications. *Journal of Scientific & Industrial Research*, Vol. 63, 20-31.

Feng Xiao et al. (2007). Effect of low temperature on coagulation kinetics and floc surface morphology using alum. *Desalination*, Vol. 237, Issues 1-3, 201-213.

Gamage, A., & Shahidi, F. (2007). Use of chitosan for the removal of metal ion contaminants and proteins from water. *Food Chemistry*. Vol. 104, Issue 3, 989-996.

Haibo Xie, Suobo Zhang, Shenghai Li. (2006). Chitin and chitosan dissolved in ionic liquids as reversible sorbent of CO₂. *Green Chemistry*, Vol. 8, 630-633.

Huang, C., Ying-Chien, C., & Ming-Ren, L. (1996). Adsorption of Cu(II) and Ni(II) by palletized biopolymer. *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 45, 265-277.

Krissetiana, Henny. (2004, Mei 31). Kitin dan kitosan dari limbah udang. *Harian Suara Merdeka*.

Kumar, M. (2000). A review of chitin and chitosan applications. *Reactive and functional polymers*, Vol. 46, Issue 1, 1-27.

Lertsutthiwong et al. (2002). Effect of chemical treatment on the characteristic of shrimp chitosan. *Journal of Metals, Materials and Minerals*, Vol. 12, No. 1, 11-18.

Micera et al. (1986). "Copper and vanadium complex of chitosan" in *Chitin in Nature and technology*. Plenum Press: New York.

Mukherjee, D. (2001, Oktober 30). Method for producing chitin or chitosan. 5 Januari 2011. <http://www.patentstorm.us/patents/6310188/fulltext.html>.

Nair, K., & Madhavan, P. (1989). Advances in chitin research. In: *Recent trend in processing low cost fish*. K.Balachandran et al. (Ed). Society of Fisheries Technologists, India.

Qasim, S., Motley, E., Guang Zhu, (2000). *Water works engineering : planning, design, and operation*. Prentice-Hall: Amerika.

Ornum, J. (1992). Shrimp waste – must it be wasted?. *Infofish International*, Vol. 6, 48-52.

Puspawati, N. M., & Simpen I. N. (2010). Optimasi deasetilasi khitin dari kulit udang dan cangkang kepiting limbah restoran seafood menjadi khitosan melalui variasi konsentrasi NaOH. *Jurnal Kimia*, 4, 79-90.

Rana et al. (2009). Removal of heavy metal from contaminated water by biopolymer crab shell chitosan. *Journal of Applied Sciences* 9 (15), 2762-2769.

Reynolds, T., & Richards, P. (1996). *Unit Operations and Process in Environmental Engineering*. PWS Publishing Company: America.

Rochima, E. (2007). Karakterisasi kitin dan kitosan asal limbah rajungan Cirebon Jawa Barat. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia Volume 10*.

Roussy et al. (2005). Influence of chitosan characteristics on the coagulation and the flocculation of bentonite suspensions. *Water research 39*, 3247-3258.

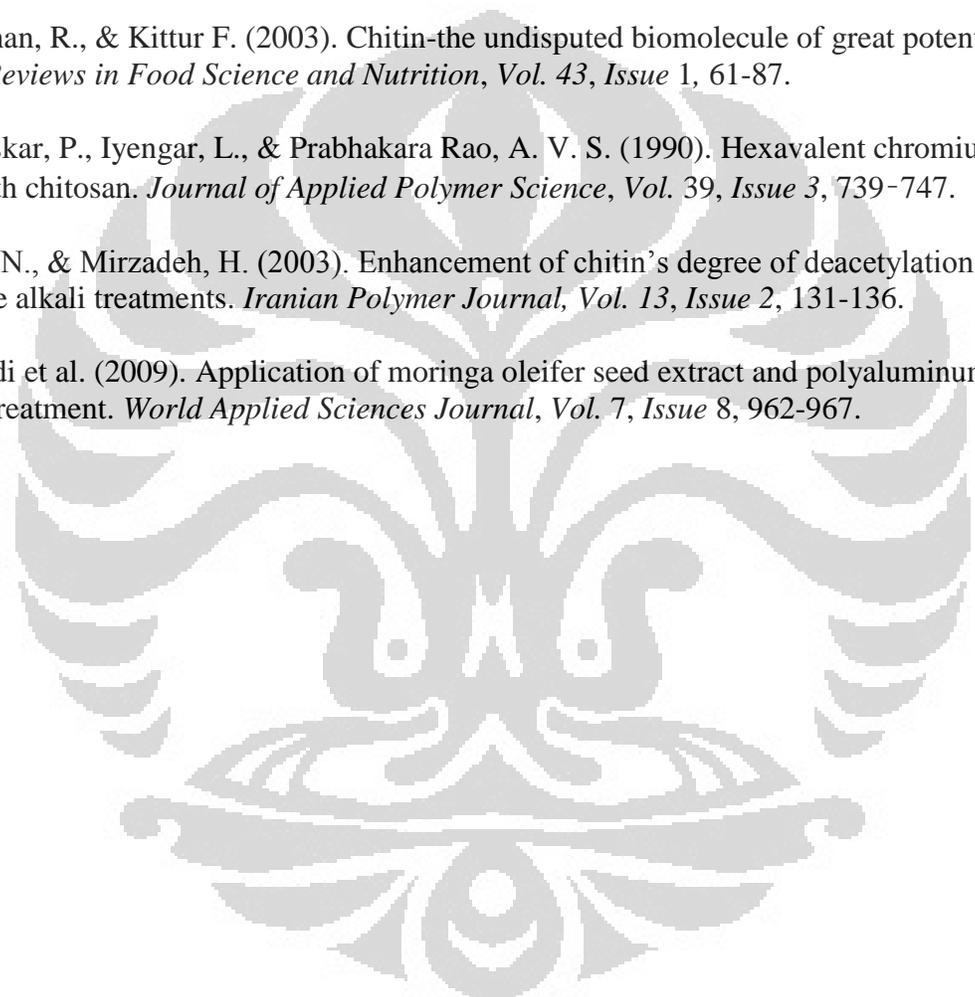
Sandford, P. (1989). "Chitosan: Commercial Uses and Potential Applications" in *Chitin and Chitosan: Sources, Chemistry, Biochemistry Physical Properties and Applications*. Elsevier Applied Science: London.

Tharanathan, R., & Kittur F. (2003). Chitin-the undisputed biomolecule of great potential. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, Vol. 43, Issue 1*, 61-87.

Udaybhaskar, P., Iyengar, L., & Prabhakara Rao, A. V. S. (1990). Hexavalent chromium interaction with chitosan. *Journal of Applied Polymer Science, Vol. 39, Issue 3*, 739-747.

Yaghobi, N., & Mirzadeh, H. (2003). Enhancement of chitin's degree of deacetylation by multistage alkali treatments. *Iranian Polymer Journal, Vol. 13, Issue 2*, 131-136.

Yarahmadi et al. (2009). Application of moringa oleifer seed extract and polyaluminum chloride in water treatment. *World Applied Sciences Journal, Vol. 7, Issue 8*, 962-967.



PERHITUNGAN TOTAL NITROGEN

Total Nitrogen (%) = N Kjehdahl (%) + N-NH₃ spektro (%)

$$\text{Rumus \% N (Kjehdahl)} = \frac{V \times \text{bst N} \times N\text{NaOH} \times 100\%}{\text{mg sampel}}$$

$$\text{Rumus \% N - NH}_3 \text{ (spektro)} = \frac{\text{ppm} \times \text{volume ekstrak} \times \text{fp} \times 100\%}{\text{mg sampel} \times 1000}$$

1. Sampel Kepiting Hijau

a. Perhitungan N Kjehdahl

Diketahui :

Pengukuran Volume titrasi NaOH = 12.8 ml

Bst N = 14

Normalitas NaOH = 0.02 N

mg sampel = 100 mg

$$\text{Rumus \% N (Kjehdahl)} = \frac{V \times \text{bst N} \times N\text{NaOH} \times 100\%}{\text{mg sampel}}$$

$$= \frac{12.8 \times 14 \times 0.02 \times 100\%}{100}$$

$$= 3.584 \%$$

b. Perhitungan N spektrofotometri

Diketahui :

Pembacaan spektrofotometri = 0.18 mg/L

Volume ekstrak = 50 ml

Mg sampel = 100 mg

Faktor pengenceran = 500 kali

$$\begin{aligned} \text{Rumus \% N - NH}_3 \text{ (spektro)} &= \frac{\text{ppm} \times \text{volume ekstrak} \times \text{fp} \times 100\%}{\text{mg sampel} \times 1000} \\ &= \frac{0.18 \times 50 \text{ ml} \times 500 \times 100\%}{100 \times 1000} \end{aligned}$$

$$= 4.5\%$$

c. Perhitungan Total Nitrogen

$$\begin{aligned} \text{Total Nitrogen (\%)} &= \text{N Kjehdahl (\%)} + \text{N-NH}_3 \text{ (\%)} \\ &= 3.584 \% + 4.5 \% \\ &= 8.084 \% \end{aligned}$$

Sampel Rajungan Produksi 1

a. Perhitungan N Kjehdahl

Diketahui :

Pengukuran Volume titrasi NaOH = 10.63 ml

Bst N = 14

Normalitas NaOH = 0.02 N

mg sampel = 100 mg

$$\begin{aligned} \text{Rumus \% N (Kjehdahl)} &= \frac{V \times \text{bst N} \times \text{N NaOH} \times 100\%}{\text{mg sampel}} \\ &= \frac{10.63 \times 14 \times 0.02 \times 100\%}{100} \\ &= 2.9764 \% \end{aligned}$$

b. Perhitungan N spektrofotometri

Diketahui :

Pembacaan spektrofotometri = 0.65 mg/L

Volume ekstrak = 50 ml

Mg sampel = 100 mg

Faktor pengenceran = 100 kali

$$\begin{aligned} \text{Rumus \% N - NH}_3 \text{ (spektro)} &= \frac{\text{ppm} \times \text{volume ekstrak} \times \text{fp} \times 100\%}{\text{mg sampel} \times 1000} \\ &= \frac{0.65 \times 50 \text{ ml} \times 100 \times 100\%}{100 \times 1000} \\ &= 3.25\% \end{aligned}$$

c. Perhitungan Total Nitrogen

$$\begin{aligned} \text{Total Nitrogen (\%)} &= \text{N Kjehdahl (\%)} + \text{N-NH}_3 \text{ (\%)} \\ &= 2.9764 \% + 3.25 \% \\ &= 6.2264 \% \end{aligned}$$

Sampel Rajungan Produksi 2

a. Perhitungan N Kjehdahl

Diketahui :

Pengukuran Volume titrasi NaOH = 10.55 ml

Bst N = 14

Normalitas NaOH = 0.02 N

mg sampel = 100 mg

$$\begin{aligned} \text{Rumus \% N (Kjehdahl)} &= \frac{V \times \text{bst N} \times \text{N NaOH} \times 100\%}{\text{mg sampel}} \\ &= \frac{10.55 \times 14 \times 0.02 \times 100\%}{100} \\ &= 2.954 \% \end{aligned}$$

b. Perhitungan N spektrofotometri

Diketahui :

Pembacaan spektrofotometri = 0.59 mg/L

Volume ekstrak = 50 ml
 Mg sampel = 100 mg
 Faktor pengenceran = 100 kali

$$\begin{aligned} \text{Rumus \% N - NH}_3 \text{ (spektro)} &= \frac{\text{ppm} \times \text{volume ekstrak} \times \text{fp} \times 100\%}{\text{mg sampel} \times 1000} \\ &= \frac{0.18 \times 50 \text{ ml} \times 100 \times 100\%}{100 \times 1000} \\ &= 0.9\% \end{aligned}$$

c. Perhitungan Total Nitrogen

$$\begin{aligned} \text{Total Nitrogen (\%)} &= \text{N Kjeldahl (\%)} + \text{N-NH}_3 \text{ (\%)} \\ &= 2.954 \% + 0.9 \% \\ &= 3.854 \% \end{aligned}$$

PERHITUNGAN DERAJAT DEASETILASI

Nilai absorbansi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$A = \log (T_0/T)$$

Dimana: T_0 = % transmittan pada garis dasar

T = % transmittan pada puncak

minimum

Kemudian menghitung perbandingan antara nilai absorbansi pada $\nu = 1655 \text{ cm}^{-1}$ (serapan pita amida) dengan absorbansi $\nu = 3450 \text{ cm}^{-1}$ (serapan pita hidroksi) dihitung untuk N-deasetilasi kitin yang sempurna (100%) diperoleh $A_{1655} = 1,33$. (Bastaman, 1989 dalam Haryanto, 1995). Maka N-Deasetilasi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\% N - Deasetilasi = \left\{ 1 - \left[(A_{1655}/A_{3450}) \times \frac{1}{1.33} \right] \right\} \times 100\%$$

1. Sampel Kepiting Hijau

$$A_{3450} = \log \left(\frac{75}{61.3} \right) = 0.0876$$

$$A_{1650} = \log \left(\frac{60.5}{53.4} \right) = 0.0542$$

$$\% N - Deasetilasi = \left\{ 1 - \left(\frac{0.0542}{0.0876} \times \frac{1}{1.33} \right) \right\} \times 100\% = 53.47 \%$$

2. Sampel Rajungan Produksi 1

$$A_{3450} = \log \left(\frac{47}{40} \right) = 0.07$$

$$A_{1650} = \log \left(\frac{39.6}{33.4} \right) = 0.0739$$

$$\% N - Deasetilasi = \left\{ 1 - \left(\frac{0.0739}{0.07} \times \frac{1}{1.33} \right) \right\} \times 100\% = 20.57 \%$$

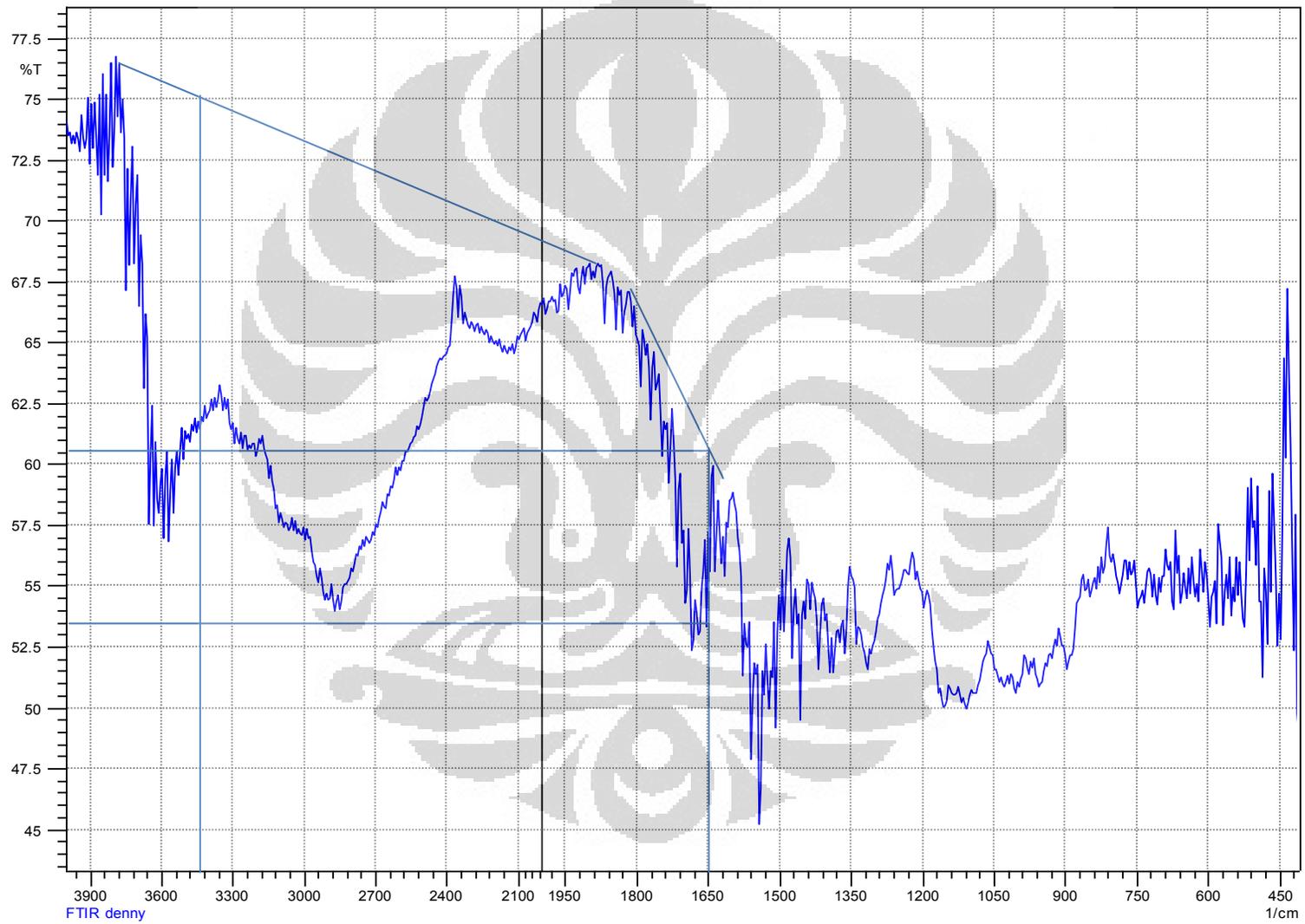
3. Sampel Rajungan Produksi 2

$$A_{3450} = \log \left(\frac{76.7}{38.6} \right) = 0.298$$

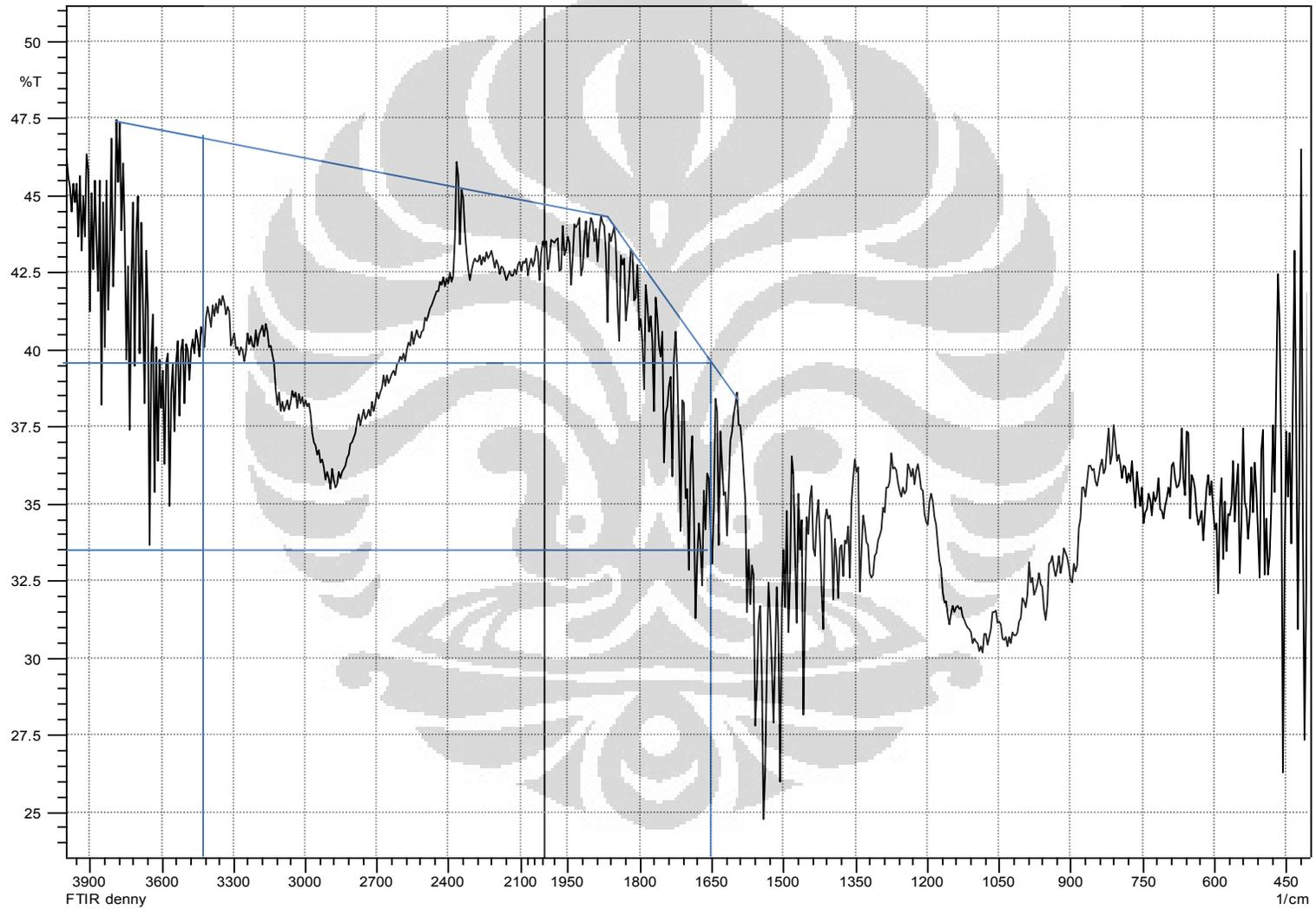
$$A_{1650} = \log \left(\frac{46.7}{30.5} \right) = 0.185$$

$$\% N - Deasetilasi = \left\{ 1 - \left(\frac{0.185}{0.298} \times \frac{1}{1.33} \right) \right\} \times 100\% = 53.32 \%$$

DERAJAT DEASETILASI KEPITING HIJAU



DERAJAT DEASETILASI RAJUNGAN PRODUKSI 1



DERAJAT DEASETILASI RAJUNGAN PRODUKSI 2

