



**KOAGULASI LIMBAH CAIR BUATAN  
MENGUNAKAN KITOSAN DENGAN VARIASI BERAT  
MOLEKUL**

**SKRIPSI**

Oleh

**Mufrihah Nurhayati  
NIM 121810301068**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**KOAGULASI LIMBAH CAIR BUATAN  
MENGUNAKAN KITOSAN DENGAN VARIASI BERAT  
MOLEKUL**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

**Mufrihah Nurhayati  
NIM 121810301068**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

## PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang maha pengasih lagi maha penyayang, yang telah meridhoi setiap tahap dalam menyelesaikan skripsi ini. Saya persembahkan skripsi ini dengan penuh ketulusan kepada:

1. Ayahanda Mochammad Rahadian, Ibunda Afrina Hayati, dan Adik-adikku Muhammad Taufiq Latif, Muhammad Afifuddin atas doa, cinta dan kasih sayang yang telah diberikan selama ini;
2. Bapak/Ibu guru TK dan SDN Ambulu 1, SMPN 1 Ambulu, SMAN Ambulu, Bapak/Ibu dosen kimia, teknisi jurusan Kimia, dan segenap karyawan FMIPA Universitas Jember yang telah membimbing dan memberikan ilmu, serta pengalamannya;
3. Sahabat Terbaik di Kimia Vike Putri Ana, Winda Intan Novalia, Yulia Agustin, Dewi Adriana P, Octavianti N, Retno Marhaeni, Fenly Arismaya, Linda Faiqotul H terima kasih atas doa, dukungan, semangat dan perhatian yang diberikan selama ini;
4. Sahabat di kos arum tercinta Dihniatul Muqoni'ah, Aidatun Nisa F, Rana virga Tesha terima kasih atas doa, dukungan, semangat dan perhatian yang diberikan selama ini
5. Sahabat Tersayang Wulan Apriani, Agam Galih R, Wahyu Abdi P terima kasih atas doa, dukungan, semangat dan perhatian yang diberikan selama ini;
6. Sahabat Tercantik Ira Septa Ningrum, Reza Noviant S, Rizki Mahfiroh, Nora Dwi Saputri terima kasih atas doa, dukungan, semangat dan perhatian yang diberikan selama ini
7. Teman–teman Kimia 2012 (Lanthanida 2012), keluarga besar Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, almamater Universitas Jember terima kasih atas semangat, bantuan, saran, perhatian dan kenangan yang telah diberikan;
8. semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

**MOTO**

Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan  
(terjemahan Surat *Al-Insyirah* ayat 6) <sup>\*)</sup>

Cukuplah Allah menjadi Penolong kami dan Allah adalah sebaik-baik Pelindung  
(terjemahan Surat *Al-Imran* ayat 173) <sup>\*)</sup>

*You can't get angry just because you can't control the world as you please*  
(Cho Kyuhyun) <sup>\*\*)</sup>

---

\*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2010. *Al-Quran dan Terjemahannya*. Bandung: CV. Pustaka Agung Harapan

\*\*\*) Anonim. 2018. *Cho Kyuhyun Quotes*.  
[http://www.azquotes.com/author/57656-Cho\\_Kyuhyun](http://www.azquotes.com/author/57656-Cho_Kyuhyun) [diakses pada tanggal 29 Juni 2018, pukul 10.59 WIB]

**PERNYATAAN**

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Mufrihah Nurhayati

NIM : 121810301068

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Koagulasi Limbah Cair Buatan Menggunakan Kitosan Dengan Variasi Berat Molekul” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17 Juli 2018

Yang menyatakan,

Mufrihah Nurhayati

NIM 121810301068

**SKRIPSI**

**KOAGULASI LIMBAH CAIR BUATAN MENGGUNAKAN  
KITOSAN DENGAN VARIASI BERAT MOLEKUL**

Oleh

**Mufrihah Nurhayati**  
**NIM 121810301068**

**Pembimbing**

Dosen Pembimbing Utama : Asnawati, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Koagulasi Limbah Cair Buatan Menggunakan Kitosan Dengan Variasi Berat Molekul” karya Mufrihah Nurhayati telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas

Tim Penguji;

Ketua,

Anggota I,

Asnawati, S.Si., M.Si.  
NIP 1968081419994032001

Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si  
NIP 197107031997021001

Anggota II,

Anggota III,

Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D.  
NIP 196605291993031003

Tanti Haryati, S.Si., M.Si  
NIP 198010292005012002

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Jember,

Drs. Sujito, Ph.D.  
NIP 196102041987111001



## RINGKASAN

**Koagulasi Limbah Cair Buatan Menggunakan Kitosan Dengan Variasi Berat Molekul;** Mufriyah Nurhayati, 121810301068; 2018: 32 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Koagulasi merupakan destabilisasi koloid dengan penambahan koagulan yang memiliki muatan berlawanan dengan muatan partikel-partikel koloid sehingga terjadi gaya tarik menarik yang dapat menetralkan dan menggumpalkan partikel-partikel koloid menjadi flok. Kitosan dipilih sebagai koagulan yang merupakan polisakarida terbanyak di bumi kedua setelah selulosa dan dapat ditemukan pada eksoskeleton invertebrata dan beberapa fungi pada dinding selnya. Keunggulan kitosan sebagai koagulan diantaranya adalah tidak beracun, mudah mengalami biodegradasi, bersifat polikationik, dan mudah berinteraksi dengan zat-zat organik lainnya. Kitosan memiliki gugus amino ( $\text{NH}_2$ ) yang terikat pada C-2. Pada keadaan asam, gugus amino ( $\text{NH}_2$ ) akan terprotonasi menjadi polikationik ( $\text{NH}_3^+$ ). Polikationik  $\text{NH}_3^+$  ini mampu berinteraksi dengan muatan negatif melalui pertukaran ion.

Penelitian ini mempelajari kitosan sebagai koagulan dalam berbagai variasi berat molekul yaitu kitosan berat molekul rendah (KR) (50-190 KDa), kitosan berat molekul medium (KM) (190-310 KDa), kitosan berat molekul tinggi (KT) (310-375 KDa). Kitosan dikarakterisasi dengan uji FTIR gugus fungsi kitosan dan uji muatan  $\text{NH}_2$ . Uji FTIR itu dilakukan dalam rentang 500 – 4500  $\text{cm}^{-1}$ . Hasil yang diperoleh dari uji FTIR menunjukkan bahwa spektra IR yang dihasilkan oleh kitosan berat molekul rendah, kitosan berat molekul medium, dan kitosan berat molekul tinggi secara keseluruhan memiliki puncak-puncak khas yang sama. Karakterisasi kitosan juga dilakukan dengan uji muatan  $\text{NH}_2$  untuk kitosan berat molekul rendah, kitosan berat molekul medium, dan kitosan berat molekul tinggi. Hasil yang didapatkan dari uji muatan  $\text{NH}_2$  kitosan adalah 8,64 % untuk kitosan berat molekul rendah, uji muatan  $\text{NH}_2$  kitosan adalah 9,28 % untuk kitosan berat molekul medium, uji muatan  $\text{NH}_2$  kitosan adalah 9,92% untuk



kitosan berat molekul tinggi. Hasil uji muatan  $\text{NH}_2$  kitosan terjadi peningkatan presentase muatan  $\text{NH}_2$  dengan naiknya berat molekul kitosan.

Koagulasi limbah cair buatan dengan koagulan kitosan dilakukan untuk mengetahui kualitas kitosan sebagai koagulan dalam berbagai variasi berat molekul. Koagulasi limbah cair buatan dilakukan dengan menguji turbiditas awal limbah cair buatan dan turbiditas akhir limbah cair buatan setelah dikoagulasi. Hasil uji turbiditas koagulasi limbah cair buatan menggunakan koagulan kitosan menunjukkan penurunan turbiditas limbah cair buatan terbesar terjadi pada kitosan berat molekul tinggi (KT) yaitu sebesar 86,45%. Kitosan berat molekul medium (KM) dapat menurunkan turbiditas sebesar 83,36%, sedangkan pada kitosan berat molekul rendah (KR) penurunan terjadi sebanyak 76,26%. Uji turbiditas koagulasi limbah cair buatan menggunakan koagulan kombinasi kitosan dan tawas menunjukkan penurunan turbiditas terbesar terjadi pada koagulan kitosan berat molekul tinggi (KT) sebesar 94,91%. Koagulasi limbah cair buatan dengan koagulan kombinasi untuk kitosan berat molekul medium (KM) dan kitosan berat molekul rendah (KR) masing-masing mengalami penurunan turbiditas sebesar 93,68% dan 90,25%. Penurunan turbiditas pada koagulasi limbah cair buatan dengan koagulan T sebagai pembanding hanya mampu mengalami penurunan sebesar 65,44%.

Berdasarkan penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa kemampuan koagulan kitosan dalam koagulasi limbah cair buatan dalam penurunan turbiditas meningkat dengan naiknya berat molekul kitosan. Kitosan sebagai koagulan kombinasi mengalami penurunan turbiditas lebih besar dibandingkan koagulasi limbah cair buatan menggunakan kitosan tunggal dalam berbagai variasi berat molekul.

## PRAKATA

Puji syukur atas segala rahmat dan karunia yang dilimpahkan Allah SWT, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Koagulasi Limbah Cair Buatan Menggunakan Kitosan Dengan Variasi Berat Molekul”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Drs. Sujito, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si., selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Asnawati, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
4. Drs. Siswoyo, M.Sc, Ph.D., selaku Dosen Penguji I, dan Tanti Haryati, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktunya guna menguji, serta memberikan kritik dan saran pada penulisan skripsi ini;
5. Dr. A.A Istri Ratna Dewi, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik;
6. Kepala Laboratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Kimia Fisik Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember
7. Segenap dosen pengajar Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan;

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 17 Juli 2018

Penulis

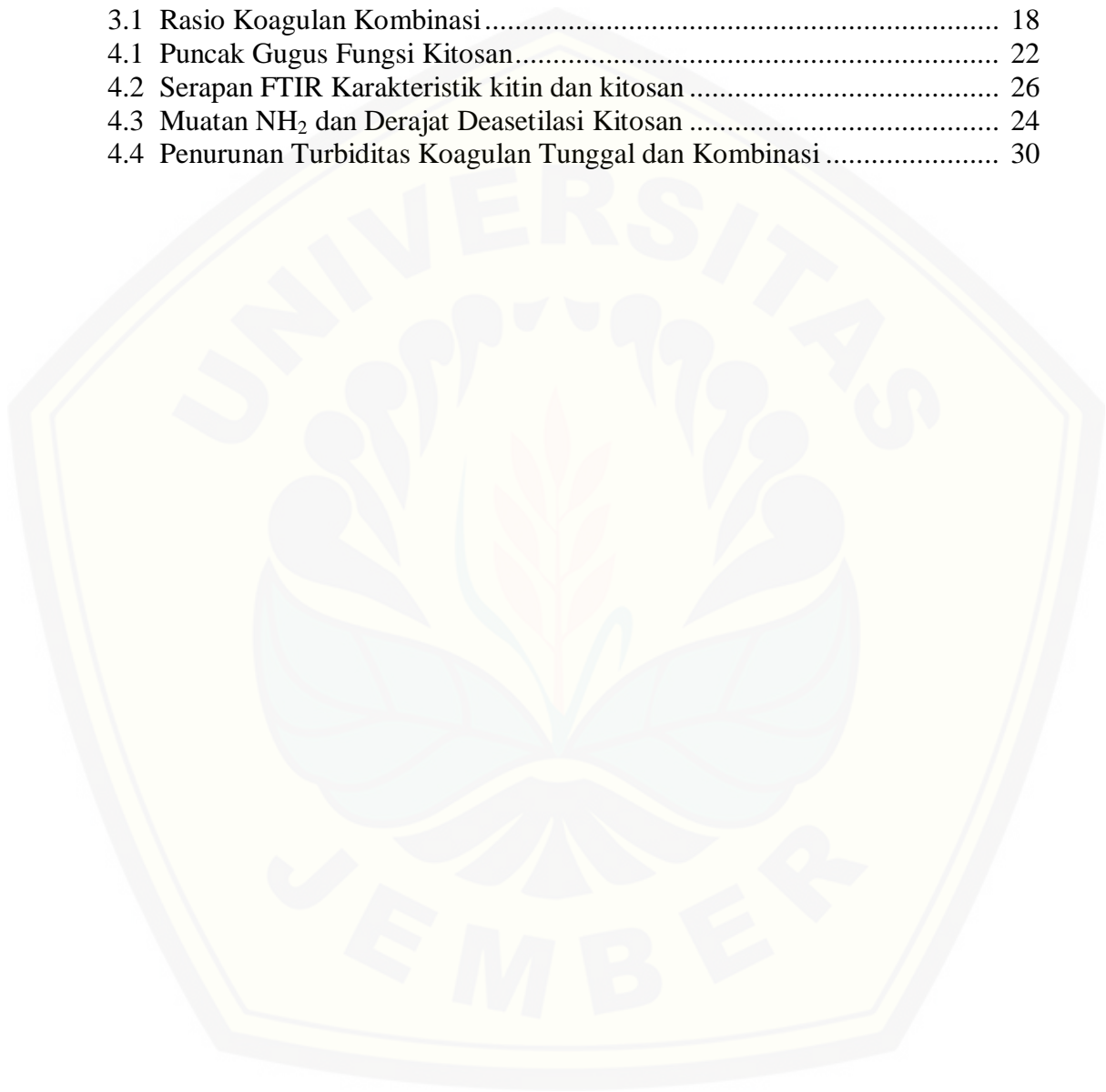
DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	3
<b>1.4 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Koagulasi</b> .....	4
<b>2.2 Jenis-jenis Koagulan</b> .....	5
2.2.1 Tawas .....	6
2.2.2 Kitosan .....	6
<b>2.3 Derajat Deasetilasi (DD) Kitosan</b> .....	8
<b>2.4 Sifat-sifat Kitosan</b> .....	8
<b>2.5 Kaolin</b> .....	9
<b>2.6 Kitosan-Kaolin</b> .....	10
<b>2.7 Titrasi Potensiometri</b> .....	11
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	13
<b>3.1 Waktu dan Tempat Penelitian</b> .....	13
<b>3.2 Alat dan Bahan</b> .....	13
3.2.1 Alat .....	13
3.2.2 Bahan .....	13
<b>3.3 Diagram Penelitian</b> .....	14
<b>3.4 Metode Penelitian</b> .....	15
3.4.1 Karakterisasi Kitosan .....	15
a. Uji Spektrofotometri FTIR Kitosan.....	15
b. Uji muatan NH <sub>2</sub> Kitosan.....	15
3.4.2 Uji Turbiditas Koagulan Kitosan.....	16

3.4.3 Preparasi Larutan .....	17
a. Pembuatan Larutan Asam Oksalat 0,2 N.....	17
b. Pembuatan Larutan HCl 0,1 N.....	17
c. Pembuatan Larutan NaOH 0,1 N .....	18
d. Standarisasi Larutan NaOH .....	18
e. Standarisasi Larutan HCl.....	19
f. Pembuatan Larutan Asam Asetat 1%.....	19
g. Pembuatan Larutan Kitosan 10 ppm .....	19
h. Pembuatan Larutan Tawan 100 ppm.....	19
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAAN .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1 Karakterisasi Kitosan .....</b>	<b>20</b>
4.1.1 Uji Spektrofotometri FTIR Kitosan .....	20
4.1.2 Uji Muatan NH <sub>2</sub> .....	22
<b>4.2 Uji Turbiditas Koagulan Kitosan .....</b>	<b>24</b>
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>29</b>
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>29</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>29</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>30</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>31</b>

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
3.1 Rasio Koagulan Kombinasi.....	18
4.1 Puncak Gugus Fungsi Kitosan.....	22
4.2 Serapan FTIR Karakteristik kitin dan kitosan .....	26
4.3 Muatan NH <sub>2</sub> dan Derajat Deasetilasi Kitosan .....	24
4.4 Penurunan Turbiditas Koagulan Tunggal dan Kombinasi .....	30



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Mekanisme pembentukan flok stabil.....	4
2.2 Interaksi antara partikel dan koagulan.....	5
2.3 Interaksi antara inti – inti endapan dan flokulan.....	5
2.4 Struktur kitin dan kitosan .....	7
2.5 Deasetilasi kitin menjadi kitosan .....	7
2.6 Struktur kaolin .....	10
2.7 Interaksi kitosan-kaolin .....	11
2.8 Rangkaian alat titrasi potensiometri.....	12
3.1 Diagram Penelitian .....	15
4.1 Spektra IR kitosan : (a) spektra IR KR, (b) spektra R KM, (c) spektra IR KT .....	21
4.2 Turunan pertama hubungan antara pH dengan volume NaOH pada kitosan : (a) KT, (b) KM, dan (c) KR .....	24
4.3 Penurunan turbiditas limbah cair buatan menggunakan koagulan kitosan dalam berbagai variasi berat molekul. (a) penurunan turbiditas KR, (b) penurunan turbiditas KM, (c) penurunan turbiditas KT .....	26
4.4 Pembentukan polikationik ( $-\text{NH}_3^+$ ).....	26
4.5 Interaksi antara polikationik ( $-\text{NH}_3^+$ ) dengan partikel limbah cair Buatan.....	27
4.6 Penurunan turbiditas limbah cair buatan menggunakan Koagulan kombinasi kitosan dalam berbagai variasi berat molekul (a) penurunan turbiditas T, (b) penurunan turbiditas T dan KR, (c) penurunan turbiditas T dan KM, (d) penurunan turbiditas T dan KT.....	28



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran A. Perhitungan Preparasi Larutan</b> .....	34
A.1 Pembuatan Larutan Asam Oksalat 0,2 N.....	34
A.2 Pembuatan Larutan HCl 0,1 N.....	34
A.3 Pembuatan Larutan NaOH 0,1 N.....	34
A.4 Standarisasi NaOH.....	34
A.5 Standarisasi HCl.....	35
<b>Lampiran B. Karakterisasi Kitosan</b> .....	34
B.1 Spektrum IR Kitosan Berat Molekul Rendah.....	34
B.2 Spektrum IR Kitosan Berat Molekul Medium.....	35
B.3 Spektrum IR Kitosan Berat Molekul Tinggi.....	35
B.4 Uji Muatan NH <sub>2</sub> Kitosan Berat Molekul Rendah.....	36
B.4.1 Data pH Kitosan Berat Molekul Rendah.....	36
B.4.2 Kurva hubungan pH dan Volume NaOH Kitosan Berat Molekul Rendah.....	36
B.4.3 Perhitungan Uji Muatan NH <sub>2</sub> Kitosan Berat Molekul NH <sub>2</sub> .....	37
B.5 Uji Muatan NH <sub>2</sub> Kitosan Berat Molekul Medium.....	37
B.5.1 Data pH Kitosan Berat Molekul Medium.....	37
B.5.2 Kurva hubungan pH dan Volume NaOH Kitosan Berat Molekul Medium.....	38
B.5.3 Perhitungan Uji Muatan NH <sub>2</sub> Kitosan Berat Molekul Medium.....	38
B.6 Uji Muatan NH <sub>2</sub> Kitosan Berat Molekul Tinggi.....	39
B.6.1 Data pH Kitosan Berat Molekul Tinggi.....	39
B.6.2 Kurva Hubungan Volume dan pH Kitosan Berat Molekul Tinggi.....	39
B.6.3 Perhitungan Uji Muatan NH <sub>2</sub> Kitosan Berat Molekul Tinggi.....	40
<b>Lampiran C. Uji Turbiditas Koagulan</b> .....	40
C.1 Uji Turbiditas Kitosan Tunggal.....	40
C.1.1 Data Turbiditas Limbah Cair Buatan.....	40
C.1.2 Perhitungan Penurunan Uji Turbiditas Koagulasi Limbah Cair Buatan.....	41
a. Kitosan Berat Molekul Rendah.....	41
b. Kitosan Berat Molekul Medium.....	41
c. Kitosan Berat Molekul Tinggi.....	41
C.2 Uji Turbiditas Tawas.....	42
C.2.1 Data Turbiditas Limbah Cair Buatan.....	42
C.2.2 Perhitungan Penurunan Uji Turbiditas Koagulasi Limbah Cair Buatan.....	42



C.3 Uji Turbiditas Koagulan Kombinasi.....	42
C.3.1 Data Turbiditas Limbah Cair Buatan .....	42
C.3.2 Perhitungan Penurunan Uji Turbiditas Koagulasi Limbah Cair Buatan .....	43
a. Kitosan Berat Molekul Rendah .....	43
b. Kitosan Berat Molekul Medium .....	43
c. Kitosan Berat molekul Tinggi .....	43



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Limbah merupakan cairan, padatan, dan gas pada suatu tempat yang mengalami penyimpangan dari keadaan normal karena adanya bahan-bahan kimia yang digunakan dalam berbagai aktivitas manusia. Keberadaan senyawa-senyawa organik dan logam berat memiliki dampak negatif karena dalam kurun waktu tertentu jumlahnya akan terakumulasi lebih banyak dan membahayakan jika tidak dilakukan proses pengolahan limbah sebelum dibuang ke lingkungan sekitarnya. Beberapa cara pengolahan limbah yaitu adsorpsi (Andika dkk, 2016), fitoremediasi (Abdulgani, 2013), biofiltrasi (Susilawati dkk, 2016), koagulasi dan flokulasi (Herawati dkk, 2017).

Proses koagulasi merupakan destabilisasi koloid dengan penambahan koagulan yang memiliki muatan berlawanan dengan muatan partikel-partikel koloid sehingga terjadi gaya tarik menarik yang dapat menetralkan dan menggumpalkan partikel-partikel koloid menjadi flok. Koagulasi bertujuan untuk menghilangkan kekeruhan dan warna (Azamia, 2012). Zat kimia yang ditambahkan saat proses koagulasi disebut koagulan. Partikel koloid akan ternetralkan oleh adanya muatan dari koagulan. Koagulan merupakan zat yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel dalam suspensi. Koagulan konvensional diantaranya seperti besi klorida ( $\text{FeCl}_3$ ), alum, dan kapur yang sering digunakan dalam proses penjernihan air. Koagulan alami diantaranya adalah kitosan, *Moringa oleifera*, biji nirmali, biji *Jatropha curcas*, dan Tannin (W.L Ang *et al*, 2016). Koagulan konvensional merupakan koagulan yang sering digunakan dalam proses penjernihan air karena selain mudah didapat, dari segi ekonomi juga cukup menguntungkan. Pemakaian koagulan konvensional secara berlebih dapat menimbulkan efek bagi lingkungan dan kesehatan karena tidak dapat terbiodegradasi (Sinardi dkk, 2013).

Kitosan merupakan polisakarida terbanyak di bumi kedua setelah selulosa dan dapat ditemukan pada eksoskeleton invertebrata dan beberapa fungi pada dinding sel nya. Keunggulan kitosan sebagai koagulan diantaranya adalah tidak

beracun, mudah mengalami biodegradasi, bersifat polikationik, dan mudah berinteraksi dengan zat – zat organik lainnya (Sinardi, 2013). Kitosan memiliki gugus amino ( $\text{NH}_2$ ) yang terikat pada C-2. Pada keadaan asam, gugus amino ( $\text{NH}_2$ ) akan terprotonasi menjadi polikationik ( $-\text{NH}_3^+$ ). Polikationik  $\text{NH}_3^+$  ini mampu berinteraksi dengan muatan negatif melalui pertukaran ion dan ikatan hidrogen (Silva *et al*, 2012).

Kitosan sebagai koagulan telah diaplikasikan oleh Zemmouri pada tahun 2013 untuk sampel air yang diambil dari *Beni Amrane Dam* dengan turbiditas sebesar 25–50 NTU. Kemampuan kitosan sebagai koagulan tunggal maupun koagulan kombinasi diuji dan menghasilkan dosis optimum kitosan sebagai koagulan tunggal sebesar 0,15 ppm dan mampu mengurangi kekeruhan sebanyak 87%. Koagulasi sampel air dari *Beni-Amrane Dam* dengan koagulan kombinasi kitosan dan tawas menghasilkan dosis optimum kitosan 0,15 ppm dan tawas 20 ppm. Koagulan kombinasi antara kitosan dan tawas mampu mengurangi kekeruhan sebesar 97%. Penelitian dengan variasi berat molekul pernah dilakukan oleh Gill pada tahun 1986 menggunakan flokulan Poly Acrylmide (PAC) untuk suspensi kaolin dalam range pH 3-10. Penelitian mengenai flokulasi suspensi kaolin dengan kationik PAC dalam berbagai variasi berat molekul menghasilkan polimer PAC dalam berat molekul rendah kurang efektif sebagai koagulan dibandingkan dengan flokulan PAC dalam berat molekul tinggi.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini akan mengkaji kitosan sebagai koagulan menggunakan metode koagulasi. Kemampuan kitosan sebagai koagulan tunggal dan koagulan tambahan dengan tawas akan diuji menggunakan sampel limbah cair buatan. Kitosan sebagai koagulan juga akan diuji dalam berbagai variasi berat molekul untuk mengkaji pengaruh berat molekul pada kitosan sebagai koagulan yang memiliki gugus amino ( $\text{NH}_2$ ) dan dalam keadaan asam akan terprotonasi menjadi polikationik ( $-\text{NH}_3^+$ ), sehingga dapat berinteraksi dengan muatan negatif pada limbah (Silva *etc*, 2012). Variasi jenis koagulan dan berat molekul digunakan sebagai variabel untuk mengkaji kitosan sebagai koagulan pada limbah cair buatan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakterisasi struktur kitosan dan muatan  $\text{NH}_2$  dalam berbagai variasi berat molekul kitosan?
2. Bagaimana kinerja kitosan sebagai koagulan tunggal maupun kombinasi dalam proses koagulasi limbah cair buatan?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini, adalah :

1. Koagulan yang digunakan adalah Kitosan Berat Molekul Rendah (50-190 kDa), Kitosan Berat Molekul Medium (190-310 kDa), Kitosan Berat Molekul Tinggi (310-375 kDa)
2. Limbah cair buatan dibuat dari suspensi kaolin 1% (b/v).

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, adalah :

1. Mengkaji karakterisasi struktur kitosan dan muatan  $\text{NH}_2$  dalam berbagai variasi berat molekul kitosan.
2. Mengkaji hasil kitosan sebagai koagulan tunggal maupun kombinasi dalam proses koagulasi limbah cair buatan

## 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat, sebagai berikut :

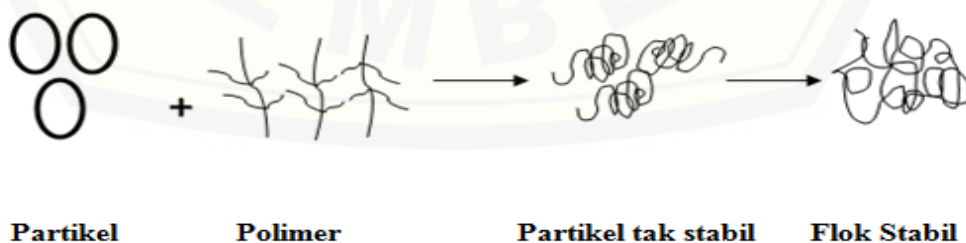
1. Mengembangkan koagulan yang dapat di biodegradasi
2. Menjadi acuan untuk pengembangan kitosan sebagai koagulan

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Koagulasi

Koagulasi adalah proses memperbesar ukuran partikel koloid dalam limbah cair dengan menetralkan muatan partikel melalui penambahan larutan kimia tertentu, partikel-partikel koloid akan membentuk suatu gumpalan (Prayudi dan Susanto, 2000). Koloid pada umumnya bermuatan negatif, sehingga tidak mungkin akan mengendap dengan sendirinya karena besarnya gaya tolak-menolak antar partikel koloid, keadaan ini disebut stabil. Koagulan dan air limbah dicampurkan dalam suatu wadah kemudian dilakukan pengadukan secara cepat. Pengadukan cepat bertujuan agar koagulan terdistribusi secara merata pada cecair koloid sehingga proses pembentukan gumpalan atau flok dapat terjadi secara merata pula (Romadhon, 2016).

Mekanisme koagulasi diawali dengan dengan molekul polimer yang mengikat partikel koloid, ekor polimer dapat mengikat partikel lain pada permukaan partikel membentuk jembatan kimia. Suatu koloid ketika diberikan bahan koagulan akan mengalami destabilisasi koloid lalu terjadi penggabungan (agregasi) partikel dan terbentuk flok. Ada dua jenis mekanisme koagulasi, yaitu *sweep coagulation* dan *adsorption coagulation*. *Sweep coagulation* ialah partikel koloid yang tidak terlarut membentuk flok-flok yang ternetralkan oleh koagulan, sedangkan *adsorption coagulation* ialah muatan listrik partikel koloid diubah oleh molekul koagulan yang menempel pada permukaan koloid. Mekanisme pembentukan flok stabil ditunjukkan dalam Gambar 2.1:



Gambar 2.1 Mekanisme Pembentukan flok stabil (Penindo dalam Azamia, 2012)



Pembentukan inti-inti endapan terjadi pada proses koagulasi. Partikel koloid yang bermuatan negatif jika ditambahkan dengan koagulan yang memiliki muatan positif akan saling berinteraksi. Gambar 2.2 menunjukkan interaksi antara partikel dan koagulan :



Gambar 2.2 Interaksi antara partikel dan koagulan (Penindo, 2011)

Proses flokulasi bertujuan untuk menggabungkan inti-inti endapan menjadi flok-flok yang besar. Inti-inti endapan yang telah terbentuk dalam proses koagulasi akan saling berinteraksi ketika ditambah flokulan. Interaksi antar inti – inti endapan dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3 :



Gambar 2.3 Interaksi antar inti-inti endapan dan flokulan (Penindo dalam Azamia, 2012)

## 2.2 Jenis - Jenis Koagulan

Koagulan merupakan zat yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif pada partikel dalam suspensi sehingga muatan partikel menjadi netral. Koagulan dapat dibagi menjadi tiga kelompok utama; jenis anorganik (konvensional), Polimer sintesis, dan koagulan alami. Koagulan konvensional seperti besi klorida ( $\text{FeCl}_3$ ) dan alum telah banyak digunakan dalam proses pengolahan air. Koagulan konvensional ini memiliki efek samping pada lingkungan dan organisme hidup yang merugikan dari sisa koagulan (W. L. ANG etc, 2016).

Koagulan dari polimer sintesis organik tidak menimbulkan kehadiran monomer sisa yang neurotoksisitas dan karsinogenik dalam proses pengolahan air. Koagulan alami memiliki sifat biodegradabilitas sehingga pengolahan sisa koagulan lebih muda. Koagulan alami seperti kitosan, Moringa oleifera, biji nirmali, biji *Jatropha curcas*, dan Tannin telah terbukti menjadi koagulan alternatif yang efektif untuk menghilangkan senyawa – senyawa organik penyebab pencemaran dan kekeruhan pada air (W. L. ANG etc, 2016). Beberapa jenis koagulan akan dijelaskan sebagai berikut :

### 2.2.1 Tawas ( Alum)

Alumunium Sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) atau sering disebut tawas merupakan salah satu koagulan konvensional yang jika ditambahkan dalam air dengan mudah akan larut dan bereaksi (Azamia, 2012). Reaksi yang terjadi jika alum dimasukkan ke dalam air, yaitu terjadi proses hidrolisis. Reaksi tersebut terjadi antara ion  $\text{Al}^{3+}$  dengan ion  $\text{OH}^-$ . Reaksi yang terjadi pada alum dan air dapat ditunjukkan pada Persamaan 2.1 sebagai berikut :

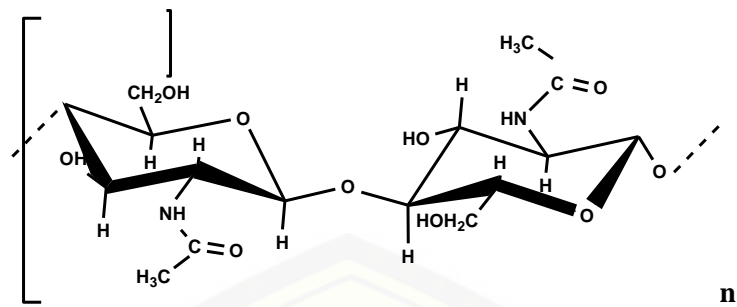


Pengikatan ion hidroksida tersebut di dalam air akan menurunkan alkalinitas air sehingga sebaiknya digunakan bahan tambahan yang dapat meningkatkan nilai alkalinitas (Budi S, 2006).

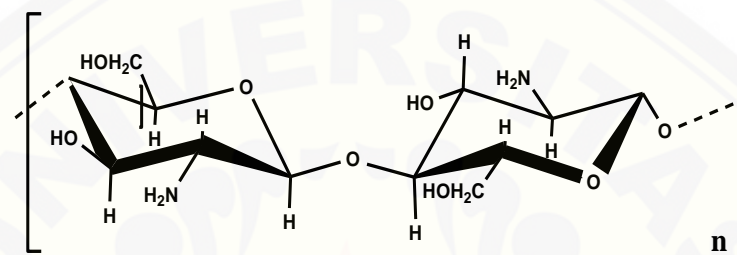
### 2.2.2 Kitosan

Kitosan merupakan koagulan alami berupa polisakarida rantai lurus yang tersusun oleh monomer glukosamin yang terhubung melalui ikatan (1-4)  $\beta$ -glikosidik. Kitosan diperoleh dari proses deasetilasi kitin. Kitin merupakan poli-N-asetil-glukosamin, sedangkan kitosan adalah kitin terdeasetilasi. Kitosan merupakan polielektrolit kationik karena mempunyai gugus fungsional yaitu gugus amino. Kitosan juga memiliki gugus hidroksil primer dan sekunder yaitu masing-masing terikat pada atom C primer dan sekunder, hal ini mengakibatkan kitosan mempunyai kereaktifitas yang tinggi. Gugus fungsi amina bebas yang bersifat nukleofilik kuat menyebabkan kitosan lebih reaktif dari senyawa kitin. (Yunarsih, 2013). Gambar 2.4 berikut merupakan struktur kitin dan kitosan :





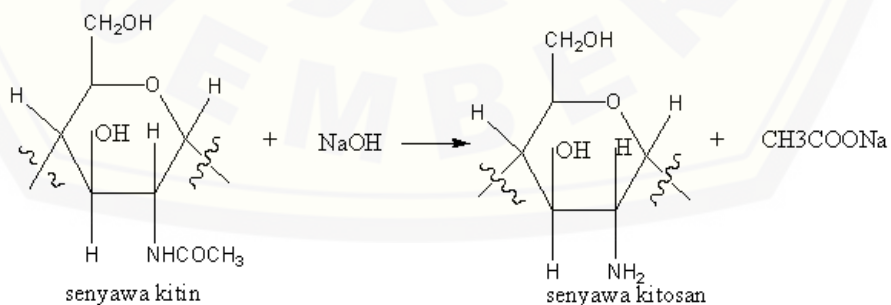
(a)



(b)

Gambar 2.4 Struktur Kitin (a) dan Kitosan (b) (Kristbergsson *et al.*, 2002)

Proses transformasi kitin menjadi kitosan adalah reaksi hidrolisis amida yang disertai dengan penambahan gugus hidroksil pada atom C dari gugus amida (adisi nukleofilik). Proses deasetilasi kitin menggunakan larutan NaOH pekat bertujuan untuk mengubah gugus asetil dari kitin menjadi gugus amina pada kitosan. Gambar 2.5 merupakan proses hilangnya gugus asetil pada kitin menjadi gugus amina pada kitosan.



Gambar 2.5 Deasetilasi kitin menjadi kitosan

Kitosan merupakan senyawa kimia yang berasal dari bahan alami kitin, kitosan merupakan suatu senyawa organik yang melimpah di alam ini setelah selulosa. Kitin ini umumnya diperoleh dari kerangka hewan invertebrata dari kelompok *Arthropoda sp*, *Molusca sp*, *Colenterata sp*, *Annelida sp*, *Nematoda sp* dan beberapa dari kelompok jamur. Selain dari kerangka hewan invertebrata juga banyak ditemukan pada bagian insang ikan, trachea, dinding usus dan pada kulit cumi-cumi. Sebagai sumber utamanya ialah cangkang *Crustaceae sp*, yaitu udang, lobster, kepiting, dan hewan yang bercangkang lainnya, terutama berasal dari hewan laut (Muzzarelli, 1985).

### 2.3 Derajat Deasetilasi (DD) Kitosan

Perbedaan di antara kitin dan kitosan terdapat dalam derajat deasetilasinya. Kitosan mempunyai derajat deasetilasi 80–90%, akan tetapi kebanyakan publikasi menggunakan istilah kitosan apabila derajat deasetilasi lebih besar 70% (Kaban, 2009) Banyaknya gugus amin ( $\text{NH}_2$ ) tergantung pada gugus asetil yang terlepas dari gugus kitosan. Banyaknya gugus asetil yang terlepas disebut juga derajat deasetilasi (Prasetyaningrum dkk, 2007). Metode untuk menentukan gugus asetil yang terlepas dari kitosan diantaranya adalah spektroskopi inframerah, titrasi, dan kromatografi gas.

### 2.4 Sifat-sifat Kitosan

Kitosan mudah mengalami degradasi secara biologis dan tidak beracun, kationik kuat, flokulan dan koagulan yang baik, mudah membentuk membran atau film serta membentuk gel dengan anion bervalensi ganda (Mat & Zakaria, B., 1995). Kitosan merupakan bahan yang baik untuk digunakan dalam berbagai bidang aplikasi karena memiliki sifat hidrofilik, reaktifitas kimia, kesanggupan membentuk film dan sifat mekanik yang baik (Kaban., 2009).

Kitosan merupakan padatan amorf yang berwarna putih kekuningan. Kelarutan kitosan yang paling baik ialah dalam larutan asam asetat 2%. (Sugita, P. 2009). Kitosan tidak larut dalam air tapi larut dalam pelarut asam dengan pH di bawah 6,0. Pada pH di atas 7,0 stabilitas kelarutan kitosan sangat terbatas. Pada

pH tinggi, cenderung terjadi pengendapan dan larutan kitosan membentuk kompleks polielektrolit dengan hidrokoloid anionik menghasilkan gel. Adanya gugus amino menyebabkan kitosan bersifat polielektrolit kationik (pKa 6,5).

Kitosan memiliki gugus hidroksil dan amin yang dapat memberi jembatan hidrogen secara intermolekuler atau intramolekuler, sehingga terbentuk jaringan hidrogen yang kuat dan membuat kitosan tidak larut dalam air. Gugus fungsi dari kitosan (gugus hidroksil primer pada C-6, gugus hidrosil sekunder pada C-3 dan gugus amino pada posisi C-2) membuatnya mudah dimodifikasi secara kimia. (Kaban, 2009). Gugus amina pada atom C-2 mempengaruhi tingkat kelarutan kitosan terhadap pH larutan. Gugus amina kitosan akan terprotonasi dan terbentuk muatan positif ( $-\text{NH}_3^+$ ) yang akan membentuk suatu garam amin yang larut dalam air saat dalam keadaan asam. Deprotonasi gugus amina terjadi saat pH dalam keadaan tinggi sehingga kitosan menjadi tidak larut. Kitosan memiliki nilai pH berkisaran antara 6 hingga 6,5.

Kitosan juga sedikit larut dalam HCl dan  $\text{HNO}_3$  0,5%,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Sedangkan dalam  $\text{H}_2\text{SO}_4$  tidak larut. Kitosan juga tidak larut dalam beberapa pelarut organik seperti alkohol, aseton, dimetil formida dan dimetil sulfoksida tetapi kitosan larut dengan baik dengan asam formiat berkonsentrasi (0,2-100)% dalam air (Knorr, 1987). Sifat-sifat kitosan dihubungkan dengan adanya gugus amina dan hidoksil yang terikat. Adanya reaktifitas kimia yang tinggi dan menyumbangkan sifat sifat polielektrolit kation, sehingga dapat berperan sebagai amino pengganti. Perbedaan kandungan amida adalah sebagai patokan untuk menentukan apakah polimer ini dalam bentuk kitin atau kitosan. Kitosan mengandung gugus amida lebih dari 60%, sebaliknya kandungan amida lebih kecil dari 60% adalah kitin (Harahap, 1995).

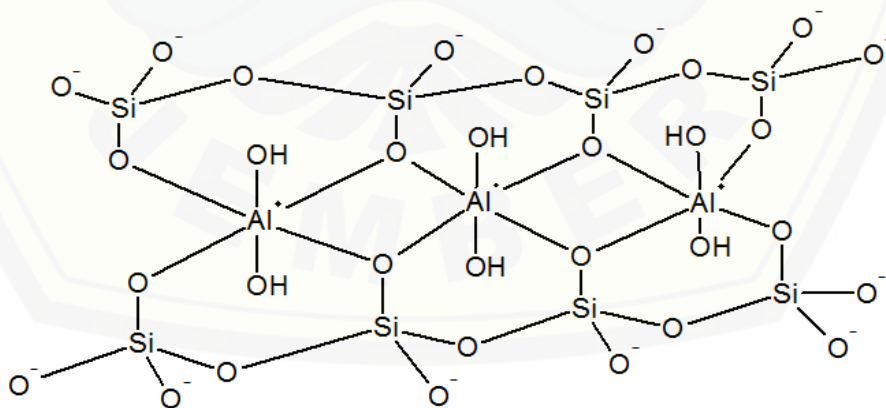
## 2.5 Kaolin

Kaolin adalah bahan tambang alam yang merupakan jenis tanah lempung (*clay*) dimana mineral penyusun utamanya adalah kaolinit. Tanah lempung jenis ini berwarna putih atau putih keabu-abuan. Kaolin digunakan sebagai bahan tambang dengan dicampur oksida-oksida lainnya seperti kalsium oksida, magnesium

oksida, kalium oksida, dan lain-lain (Ismail, dkk. 2013). Kaolin atau kaolinit termasuk jenis mineral lempung dengan rumus kimia  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dan memiliki struktur lapisan 1:1 dengan unit dasar terdiri dari lembaran tetrahedral silika dan lembaran oktahedral alumina (Murray, 2000). Hasil analisis kandungan mineral kaolin terdiri atas komponen utama silika ( $\text{SiO}_2$ ) 48,70% dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 36,73%, dan oksida-oksida logam dalam jumlah kecil. Kaolin mempunyai massa jenis 2,6 g/mL, kekerasan 2-2,5 dan titik lebur 1785 °C. Ukuran partikel kaolin umumnya mulai dari 0,1-100  $\mu\text{m}$ , tetapi produk komersil biasanya berukuran 20  $\mu\text{m}$ . Endapan kaolin terjadi dari hasil pelapukan dan dekomposisi batuan feldspatik, di mana mineral-mineral kalium alumino silikat dan feldspar diubah menjadi kaolin (Alkan *et al*, 2005).

## 2.6 Kitosan-Kaolin

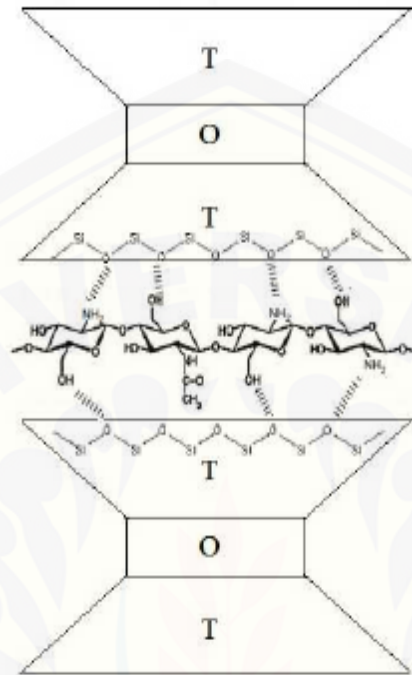
Kaolin diklasifikasikan berdasarkan struktur kristal, muatan, dan lokasi muatan elektrik. Kristal pada kolin relatif memiliki komposisi kimia yang seragam, bersifat menukar muatan kation. Kaolin mengandung aluminosilikat hidrat dengan 3 lapis struktur, dimana oktahedral alumunium hidroksi berikatan dengan 2 tetrahedral silika melalui ion oksigen. Struktur kaolin dapat dilihat pada Gambar 2.6 sebagai berikut :



Gambar 2.6 Struktur Kaolin

Kitosan memiliki gugus amino yang dapat menjadi polielektrolit kationik jika dilarutkan dalam medium asam. Kitosan yang dilarutkan dalam asam asetat akan

menghasilkan gugus ( $-\text{NH}_3^+$ ) yang dapat berinteraksi dengan permukaan kaolin yang memiliki muatan terikat negatif. Interaksi antara kitosan dan kaolin dapat dilihat pada Gambar 2.7 sebagai berikut :

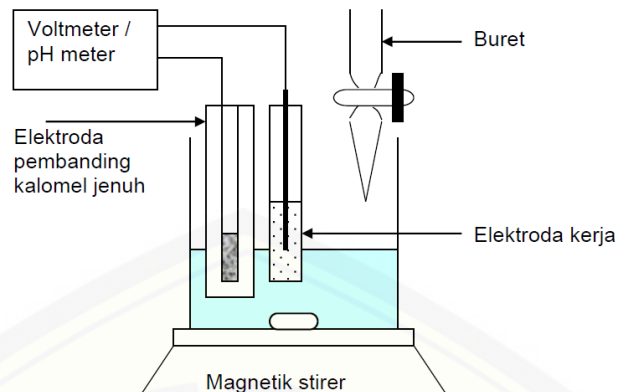


Gambar 2.7 Interaksi Kitosan – kaolin (Silva *et al*, 2012)

## 2.7 Titrasi Potensiometri

Titration potentiometry is a chemical analysis method involving the measurement of the volume of a substance. Volumetric analysis generally uses an indicator as a sign of the end of a titration. Potentiometric titration data is more reliable than ordinary titration data using chemical indicators such as color change and precipitate formation. The basic principle of this system, which will be used to perform potentiometric titration analysis, is that it does not use an indicator but replaces it with another quantity, namely chemical potential. Potentiometric titration analysis in principle combines between potential measurement and titrant volume. Potentiometric titration analysis can use manual equipment or even automatic systems. Gambar 2.8 is a manual potentiometric titration equipment diagram :





Gambar 2.8 Rangkaian Alat Titrasi Potensiometri (Suyanta, 2013)

Pengukuran potensial dilakukan setiap penambahan sejumlah volume titran. Sistem pengukuran potensial ini dapat dilakukan langsung maupun dengan sistem tidak langsung.

Metode lain dari titrasi potensiometri adalah dengan sistem pengukuran tidak langsung. Sebagai contoh adalah untuk sistem yang melibatkan ion  $H^+$  sebagaimana dari rumusan:

$$E(\text{sel}) = E^* + 0,0591 \log [H^+]$$

Jika  $-\log [H^+] = \text{pH}$ , maka:

$$E(\text{sel}) = \text{Konstan} - 0,0591 \text{ pH}$$

Nilai  $E$  (potensial) akan sebanding dengan  $\text{pH}$  larutan. Pengukuran emf dilakukan dengan pengukuran  $\text{pH}$  larutan pada sistem potensiometri tersebut. Titrasi potensiometri netralisasi terjadi pada titrasi asam asetat dengan larutan standar  $\text{NaOH}$ . Setiap penambahan larutan  $\text{NaOH}$   $\text{pH}$ , larutan diukur dengan  $\text{pH}$  meter kemudian ditentukan saat titik ekuivalen untuk mengetahui jumlah ion  $H^+$  (asam) dalam larutan. Beberapa jenis – jenis titrasi potensiometri adalah titrasi potensiometri pengendapan, titrasi potensiometri kompleksasi, titrasi potensiometri netralisasi dan titrasi potensiometri reaksi redoks (Suyanta, 2013).

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Juli 2017–Mei 2018. Penelitian dilakukan dengan Uji karakterisasi kitosan dengan Fourier Transform Infra Red (FTIR), Uji Muatan  $\text{NH}_2$  Kitosan, Uji turbiditas kitosan untuk mengetahui kinerja kitosan sebagai koagulan limbah cair buatan. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analitik dan Kimia Fisik FMIPA Universitas Jember.

### 3.2 Alat dan Bahan

#### 3.2.1 Alat

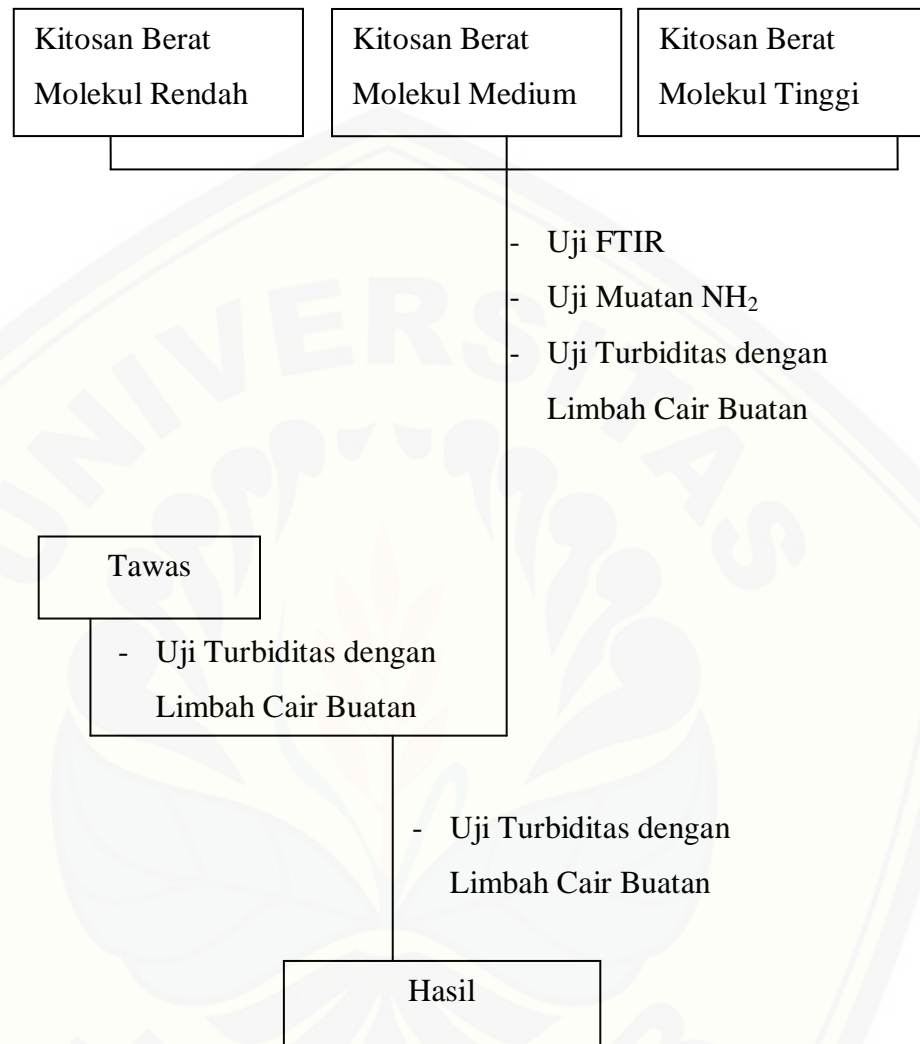
gelas beker; pengaduk; labu ukur 100 mL; botol kaca; kertas label; stopwatch; neraca analitik; pipet volume 10 ml; erlenmeyer; corong; pipet; buret; gelas arloji; tangki plastik; turbidimeter; pH meter; desikator; labu erlenmeyer 50 mL; gelas beker 100 mL; gelas beker 250 mL; pengaduk; *hot plate stirer*; kertas timbang; *magnetic stirer*; oven; pipet volumetrik 10 mL; seperangkat alat spektrofotometri FTIR (Alpha II *spectrophotometry*).

#### 3.2.2 Bahan

kitosan berat molekul rendah (KR) (50-190 KDa), kitosan berat molekul medium (KM) (190-310 KDa), kitosan berat molekul tinggi (KT) (310-375 KDa) (sigma aldrich), kristal NaOH (merck), HCl 37 % (merck), kristal asam oksalat (merck), kristal phenolptalein (merck), tawas, kaolin, dan aquades.



### 3.3 Diagram Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Penelitian

### 3.4 Metode Penelitian

#### 3.4.1 Karakterisasi Kitosan

Karakterisasi kitosan dilakukan dengan uji struktur kitosan menggunakan FTIR dan uji muatan  $\text{NH}_2$ . Kitosan yang digunakan dalam uji karakterisasi adalah Kitosan Berat Molekul Rendah (50-190 kDa), Kitosan Berat Molekul Medium (190-310 kDa), Kitosan Berat Molekul Tinggi (310-375 kDa). Berikut merupakan metode uji karakterisasi kitosan :

##### a. Uji Spektrofotometri FTIR Kitosan

Uji FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi pada struktur Kitosan Berat Molekul Rendah (50-190 kDa), Kitosan Berat Molekul Medium (190-310 kDa), Kitosan Berat Molekul Tinggi (310-375 kDa). Penelitian uji FTIR ini dilakukan dengan menuangkan serbuk kitosan di piringan alat spektrofotometri IR, lalu di *scan* pada bilangan gelombang  $500 \text{ cm}^{-1} - 4500 \text{ cm}^{-1}$ .

##### b. Uji muatan $\text{NH}_2$

Karakterisasi kitosan dengan uji muatan  $\text{NH}_2$  dilakukan dengan metode titrasi potensiometri. Uji ini dilakukan untuk mengetahui muatan  $\text{NH}_2$  pada kitosan yang akan digunakan dalam penelitian. Berikut adalah metode untuk uji muatan  $\text{NH}_2$  Kitosan:

Uji muatan  $\text{NH}_2$  pada kitosan dilakukan dengan melarutkan 0,050 gram kitosan menggunakan larutan HCl 0,1 N yang telah distandarisasi sebanyak 25 mL, diaduk hingga larut menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Larutan NaOH yang telah distandardisasi dimasukkan ke dalam buret dan elektroda pH meter dicelupkan ke dalam larutan kitosan. Titrasi potensiometri dilakukan pada larutan kitosan menggunakan larutan NaOH yang telah distandarisasi. Titrasi awal dilakukan dengan penambahan NaOH hingga mencapai nilai pH 2, lalu dilanjutkan dengan penambahan NaOH setiap 0,2 mL. Titrasi dihentikan jika larutan mencapai nilai pH 6,5. Nilai pH dicatat pada setiap penambahan volume NaOH. Kurva titrasi dibuat dari hubungan antara pH analit dengan volume larutan NaOH, lalu dibuat kurva titrasi turunan pertamanya yaitu hubungan antara  $\text{dpH/dV}$  dengan  $\text{dV NaOH}$ . Volume NaOH yang dibutuhkan dapat ditentukan melalui titik ekuivalen dari kurva titrasi turunan pertama. Uji muatan  $\text{NH}_2$

dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan. Persentase muatan  $\text{NH}_2$  dan Derajat deasetilasi kitosan dapat ditentukan melalui persamaan sebagai berikut :

$$\text{NH}_2 (\%) = \frac{(C_1V_1 - C_2V_2) \times 0,016}{G (100\% - W)} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{DD} (\%) = \frac{\text{NH}_2(\%)}{9,94} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Dengan  $C_1$  merupakan konsentrasi HCl (N) dan  $C_2$  merupakan konsentrasi NaOH (N).  $V_1$  adalah volume larutan HCl (mL) dan  $V_2$  adalah volume NaOH (mL). Nilai 0,016 (g) pada persamaan (1) merupakan berat molekul  $\text{NH}_2$ . G (g) merupakan berat kitosan. W merupakan persentase kadar air (%). Nilai 9,94 pada persamaan (2) menunjukkan tetapan persentase  $\text{NH}_2$  (SNI- 8265, 2016).

### 3.4.2 Uji Turbiditas Koagulan Kitosan

Uji turbiditas dilakukan dengan koagulasi limbah cair buatan menggunakan kitosan variasi berat molekul. Kitosan yang digunakan dalam uji turbiditas adalah Kitosan Berat Molekul Rendah, Kitosan Berat Molekul Medium, Kitosan Berat Molekul Tinggi. Uji turbiditas juga dilakukan pada koagulan kombinasi kitosan dan tawas untuk mengetahui hasil koagulasi limbah cair buatan dengan kitosan sebagai koagulan tunggal maupun kitosan sebagai koagulan kombinasi dalam variasi berat molekul. Uji turbiditas kitosan juga membutuhkan preparasi larutan limbah cair buatan yaitu larutan kaolin 1% (Sulaymon H. Abbas *et al*, 2013), Berikut adalah metode uji turbiditas pada kitosan :

Limbah cair buatan pada penelitian ini menggunakan suspensi kaolin 1%. Kaolin sebanyak 1 gram dilarutkan dalam gelas beker 100 mL menggunakan aquades. Dihitung turbiditas awal dari limbah cair buatan. Uji turbiditas dilakukan pada kitosan dengan konsentrasi 0,15 ppm (Zemmouri, 2013). Koagulasi dilakukan dengan menambahkan koagulan larutan kitosan sebanyak 2 mL dalam larutan kaolin 1% dan di aduk dengan kecepatan 250 rpm selama 3 menit agar larutan homogen. Pengadukan selanjutnya dalam kecepatan 100 rpm selama 20 menit. Larutan diendapkan selama 30 menit, lalu dilakukan filtrasi agar pemisahan lebih baik. Diuji turbiditas akhir dari analisis air limbah

buatan dan pengujian dilakukan pengulangan sebanyak tiga. Prosedur yang sama dilakukan untuk uji turbiditas pada koagulan kombinasi kitosan dan tawas dalam berbagai variasi berat molekul. Kombinasi koagulan dapat dilihat melalui Tabel 3.1 :

Tabel 3.1 Rasio Koagulan Kombinasi

Koagulan	Dosis Koagulan (ppm)
T : KR	20 : 0,15
T : KM	20 : 0,15
T : KT	20 : 0,15
T	20

#### 3.4.3 Preparasi Larutan

Uji Karakterisasi dan uji turbiditas pada kitosan membutuhkan beberapa larutan yang harus dipersiapkan. Larutan yang harus disiapkan diantaranya adalah larutan asam oksalat 0,2 N, larutan HCl 0,1 N, larutan NaOH 0,1 N, Standarisasi Larutan NaOH, Standarisasi Larutan HCl, asam asetat 1% (v/v), larutan kitosan 10 ppm (w/v), larutan tawas 100 ppm (w/v). Berikut adalah metode pembuatan larutan :

##### a. Pembuatan larutan asam oksalat 0,2 N

Pembuatan larutan oksalat ( $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$ ) 0,2 N dilakukan dengan memasukkan oksalat sebesar 12,6 gram ke dalam labu ukur 1000 mL lalu diencerkan menggunakan air deionisasi hingga mencapai tanda batas.

##### b. Pembuatan larutan HCl 0,1 N

Larutan HCl 0,1 N dapat dibuat dengan mengencerkan larutan HCl 37% menggunakan air deionisasi. Larutan HCl 37 % diambil sebanyak 8,3 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL lalu diencerkan menggunakan air deionisasi hingga mencapai tanda batas.

c. Pembuatan larutan NaOH 0,1 N

Larutan NaOH 0,1 N dapat dibuat dengan memasukkan NaOH sebanyak 4 gram ke dalam labu ukur 1000 mL lalu diencerkan menggunakan air deionisasi hingga mencapai tanda batas.

d. Standarisasi Larutan NaOH

Standarisasi larutan NaOH dapat dilakukan dengan mengambil larutan NaOH 0,1 N sebanyak 10 mL dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 50 mL, ditambahkan 1-2 tetes indikator phenolptalein. Titrasi potensiometri dilakukan pada larutan NaOH 0,1 N menggunakan larutan asam oksalat 0,2 N hingga terjadi perubahan warna dari merah jingga menjadi tidak berwarna. Volume larutan asam oksalat yang digunakan untuk standarisasi larutan NaOH dicatat dan titrasi dilakukan sebanyak tiga kali. Normalitas larutan NaOH setelah distandarisasi dengan asam oksalat ditentukan melalui persamaan sebagai berikut.

$$\text{Normalitas NaOH (N}_2\text{)} = \frac{N_1 \times V_1}{V_2} \dots\dots(3)$$

Dimana  $N_1$  merupakan nilai normalitas asam oksalat.  $V_1$  adalah volume oksalat yang digunakan pada saat standarisasi NaOH.  $V_2$  merupakan volume NaOH pada standarisasi NaOH.

e. Standarisasi Larutan HCl

Standarisasi larutan HCl dapat dilakukan menggunakan larutan HCl 0,1 N yang dititrasi menggunakan larutan NaOH yang telah distandarisasi. Titrasi dilakukan minimal sebanyak tiga kali. Hitung normalitas larutan HCl yang telah distandarisasi

$$\text{Normalitas HCl (N)} = \frac{N_1 \times V_1}{V_2}$$

Dimana  $N_1$  merupakan nilai normalitas NaOH.  $V_1$  adalah volume NaOH yang digunakan pada saat standarisasi HCl.  $V_2$  merupakan volume HCl pada standarisasi HCl.

f. Pembuatan larutan asam asetat 1% (v/v)

Larutan asam asetat dibuat dengan memasukkan 1 mL asam asetat dalam labu ukur 100 mL lalu diencerkan dengan aquades hingga tanda batas.

g. Pembuatan larutan kitosan 10 ppm (w/v)

Pembuatan larutan kitosan 10 ppm dilakukan dengan melarutkan kitosan sebanyak 0,001 gram dalam 100 mL larutan asam asetat 1%. Larutan dihomogenkan dengan cara diaduk menggunakan pengaduk magnetik stirer.

h. Pembuatan larutan tawas 100 ppm (w/v)

Pembuatan larutan tawas 100 dilakukan dengan melarutkan tawas sebanyak 0,01 gram dalam 100 mL aquades. Larutan dihomogenkan dengan cara diaduk menggunakan pengaduk magnetik stirer.





## BAB 5. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis struktur melalui spektra FTIR menunjukkan bahwa semua kitosan dengan berbagai variasi berat molekul memiliki puncak spektra khas yang sama.
2. Kitosan dalam variasi berat molekul rendah (KR), berat molekul medium (KM), dan berat molekul tinggi (KT) memiliki presentase muatan  $\text{NH}_2$  yang berbeda. Presentase muatan  $\text{NH}_2$  memiliki urutan sebagai berikut  $\text{KT} > \text{KM} > \text{KR}$ .
3. Berdasarkan uji turbiditas, penurunan turbiditas limbah cair buatan dengan kitosan koagulan tunggal sesuai urutan sebagai berikut  $\text{KT} > \text{KM} > \text{KR}$ , sedangkan untuk penurunan turbiditas dengan koagulan kombinasi sesuai dengan urutan sebagai berikut yaitu  $\text{T+KT} > \text{T+KM} > \text{T+KR}$ .

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, perlu dilakukan uji sampel rill untuk mengetahui besarnya penurunan turbiditas dalam sampel menggunakan koagulan kitosan dalam berbagai variasi berat molekul.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Abdulgani H. 2013. Pengolahan Limbah Cair Industri Kerupuk dengan Sistem Subsurface Flow Constructed Wetland menggunakan Tanaman Typha Angustifolia. *Tesis*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Andika, I.M.P., Simpen I.N., Putra K.G.D. 2016. Adsorpsi dan Desorpsi Cr(IV) pada Adsorben Batu Cadas Karang Asem Hasil Limbah Kerajinan Candi Bali Teraktivasi NaOH dan Tersalut Fe(OH)<sub>3</sub>. *Jurnal Kimia FMIPA Universitas Udayana* . Vol 10 (1) : 125 – 132.
- Azamia Mia. 2012. Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimia Dalam Penurunan Kadar Organik Serta Logam Berat Fe, Mn, Cr Dengan Metode Koagulasi Dan Adsorpsi. *Skripsi*. Depok : Program Studi Kimia Universitas Indonesia.
- Budi S S. 2006. Penurunan Fosfat Dengan Penambahan Kapur (Lime),Tawas, Dan Filtrasi Zeolit Pada Limbah Cair (Studi Kasus Rs.Bethesda Yogyakarta). *Tesis*. Semarang : Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro.
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta : Penerbit Kanisius.
- Fuadi A, Munawar, Mulyani. 2013. Penentuan Karakteristik Air Waduk Dengan Metode Koagulasi. *Journal of science and Technology*. Vol 11 (1) : 7 - 14
- Herawati, A., Asti, R., Ismuyanto, B., Juliananda, Hidayati, ASDN. 2017. Pengaruh Ph Dan Dosis Koagulan Ekstrak Biji Kelor Dalam Koagulasi Terhadap Pengurangan Kekeruhan Limbah Cair. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*. Vol 1(1) : 25 -28.
- Mu'minah. 2008. Aplikasi Kitosan Sebagai Koagulan Untuk Penjernihan Air Keruh. *Tesis*. Bandung : Program Studi Kimia Institut Teknologi Bandung.
- Noviani H. 2012. Analisis Penggunaan Koagulan Poly Aluminium Chloride (Pac) Dan Kitosan Pada Proses Penjernihan Air Di PDAM Tirta Pakuan Bogor. *Skripsi*. Bogor : Program Studi Kimia Universitas Pakuan Bogor.
- Prayudi Teguh, Susanto Prayitno J. 2000. Chitosan Sebagai Bahan Koagulan Limbah Cair Industri Tekstil. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. Vol 1 (2) : 121 - 125 .
- Romadhon Rizki M. 2016. Efektivitas Jenis Koagulan Dan Dosis Koagulan Terhadap Penurunan Kadar Kromium Limbah Peyamakan Kulit. *Jurnal Pendidikan Kimia FMIPA Univesitas Negeri Yogyakarta*. Vol 6 (1) : 35 – 41.

- Silva, L.M.S., Braga C.R.C., Marcus V.L., Fook, Claudia M.O., Laura H.C., Eduardo L.C. 2012. *Application of Infrared Spectroscopy to analysis of chitosan/ clay Nanocomposites*. Brazil : InTech.
- Sinardi, Soewondo P, Notodarmojo S. 2013. *Pembuatan, Karakterisasi Dan Aplikasi Kitosan Dari Cangkang Kerang Hijau (Mytilus Viridis Linneaus) Sebagai Koagulan Penjernih Air (121L)*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- SNI 8265. 2016 . *Penentuan derajat deasetilasi pada kitosan dengan metode titrasipotensiometri*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Sulaymon H.Abbas., Abdul-ahad Y.Muna., Mahmood A.Rooa. 2013. Removal of Water Turbidity by Different Coagulants. *Journal of Engineering*. Vol 19 (12) : 1566 – 1576
- Sumringat. 2000. Efisiensi dan Stabilitas Pengolahan Limbah Lumpur Industri Tekstil. *Jurnal Kimia Lingkungan*. Vol 2 (1) : 15 – 20.
- Susilawati, Asmadi, Nasip, M. 2016. Pemanfaatan Sput Bekas Sebagai Media Biofiltrasi Dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Air Limbah Laundry. *Jurnal Vokasi Kesehatan*. Vol 2 : 323 – 329.
- Suyanta. 2013. *Potensiometri*. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta Press.
- Wati Rosnida R. 2008. Penentuan Kadar Fosfat Dan Cod Pada Pengolahan Air Limbah Pt. Sinar Oleochemical International. *Karya Ilmiah*. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- W.L. Ang, A.W Mohammad, A. Benamor, N. Hilal. 2016. Chitosan As Natural Coagulant In Hybrid Coagulation-Nanofiltration Membrane Process For Water Treatment. *Journal Of Environmental Chemical Engineering*. Vol 4 (4) : 4857 – 4862.
- Yunarsih Ni Made. 2013. Efektifitas Membran Khitosan Dari Kulit Udang Galah (Macrobrachium Rosenbergii) Untuk Menurunkan Fosfat Dalam Air Limbah Laundry. *Tesis*. Bali : Universitas Udayana.
- Zeng Defang, Wu Juanjuan, Kennedy John F.. 2007. Application of a chitosan flocculant to water treatment. *Journal of Carbohydrate Polymers*. Vol 71 (1) : 135 – 139.
- Zemmouri H, Drouiche M, Sayeh A, Lounici H, Mameri N. 2013. Chitosan Application For Treatment Of Beni- Amrane's Water Dam. *Journal of Energy Procedia*. Vol 36 : 558 – 564.

**LAMPIRAN DATA**

**Lampiran A. Perhitungan Preparasi Larutan**

**A.1 Pembuatan Larutan Asam Oksalat 0,2 N**

$$N = \frac{\text{Massa}}{V \times Mr}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Oksalat} &= N \times V \times Mr \text{ Oksalat} \\ &= 0,2 \text{ N} \times 1000 \text{ mL} \times 63 \\ &= 12600 \text{ mg} \\ &= 1,26 \text{ gram} \end{aligned}$$

**A.2 Pembuatan Larutan HCl 0,1 N**

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

$$N_1 = 10 \times 37\% \times \frac{\rho}{Mr \text{ HCl}}$$

$$= 10 \times 37\% \times \frac{1,19}{36,5}$$

$$= 12,06 \text{ N}$$

$$12,06 \times V_1 = 0,1 \times 1000$$

$$\text{Volume HCl } 37\% = \frac{0,1 \times 1000}{12,06} = 8,3 \text{ mL}$$

**A.3 Pembuatan Larutan NaOH 0,1 N**

$$N = \frac{\text{Massa}}{V \times Mr}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa NaOH} &= N \times V \times Mr \text{ NaOH} \\ &= 0,1 \text{ N} \times 1000 \text{ mL} \times 40 \\ &= 4000 \text{ mg} \\ &= 4 \text{ gram} \end{aligned}$$

## A.4 Standarisasi NaOH

Pengulangan	V NaOH (mL)	V Asam Oksalat (mL)	M NaOH
1	10	5,75	0,115
2	10	5,6	0,112
3	10	5,35	0,107

$$M \text{ NaOH} = \frac{0,115+0,112+0,107}{3} = 0,111 \text{ M}$$

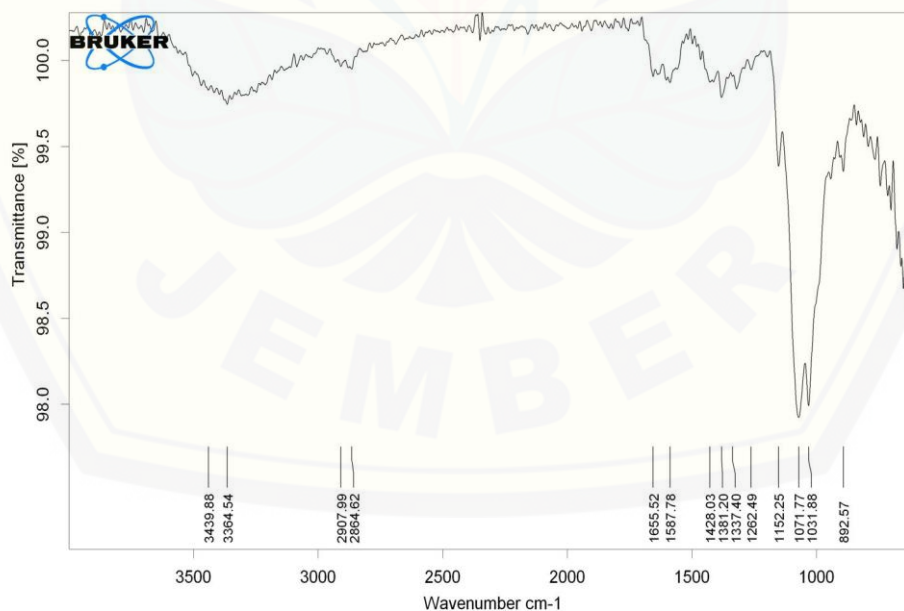
## A.5 Standarisasi HCl

Pengulangan	V HCl (mL)	V NaOH (mL)	M HCl
1	10	9,15	0,101
2	10	9,35	0,103
3	10	9,30	0,103

$$M \text{ HCl} = \frac{0,101+0,103+0,103}{3} = 0,102 \text{ M}$$

## Lampiran B. Karakterisasi Kitosan

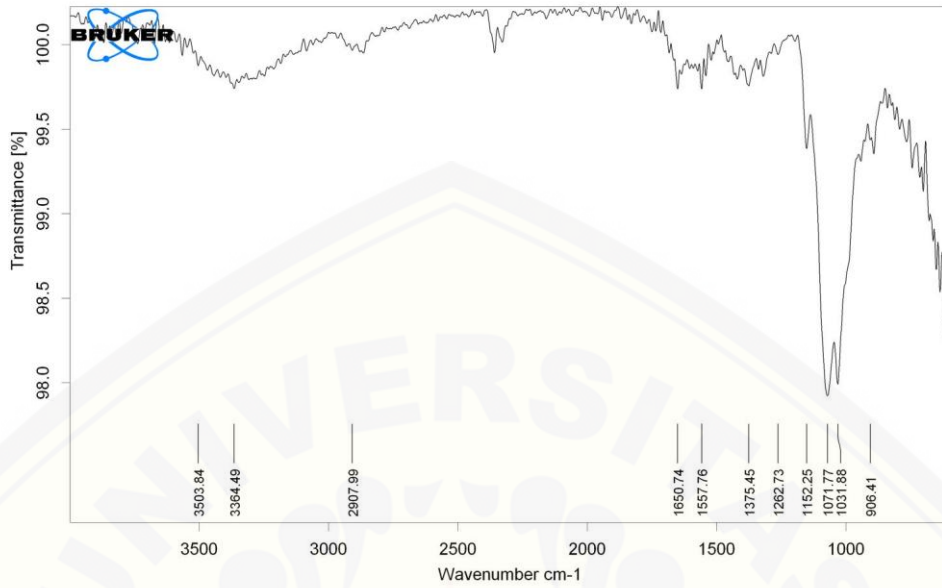
## B.1 Spektrum IR Kitosan Berat Molekul Rendah



D:\Layanan Analisis\2018\Chitosan Low molecular weight.0 Chitosan Low molecular weight Instrument type and / or accessory 5/9/2018

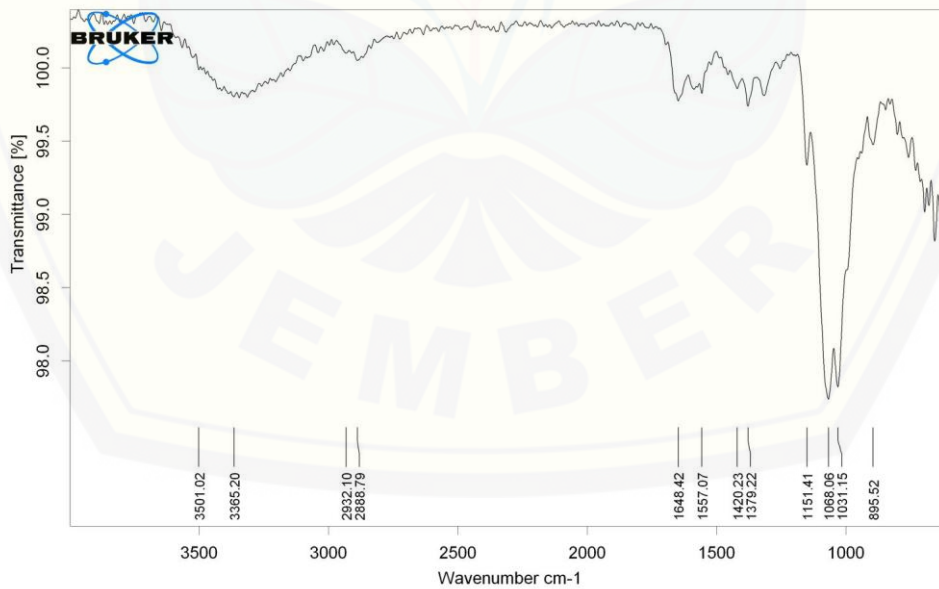


B.2 Spektrum IR Kitosan Berat Molekul Medium



D:\Layanan Analisis\2018\Chitosan Low molecular weight.0	Chitosan Low molecular weight	Instrument type and / or accessory	5/9/2018
----------------------------------------------------------	-------------------------------	------------------------------------	----------

B.3 Spektrum IR Kitosan Berat Molekul Tinggi



D:\Layanan Analisis\2018\Chitosan Medium molecular weight.0	Chitosan Medium molecular weight	Instrument type and / or accessory	5/9/2018
-------------------------------------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	----------

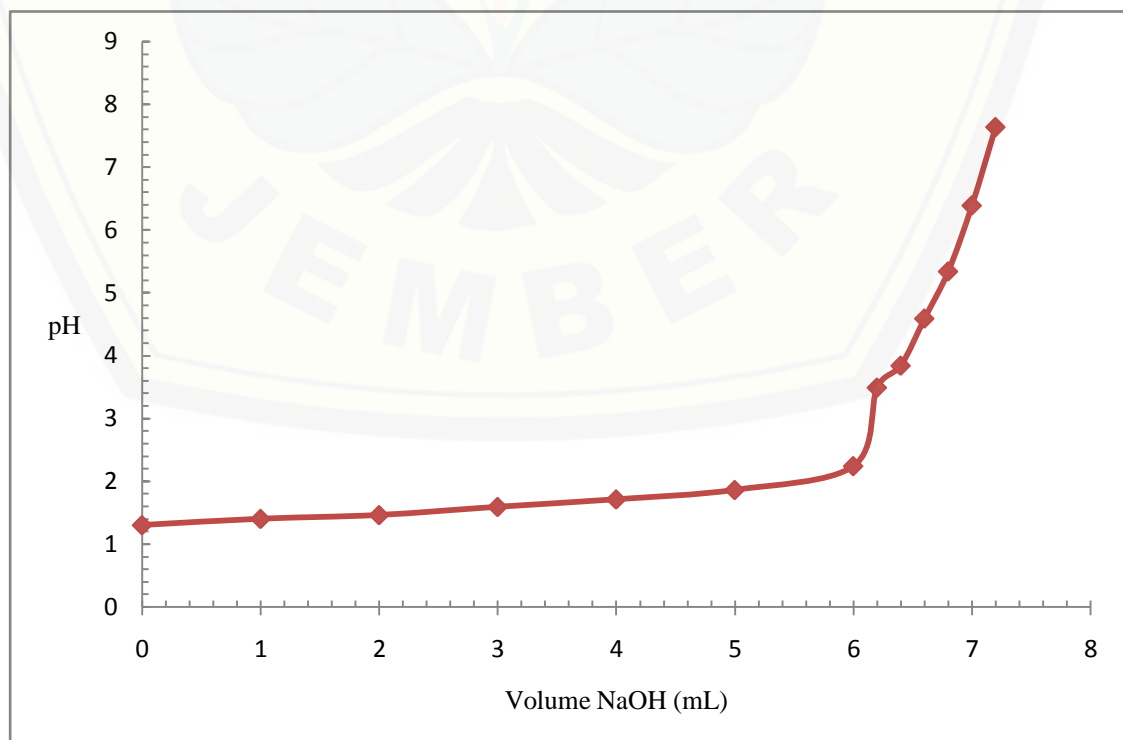


B.4 Uji Muatan  $\text{NH}_2$  Kitosan Berat Molekul Rendah

## B.4.1 Data pH Kitosan Berat Molekul Rendah

Volume NaOH (mL)	pH
0	1,26
1	1,37
2	1,42
3	1,44
4	1,55
5	1,67
6	2,12
6,2	3,77
6,4	4,07
6,6	4,48
6,8	5,03
7	5,78
7,2	6,81
7,4	8,02
7,6	8,46

## B.4.2 Kurva hubungan pH dan Volume NaOH Kitosan Berat Molekul Rendah



B.4.3 Perhitungan Uji Muatan NH<sub>2</sub> Kitosan Berat Molekul Rendah

pH	V NaOH (mL)	dpH	dV	dpH/dV	V NaOH (mL)
1,3	0	0,1	1	0,1	
1,4	1	0,06	1	0,06	
1,46	2	0,13	1	0,13	
1,59	3	0,12	1	0,12	
1,71	4	0,15	1	0,15	
1,86	5	0,38	1	0,38	7,0
2,24	6	1,25	1	1,25	
3,49	6,2	0,35	0,2	1,75	
3,84	6,4	0,5	0,2	2,5	
4,59	6,6	0,75	0,2	3,75	
5,34	6,8	1,05	0,2	5,25	
6,39	7,0	1,25	0,2	6,25	
7,64	7,2	0,7	0,2	3,5	

$$\begin{aligned} \text{a. NH}_2 (\%) &= \frac{(C_1V_1 - C_2V_2) \times 0,016}{G (100\% - W)} \times 100\% \\ &= \frac{(0,102 \times 10 - 0,111 \times 7,0) \times 0,016}{0,050 \times (100\% - 0\%)} \times 100\% = 8,00\% \end{aligned}$$

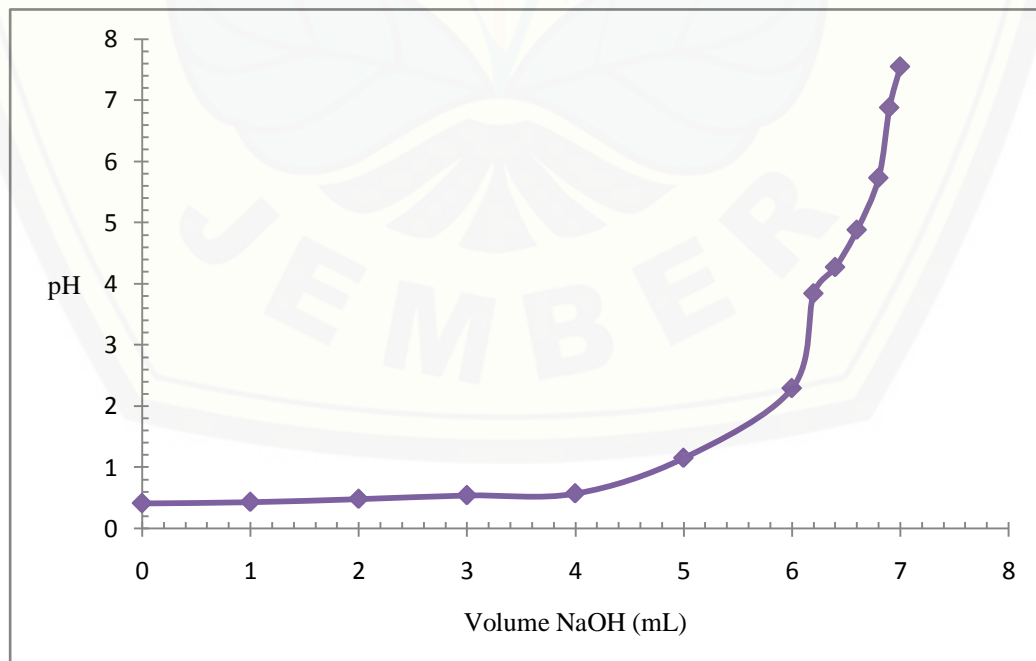
$$\begin{aligned} \text{b. DD} (\%) &= \frac{\text{NH}_2 (\%)}{9,94\%} \times 100\% \\ &= \frac{8,00\%}{9,94\%} \times 100\% = 80,48\% \end{aligned}$$

B.5 Uji Muatan  $\text{NH}_2$  Kitosan Berat Molekul Medium

## B.5.1 Data pH Kitosan Berat Molekul Medium

Volume NaOH (mL)	pH
0	0,41
1	0,43
2	0,48
3	0,54
4	0,57
5	1,15
6	2,29
6,2	3,84
6,4	4,27
6,6	4,88
6,8	5,73
6,9	6,88
7,0	7,55

## B.5.2 Kurva hubungan pH dan Volume NaOH Kitosan Berat Molekul Medium



B.5.3 Perhitungan Uji Muatan NH<sub>2</sub> Kitosan Berat Molekul Medium

pH	V NaOH	dpH	dV	dpH/dV	V NaOH (mL)
0,41	0	0,02	1	0,02	
0,43	1	0,05	1	0,05	
0,48	2	0,06	1	0,06	
0,54	3	0,03	1	0,03	
0,57	4	0,58	1	0,58	
1,15	5	1,14	1	1,14	6,9
2,29	6	1,55	1	1,55	
3,84	6,2	0,43	0,2	2,15	
4,27	6,4	0,61	0,2	3,05	
4,88	6,6	0,85	0,2	4,25	
5,70	6,8	0,57	0,1	5,7	
6,27	6,9	0,67	0,1	6,7	
6,94	7,0	0,95	0,2	4,75	

$$\begin{aligned}
 \text{a. NH}_2 (\%) &= \frac{(C_1V_1 - C_2V_2) \times 0,016}{G (100\% - W)} \times 100\% \\
 &= \frac{(0,102 \times 10 - 0,111 \times 6,9) \times 0,016}{0,050 \times (100\% - 0\%)} \times 100\% = 8,32\%
 \end{aligned}$$

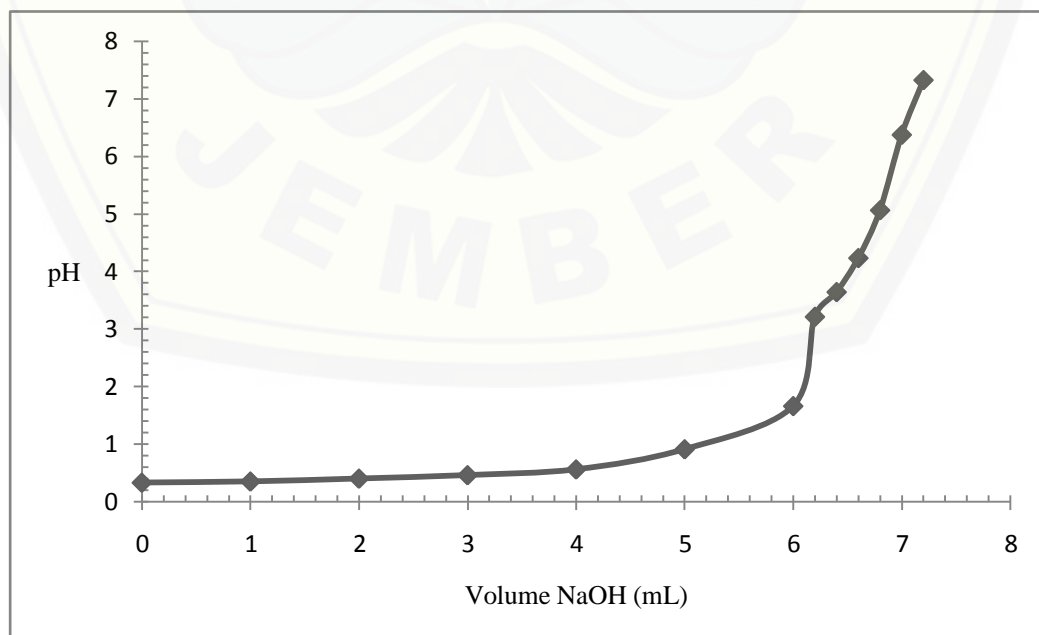
$$\begin{aligned}
 \text{b. DD} (\%) &= \frac{\text{NH}_2 (\%)}{9,94\%} \times 100\% \\
 &= \frac{8,32\%}{9,94\%} \times 100\% = 83,70\%
 \end{aligned}$$

B.6 Uji Muatan  $\text{NH}_2$  Kitosan Berat Molekul Tinggi

## B.6.1 Data pH Kitosan Berat Molekul Tinggi

Volume NaOH (mL)	pH
0	0,33
1	0,35
2	0,4
3	0,46
4	0,56
5	0,91
6	1,66
6,2	3,21
6,4	3,64
6,6	4,23
6,8	5,06
6,9	6,37
7,0	7,32
7,2	0,33

## B.6.2 Kurva Hubungan Volume dan pH Kitosan Berat Molekul Tinggi



B.6.3 Perhitungan Uji Muatan NH<sub>2</sub> Kitosan Berat Molekul Tinggi

pH	V NaOH	dpH	dV	dpH/dV	V NaOH (mL)
0,33	0	0,02	1	0,02	
0,35	1	0,05	1	0,05	
0,4	2	0,06	1	0,06	
0,46	3	0,1	1	0,1	
0,56	4	0,35	1	0,35	
0,91	5	0,75	1	0,75	6,8
1,66	6	1,55	1	1,55	
3,21	6,2	0,43	0,2	2,15	
3,64	6,4	0,59	0,2	2,95	
4,23	6,6	0,83	0,2	4,15	
5,06	6,8	1,31	0,1	6,55	
6,37	7,0	0,95	0,1	4,75	
7,32	7,2	0,61	0,2	3,05	

$$\begin{aligned}
 \text{a. NH}_2 (\%) &= \frac{(C_1V_1 - C_2V_2) \times 0,016}{G (100\% - W)} \times 100\% \\
 &= \frac{(0,102 \times 10 - 0,111 \times 6,80) \times 0,016}{0,050 \times (100\% - 0\%)} \times 100\% = 8,64\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. DD} (\%) &= \frac{\text{NH}_2 (\%)}{9,94\%} \times 100\% \\
 &= \frac{8,64\%}{9,94\%} \times 100\% = 86,92\%
 \end{aligned}$$



## Lampiran C. Uji Turbiditas Koagulan

### C.1 Uji Turbiditas Kitosan Tunggal

#### C.1.1 Data Turbiditas Limbah Cair Buatan

Kitosan	NTU Awal	NTU Akhir
Berat Molekul Rendah	27	6
	26	6
	27	7
Berat Molekul Medium	28	5
	27	4
	29	5
Berat Molekul Tinggi	26	3
	27	4
	28	4

#### C.1.2 Perhitungan Penurunan Uji Turbiditas Koagulasi Limbah Cair Buatan

Kitosan	Kekeruhan (NTU)	Penurunan Turbiditas (%)	Rata – rata Penurunan Turbiditas (%)	Standar Deviasi
Berat Molekul Rendah	21	77,78	76,26	1,94
	20	76,92		
	20	74,07		
Berat Molekul Medium	23	82,14	83,36	1,60
	23	85,18		
	24	82,76		
Berat Molekul Tinggi	23	88,46	86,45	1,76
	23	85,18		
	24	85,71		

#### a. Kitosan Berat Molekul Rendah

$$\frac{21}{27} \times 100 = 77,78\%$$

$$\frac{20}{26} \times 100 = 76,92\%$$

$$\frac{20}{27} \times 100 = 74,07\%$$

## b. Kitosan Berat Molekul Medium

$$\frac{23}{28} \times 100 = 82,14\%$$

$$\frac{23}{27} \times 100 = 85,18\%$$

$$\frac{24}{29} \times 100 = 82,76\%$$

## c. Kitosan Berat Molekul Tinggi

$$\frac{23}{26} \times 100 = 88,46\%$$

$$\frac{23}{27} \times 100 = 85,18\%$$

$$\frac{24}{28} \times 100 = 85,71\%$$

**C.2 Uji Turbiditas Tawas**

## C.2.1 Data Turbiditas Limbah Cair Buatan

Tawas	NTU Awal	NTU Akhir
Tawas 20 ppm	26	9
	27	9
	28	10

## C.2.2 Perhitungan Penurunan Uji Turbiditas Koagulasi Limbah Cair Buatan

Tawas	Kekeruhan (NTU)	Penurunan Turbiditas (%)	Rata – rata Penurunan Turbiditas (%)	Standar Deviasi
Tawas 20 ppm	17	65,38	65,44	1,19
	18	66,67		
	18	64,28		

## Tawas 20 ppm

$$\frac{17}{26} \times 100 = 65,38\%$$

$$\frac{18}{27} \times 100 = 66,67\%$$

$$\frac{18}{28} \times 100 = 64,28\%$$

### C.3 Uji Turbiditas Koagulan Kombinasi

#### C.3.1 Data Turbiditas Limbah Cair Buatan

Kitosan	NTU Awal	NTU Akhir
Berat Molekul Rendah	27	3
	27	2
	28	3
Berat Molekul Medium	26	2
	27	2
	26	1
Berat Molekul Tinggi	27	1
	26	2
	26	1

#### C.3.2 Perhitungan Penurunan Uji Turbiditas Koagulasi Limbah Cair Buatan

Kitosan	Kekeruhan (NTU)	Penurunan Turbiditas (%)	Rata – rata Penurunan Turbiditas (%)	Standar Deviasi
Berat Molekul Rendah	24	88,89	90,25	2,03
	25	92,59		
	25	89,28		
Berat Molekul Medium	24	92,30	93,68	2,14
	25	92,59		
	25	96,15		
Berat Molekul Tinggi	26	96,30	94,92	2,26
	24	92,31		
	25	96,15		

##### a. Kitosan Berat Molekul Rendah

$$\frac{21}{27} \times 100 = 77,78\%$$

$$\frac{20}{26} \times 100 = 76,92\%$$

$$\frac{20}{27} \times 100 = 74,07\%$$

## b. Kitosan Berat Molekul Medium

$$\frac{23}{28} \times 100 = 82,14\%$$

$$\frac{23}{27} \times 100 = 85,18\%$$

$$\frac{24}{29} \times 100 = 82,76\%$$

## c. Kitosan Berat Molekul Tinggi

$$\frac{23}{26} \times 100 = 88,46\%$$

$$\frac{23}{27} \times 100 = 85,18\%$$

$$\frac{24}{28} \times 100 = 85,71\%$$

