



UNIVERSITAS INDONESIA

**SINTESIS KOMPOSIT KITOSAN/POLIMETIL
METAKRILAT/MONTMORILLONITE SEBAGAI ADSORBEN
ZAT WARNA**

SKRIPSI

**ARIEF FRIANDA R
0806332811**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JULI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**SINTESIS KOMPOSIT KITOSAN/POLIMETIL
METAKRILAT/MONTMORILLONITE SEBAGAI ADSORBEN
ZAT WARNA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**ARIEF FRIANDA R
0806332811**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JULI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Arief Frianda R

NPM : 0806332811

Tanda Tangan : 

Tanggal : 27 Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Arief Frianda R
NPM : 0806332811
Program Studi : Teknik Kimia
Judul Skripsi :

Sintesis Komposit Kitosan/Polimetil Metakrilat/Montmorillonite sebagai Adsorben Zat Warna

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. Eny Kusriani, S.Si (.....)
Penguji I : Prof. Dr. Ir. M. Nasikin, M.Eng (.....)
Penguji II : Dr. Ir. Setiadi, M.Eng (.....)
Penguji III : Dr. rer. nat. Ir. Yuswam Muharam, M.T. (.....)

Ditetapkan di : Depok, Jawa Barat, Indonesia

Tanggal : 27 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan buku skripsi ini. Penulisan buku skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia 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) Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah memberikan kelancaran serta kemudahan dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Kedua orang tua khususnya mama yang telah memberikan banyak motivasi dan doa sehingga saya tetap bersemangat untuk dapat mengerjakan skripsi ini sebaik mungkin sesuai dengan kemampuan saya;
- (3) Kedua adik saya yang turut menjadi penyemangat dalam pengerjaan skripsi ini;
- (4) Dr. Eny Kusrini selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak sekali motivasi serta menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (5) Seluruh dosen Departemen Teknik Kimia UI yang telah mengajar dan memberi saya wawasan sebagai mahasiswa Teknik Kimia;
- (6) Nenek, tante Rita, tante Risa, om Sal, tante Rina, tante Rika, tante Rima, dan om Andi beserta keluarga yang turut memberikan dukungan dan doa;
- (7) Teman-teman seperrmainan, yaitu Rendi Akbar H, Rizky Dirga HP, Agastya Sesarianda, Ariyani Raidah, Elvina Fitrisia, Femmy Karima Y, serta khususnya Diana Agusta yang selalu menemani di saat suka maupun duka dan yang menjadi tempat untuk saling berbagi ;
- (8) Rekan-rekan satu bimbingan, yaitu Fika Adriani, Santoso, Yosmarina Harahap, Gefin, Jaka, dan semua sahabat di Departemen Teknik Kimia yang turut membantu dalam pengerjaan skripsi ini;

- (9) Sabrina Qisthi, Prima Adelia R, dan Teman-teman satu angkatan Departemen Teknik Kimia yang satu perjuangan;
- (10) Seluruh Laboran Departemen Teknik Kimia UI yang telah membantu dalam penelitian serta pihak lain yang turut membantu namun tidak dapat saya sebutkan satu-persatu;

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Tidak ada yang sempurna di dunia ini, mohon maaf bila terdapat ketidaksempurnaan dalam skripsi ini. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi orang lain untuk pengembangan ilmu.

Depok, 22 Juni 2012

Penulis

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

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

Nama : Arief Frianda R
NPM : 0806332811
Program Studi : Teknik Kimia
Departemen : Teknik Kimia
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 :

**Sintesis Komposit Kitosan/Polimetil Metakrilat/Montmorillonite sebagai
Adsorben Zat Warna**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, 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, Jawa Barat, Indonesia

Pada tanggal : 27 Juni 2012

Yang menyatakan



(Arief Frianda R)

ABSTRAK

Nama : Arief Frianda R
Program studi : Teknik Kimia
Judul : Sintesis Komposit Kitosan/Polimetil
Metakrilat/Montmorillonite sebagai Adsorben Zat Warna

Rhodamin-B merupakan zat warna sintetik yang berbahaya bagi tubuh manusia dan lingkungan. Keberadaan rhodamin-B di perairan tidak diinginkan karena sulit didegradasi secara alami. Teknologi adsorpsi merupakan metode paling efektif untuk menghilangkan zat warna. Kitosan dan *clay* montmorillonite merupakan adsorben alami yang banyak digunakan karena memiliki afinitas yang baik terhadap zat warna, kapasitas pertukaran ion yang tinggi, serta *biodegradable*. Pada penelitian ini, adsorben yang digunakan adalah komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite. Komposit ini mempunyai kemampuan adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan polimer kitosan, polimetil metakrilat dan *clay* montmorillonite saja. Persentase penjerapan rhodamin-B oleh komposit ini mencapai 89,2% pada waktu pengadukan optimum 40 menit.

Kata Kunci: adsorben, *clay* montmorillonite, kitosan, komposit, polimetil metakrilat, zat warna

ABSTRACT

Name : Arief Frianda
Study Program : Chemical Engineering
Title : Synthesis of composite chitosan/polymethyl methacrylate/
montmorillonite as an adsorbent of dyes

Rhodamine-B is a synthetic dye that harmful to the human body and environment. The presence of rhodamine-B in water is undesirable because it is difficult to degrade naturally. Adsorption technology is the most effective method to remove the dye. Chitosan and montmorillonite clay are a natural adsorbent that are widely used because they have a good affinity for dyes, high ion exchange capacity as well as biodegradable. In this study, the adsorbent used is chitosan/ polymethyl methacrylate/montmorillonite composite. This composite has a higher adsorption capacity than chitosan polymer, polymethyl methacrylate and montmorillonite clay only. The adsorption percentage of rhodamine-B by the composite reached 89.2% at optimum stirring time 40 min.

Keyword: *adsorbent, chitosan, composite, dye, montmorillonite clay, polymethyl methacrylate*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Kitosan	6
2.1.1. Sifat-sifat Kitosan.....	6
2.1.2. Sintesis Kitosan.....	7
2.1.3. Manfaat Kitosan	8
2.2. Polimetil Metakrilat (PMMA).....	9
2.3. Mineral <i>Clay</i> dan Montmorillonite	10
2.3.1. Mineral <i>clay</i>	10
2.3.2. Morfologi dan Struktur Montmorillonite	11
2.3.3. Karakteristik Montmorillonite	12
2.4. Komposit Polimer- <i>Clay</i>	14

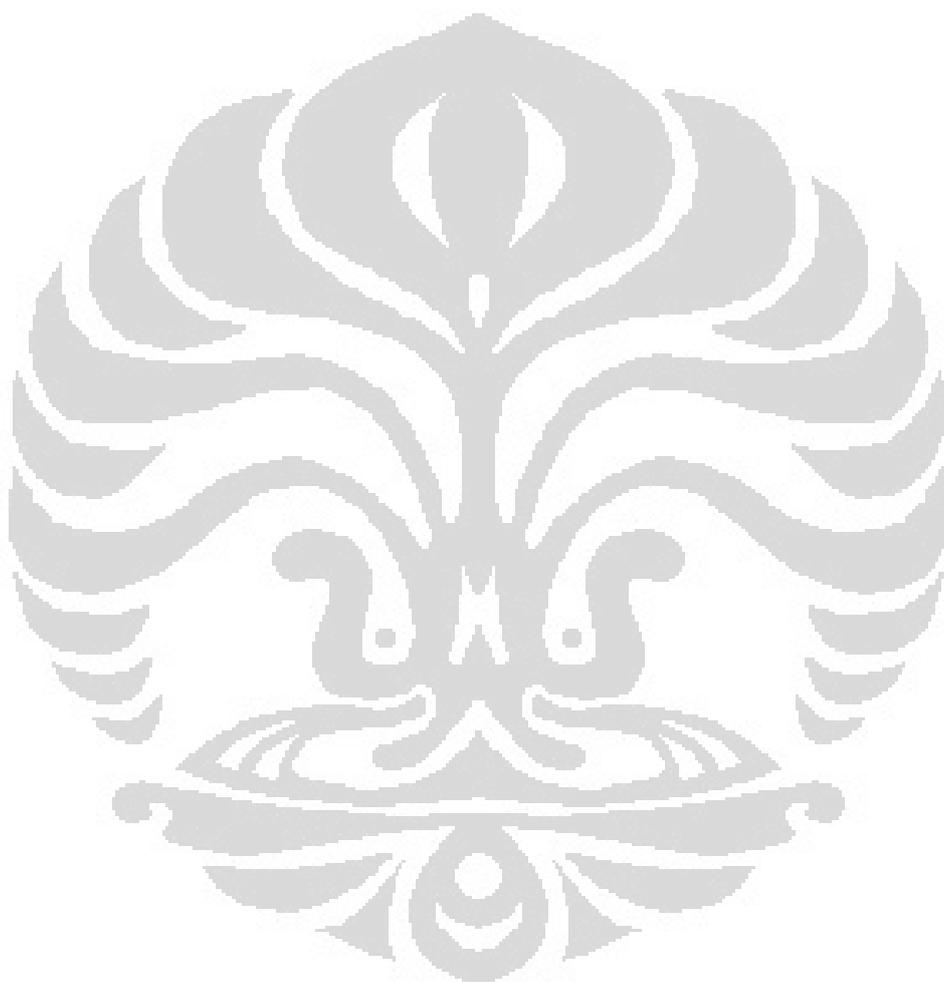
2.5. Zat Warna (<i>Dye</i>) dan Rhodamin-B	18
2.5.1. Zat Warna (<i>Dye</i>).....	18
2.5.2. Rhodamin-B	20
2.6. Adsorpsi.....	21
2.6.1. Definisi dan Sifat Adsorpsi.....	22
2.6.2. Jenis-jenis Adsorpsi.....	22
2.6.3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi	23
2.6.4. Adsorben.....	24
2.7. Spektrofotometer Sinar Tampak.....	26
2.8. <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	28
2.9. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	29
2.10. <i>State of The Art</i> Penelitian	30
BAB III.....	31
METODE PENELITIAN	31
3.1. Tahapan Penelitian.....	31
3.2. Peralatan dan Bahan.....	33
3.3. Prosedur Penelitian.....	33
3.3.1. Sintesis Komposit Kitosan/Polimetil Metakrilat/Montmorillonite	33
3.3.2. Karakterisasi Komposit Kitosan/ Polimetil Metakrilat/ Montmorillonite.....	35
3.3.3. Pembuatan Kurva Standar Larutan Rhodamin-B	36
3.3.4. Uji Adsorpsi Komposit Kitosan/ Polimetil Metakrilat/ Montmorillonite terhadap Zat Warna Rhodamin-B.	36
3.3.5. Menentukan Nilai Absorbansi dan Konsentrasi Larutan Rhodamin-B dengan Menggunakan Alat Spektrofotometer Sinar Tampak.	37
BAB IV	38
HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1. Sintesis Komposit Kitosan/Polimetil Metakrilat/Montmorillonite.	38
4.2. Karakterisasi komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite.	40

4.2.1. <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR)	40
4.2.2. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	42
4.3. Pembuatan kurva standar larutan rhodamin-B.....	42
4.4. Uji Adsorpsi Komposit Kitosan/Polimetil Metakrilat/Montmorillonite terhadap Zat Warna Rhodamin-B.....	44
4.5. Menentukan Nilai Absorbansi dan Konsentrasi Larutan Rhodamin-B dengan Menggunakan Alat Spektrofotometer Sinar Tampak.	45
4.5.1. Perbandingan Kemampuan Adsorpsi Zat Warna Rhodamin-B oleh Adsorben dengan Variasi Jenis Adsorben yang Digunakan	45
4.5.2. Perbandingan Kemampuan Adsorpsi Zat Warna Rhodamin-B oleh Komposit dengan Variasi Komposisi Komposit yang Digunakan	49
BAB V.....	53
KESIMPULAN DAN SARAN	53
5. 1. Kesimpulan.....	53
5. 2. Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Struktur Kimia Kitin dan Kitosan (Gecol et al.,2006)	6
Gambar 2. 2. Reaksi Polimerisasi Metil Metakrilat	9
Gambar 2. 3. Struktur Montmorillonite (Elemen et al., 2012).....	11
Gambar 2. 4. Ilustrasi Gambar dari Cloisite-10A (Pandey & Mishra, 2011)	13
Gambar 2. 5. Rumus Bangun Dimetil-Benzil-Lemak Terhidrogenasi- Ammonium Kuartener	13
Gambar 2. 6. Ilustrasi Pembuatan Komposit dengan Metode Interkalasi dalam Larutan.....	14
Gambar 2. 7. Ilustrasi Pembuatan Komposit dengan Metode Polimerisasi In- Situ.....	15
Gambar 2. 8. Ilustrasi Pembuatan Komposit dengan Metode Proses pada Fasa Leleh	16
Gambar 2. 9. Tipe-Tipe <i>Polymer Layered Silicate Nanocomposites</i> (PLSNs).....	17
Gambar 2. 10. Struktur Molekul Rhodamin-B (Jain et al.,2007).....	21
Gambar 2. 11. Mekanisme Alat Spektrofotometer FTIR.....	28
Gambar 3. 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	32
Gambar 3. 2. Diagram Alir Mensintesis Komposit Kitosan/Polimetil Metakrilat/Montmorillonite	35
Gambar 3. 3. Diagram Alir Menguji Adsorpsi Komposit Kitosan/Polimetil Metakrilat/Montmorillonite terhadap Zat Warna Rhodamin-B.....	37
Gambar 4. 1. Ilustrasi Pembentukan dari (a) Kitosan, (b) Polimetil Metakrilat, dan (c) Cloisite-10A Menjadi (d) Komposit Kitosan/Polimetil Metakrilat/Cloisite-10A.....	39
Gambar 4. 2. Spektrum Infra Merah dari: (a) Kitosan, (b) Polimetil Metakrilat, (c) Cloisite-10A, dan (d) Komposit Kitosan/Polimetil Metakrilat/Cloisite-10A.....	40
Gambar 4. 3. Hasil SEM Perbesaran 1500x dari: (a) Kitosan, (b) Polimetil Metakrilat, (c) Cloisite-10A, dan (d) Komposit kitosan/polimetil metakrilat/cloisite-10A	42
Gambar 4. 4. Grafik Kurva Standar Kalibrasi Larutan Rhodamin-B	43

Gambar 4. 5. Grafik Adsorpsi dari Variasi Jenis Adsorben..... 48
Gambar 4. 6. Grafik Adsorpsi dari Variasi Komposisi Komposit..... 51



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. <i>State of The Art</i> Penelitian	30
Tabel 4. 1. Data absorbansi dan konsentrasi rhodamin-B untuk kurva standar kalibrasi	43
Tabel 4. 2. Perbandingan nilai absorbansi rhodamin-B setelah diadsorpsi dengan berbagai jenis adsorben	46
Tabel 4. 3. Perbandingan nilai konsentrasi rhodamin-B setelah diadsorpsi dengan berbagai jenis adsorben	47
Tabel 4. 4. Perbandingan nilai persentase penjerapan zat warna rhodamin-B setelah diadsorpsi dengan berbagai jenis adsorben	47
Tabel 4. 5. Perbandingan nilai absorbansi rhodamin-B setelah diadsorpsi dengan berbagai komposisi komposit	50
Tabel 4. 6. Perbandingan nilai konsentrasi rhodamin-B setelah diadsorpsi dengan berbagai komposisi komposit	50
Tabel 4. 7. Perbandingan nilai persentase penjerapan zat warna rhodamin-B setelah diadsorpsi dengan berbagai komposisi komposit	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dewasa ini perkembangan ilmu pengetahuan yang meningkat pesat menyebabkan pertumbuhan jumlah industri turut meningkat, salah satunya yaitu industri tekstil. Pertambahan jumlah industri tekstil ini menjadi salah satu faktor utama dari meningkatnya beban pencemaran lingkungan. Limbah cair terutama limbah zat warna sebagai hasil samping dari aktivitas industri tekstil menimbulkan permasalahan bagi lingkungan. Hal ini dikarenakan limbah zat warna bersifat stabil dan dapat bertahan dari degradasi terhadap waktu, cahaya matahari, serta perlakuan secara biologi dan kimia (Monvisade & Siriphannon, 2008).

Rhodamin-B merupakan salah satu zat warna sintetik yang paling banyak digunakan pada industri tekstil. Penanganan limbah zat warna rhodamin-B pada industri tekstil menjadi sangat penting dilakukan karena zat warna ini sangat berbahaya bagi tubuh manusia. Efek kronis rhodamin-B dalam konsentrasi tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada hati (Widhianti, 2010). Berbagai metode telah dikembangkan untuk menghilangkan zat warna yang tercemar, baik dengan menggunakan metode fisika, kimia, kimia fisik, dan biologi (Wang & Wang, 2007). Salah satu metode yang paling efisien dan paling banyak digunakan adalah dengan menggunakan proses adsorpsi (Stephen et al., 2006).

Kitosan merupakan salah satu senyawa yang telah banyak diteliti untuk digunakan sebagai adsorben zat warna. Kitosan merupakan senyawa alami yang biodegradable, biokompatibel, bioaktif, dan tidak beracun (Crini et al., 2008). Senyawa ini diperoleh dari deasetilasi kitin dan mempunyai afinitas yang tinggi terhadap beberapa jenis zat warna, terutama zat warna anionik (Huang et al., 2011). Akan tetapi, walaupun kitosan efektif sebagai adsorben zat warna anionik, ternyata kitosan kurang baik jika digunakan untuk mengadsorpsi zat warna kationik.

Mineral *clay* merupakan senyawa yang juga dapat digunakan sebagai adsorben limbah zat warna. Mineral *clay* memiliki luas permukaan yang besar, stabilitas kimia dan mekanik yang baik, sifat struktur dan permukaan yang bervariasi, serta harga yang relatif murah (Gecol et al.,2006). Salah satu jenis mineral *clay* yang paling banyak digunakan adalah mineral montmorillonite. *Clay* montmorillonite merupakan adsorben yang baik karena memiliki kapasitas pertukaran kation yang tinggi (Kittinaovarat et al.,2010). Walaupun demikian, aplikasi clay montmorillonite sebagai adsorben zat warna juga memiliki masalah, salah satunya yaitu kesulitan dalam proses pemisahan padat-cair untuk proses *batch*.

Dari penelitian-penelitian sebelumnya, diketahui bahwa kitosan dan montmorillonite merupakan senyawa yang cukup baik untuk digunakan sebagai adsorben zat warna, walaupun keduanya masih memiliki beberapa kekurangan. Pengembangan polimer dan komposit kitosan-montmorillonite (Kittinaovarat et al.,2010; Chang & Juang, 2004; Nesic et al.,2012; Wang & Wang, 2007; Monvisade & Siriphannon, 2007), kitosan-polimetil metakrilat (Singh et al.,2009; Konaganti et al.,2010), dan polimetil metakrilat-montmorillonite (Lin et al.,2009) sebagai adsorben zat warna telah dilaporkan. Pengembangan polimer dan komposit ini dilakukan untuk mengatasi kekurangan-kekurangan yang dimiliki oleh kitosan dan montmorillonite tersebut.

Berdasarkan hal tersebut, maka pada penelitian ini akan dibuat dan dikembangkan suatu komposit yang terbentuk dari pencampuran tiga senyawa, yaitu kitosan, polimetil metakrilat, dan montmorillonite. Komposit tersebut diharapkan memenuhi kriteria sebagai adsorben zat warna yang baik dan memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik dibandingkan dengan kitosan, polimetil metakrilat, dan montmorillonite independen.

Pada penelitian ini juga akan dilakukan variasi komposisi komposit yang digunakan. Variabel yang divariasikan yaitu banyaknya jumlah polimetil metakrilat yang ditambahkan ke dalam komposit. Dari variasi ini akan diketahui pengaruh banyaknya polimetil metakrilat di dalam komposit terhadap kemampuan komposit tersebut untuk mengadsorpsi zat warna.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka rumusan masalah yang diajukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah pencampuran polimer kitosan, polimetil metakrilat, dan *clay* montmorillonite dengan metode interkalasi dalam larutan (*solution induced intercalation*) dapat menghasilkan komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite?
2. Apakah komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite yang terbentuk memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan polimer kitosan, polimetil metakrilat, dan *clay* montmorillonite independen?
3. Apakah pengaruh banyaknya jumlah polimetil metakrilat yang ditambahkan ke dalam komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite terhadap kemampuan komposit tersebut dalam mengadsorpsi zat warna?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite melalui pencampuran ketiga senyawa tersebut dengan metode interkalasi dalam larutan (*solution induced intercalation*).
2. Menghasilkan komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite yang memiliki kemampuan adsorpsi zat warna lebih baik dibandingkan dengan kitosan, polimetil metakrilat, dan montmorillonite independen.
3. Mengetahui pengaruh banyaknya jumlah polimetil metakrilat yang ditambahkan ke dalam komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite terhadap kemampuan komposit tersebut dalam mengadsorpsi zat warna.

1.4. Batasan Masalah

1. Kitosan yang digunakan pada penelitian ini adalah kitosan komersial.
2. Montmorillonite yang digunakan pada penelitian ini merupakan montmorillonite termodifikasi jenis cloisite-10A.
3. Zat warna yang digunakan sebagai adsorbat pada penelitian ini adalah zat warna rhodamin-B.
4. Karakterisasi komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite yang dihasilkan menggunakan alat Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*)
5. Nilai absorbansi dan konsentrasi larutan zat warna diukur dengan menggunakan alat Spektrofotometer sinar tampak.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam laporan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang penjelasan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

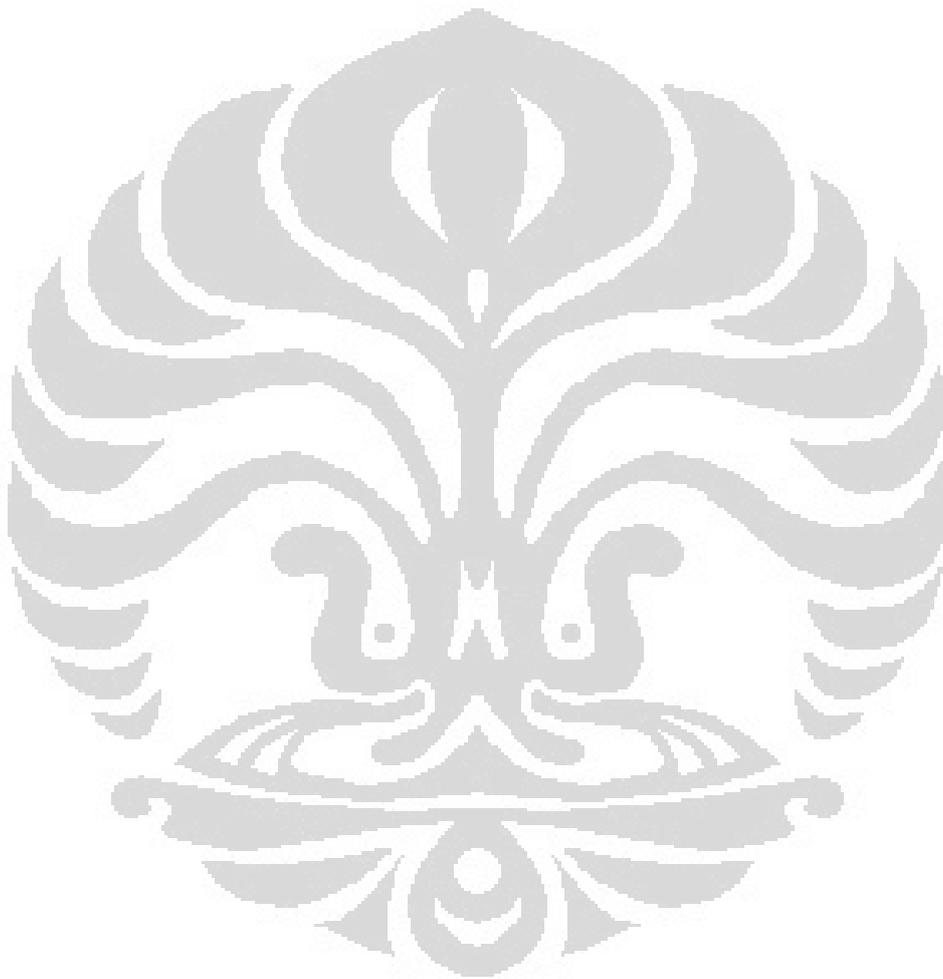
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang penjelasan mengenai kitosan, polimetil metakrilat (PMMA), mineral *clay* dan montmorillonite, komposit polimer-*clay*, zat warna (*dye*) dan rhodamin-B, adsorpsi, spektrofotometer sinar tampak, *fourier transform infra red* (FTIR), serta *scanning electron microscope* (SEM) .

BAB III METODE PENELITIAN

Berisi tentang penjelasan mengenai tahapan penelitian mulai dari sintesis komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite, karakterisasi komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite, pembuatan kurva standar larutan rhodamin-B, uji

adsorpsi komposit kitosan/polimetil metakrilat/ montmorillonite terhadap zat warna rhodamin-B, hingga menentukan nilai absorbansi dan konsentrasi larutan rhodamin-B dengan menggunakan alat spektrofotometer sinar tampak.



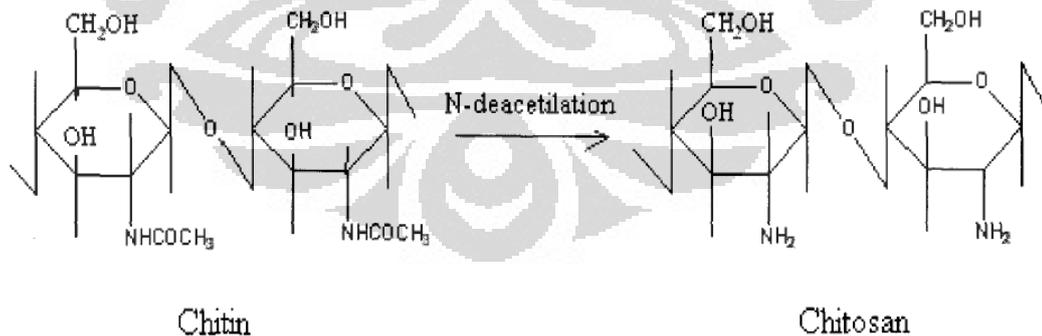
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kitosan

Kitosan atau β -(1-4)-2-amino-2-deoksi-D-glukosa merupakan senyawa turunan kitin yang diperoleh melalui proses deasetilasi. Kitin mempunyai rumus molekul $(C_8H_{13}NO_5)_n$ dan merupakan biopolimer dari unit N-asetil-D-glukosamin yang saling berikatan dengan ikatan $\beta(1\rightarrow4)$ (Crini et al.,2008). Kitin adalah biopolimer kedua yang paling sering ditemukan di alam setelah selulosa (Lee et al.,2009). Kitin berbentuk kristal amorphous berwarna putih, tidak berasa, tidak berbau, dan tidak dapat larut dalam air, pelarut organik umumnya, asam-asam anorganik dan basa encer. Kitin dapat diperoleh dari kerangka luar *crustacea* (seperti udang, kepiting, rajungan, dan lobster), serangga, dinding yeast dan jamur, serta *mollusca*.

Di alam, kitin merupakan senyawa yang tidak berdiri sendiri tetapi bergabung dengan senyawa lain. Pada *crustacea*, kitin bergabung dengan protein, garam anorganik ($CaCO_3$), dan pigmen. Secara fisik, kitosan berupa serbuk putih atau kuning dengan ukuran partikel kurang dari 30 μm , berat jenisnya 1,35 hingga 1,40 g/cm^3 . Berikut gambar struktur senyawa kitin dan kitosan.



Gambar 2. 1. Struktur Kimia Kitin dan Kitosan (Gecol et al.,2006)

2.1.1. Sifat-sifat Kitosan

Sifat kitosan pada dasarnya sangat dipengaruhi oleh kondisi operasi pada saat sintesis kitosan, yang akan mempengaruhi jumlah deasetilasi yang terjadi. Derajat deasetilasi yang terjadi pada proses sintesis kitosan akan menentukan

jumlah gugus amino bebas dalam rantai polimer kitosan. Gugus amino bebas ini menyebabkan kitosan bermuatan positif. Muatan positif yang dimiliki inilah yang menyebabkan, kitosan dapat berinteraksi dengan molekul yang bermuatan negatif (Lee et al.,2009). Gugus amino bebas ini juga yang menyebabkan kitosan dapat dimodifikasi dengan berbagai zat dalam polimer, yang bertujuan untuk meningkatkan sifat adsorben dan kapasitas adsorpsinya (Rosa et al.,2008).

Kitosan memiliki karakter non-toksik, biodegradable, biokompatibel, dan bioaktif (Crini et al.,2008). Sifat-sifat biologi kitosan, yaitu memiliki aktivitas antimikroba terhadap berbagai macam mikroorganisme, memiliki efek analgesik, terdapat aktivitas antikoagulan, dapat menghambat pertumbuhan sel tumor, dan dapat juga sebagai antioksidan (Lee et al.,2009).

Kitosan bersifat sebagai polimer kationik yang tidak larut dalam air, beberapa pelarut organik dan larutan alkali dengan pH di atas 6,5. Kitosan mudah larut dalam larutan asam seperti asam formiat, asam klorida, asam laktat, asam glutamat, asam asetat, dan asam sitrat. Garam kitosan larut dalam air dengan kelarutan yang dipengaruhi oleh derajat deasetilasi (dan nilai pKa kitosan) dan pH medium. Kitosan dengan derajat deasetilasi yang relatif rendah (40%) dapat larut pada medium dengan pH hingga 9, sedangkan kitosan dengan derajat deasetilasi sekitar 85% dapat larut pada medium dengan pH hingga 6,5.

Viskositas larutan kitosan akan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi kitosan dan penurunan suhu, serta peningkatan derajat deasetilasi. Hal ini disebabkan karena konformasi yang berbeda pada molekul kitosan dengan derajat deasetilasi yang tinggi dan yang rendah. Pada kitosan dengan derajat deasetilasi tinggi, konformasi kitosan cenderung lebih fleksibel, sedangkan pada derajat deasetilasi yang lebih rendah molekul kitosan berbentuk seperti batang atau menggulung karena kurang bermuatan.

2.1.2. Sintesis Kitosan

Karakteristik fisikokimia kitosan seperti fleksibilitas rantai dalam larutan, sifat reologi, ukuran kristal dan kristalinitas kitosan bergantung pada faktor intrinsik seperti derajat deasetilasi, distribusi grup asetil, bobot molekular, dan distribusinya. Derajat deasetilasi merupakan salah satu sifat kimia yang

penting, yang dapat mempengaruhi kegunaannya dalam berbagai aplikasi. Derajat deasetilasi menyatakan banyaknya gugus amino bebas dalam polisakarida. Kitosan merupakan kitin dengan derajat deasetilasi lebih dari 70%. Untuk mendapatkan kitosan dengan derajat deasetilasi yang tinggi, perlu dilakukan beberapa tahapan proses sintesis kitosan yang meliputi demineralisasi, deproteinasi, dekolonisasi, dan deasetilasi.

Proses pertama yaitu demineralisasi, yang bertujuan untuk mengurangi kadar mineral (CaCO_3) yang terdapat pada cangkang rajungan dengan menggunakan asam berkonsentrasi rendah untuk mendapatkan kitin. Larutan asam yang digunakan biasanya adalah larutan asam klorida ringan. Proses kedua yaitu deproteinasi, yang bertujuan mengurangi kadar protein pada kitin dengan menggunakan larutan alkali encer dan pemanasan yang cukup. Larutan alkali yang biasanya digunakan adalah larutan NaOH encer. Selanjutnya yaitu proses dekolonisasi, yaitu proses penghilangan warna yang terbentuk akibat proses demineralisasi dan deproteinasi. Penghilangan warna pada kitin dapat dilakukan dengan menambahkan larutan NaOCl sehingga kitin berubah menjadi putih (No & Meyers, 1995).

Proses terakhir yaitu proses deasetilasi, yaitu proses yang bertujuan untuk menghilangkan gugus asetil dari kitin melalui pemanasan dalam larutan alkali kuat dengan konsentrasi tinggi. Proses deasetilasi ini akan menyebabkan terlepasnya gugus asetil (CH_3CHO) dari molekul kitin. Gugus amida pada kitin akan berikatan dengan gugus hidrogen yang bermuatan positif sehingga membentuk gugus amina bebas ($-\text{NH}_2$). Keberhasilan dari deasetilasi biasanya ditentukan oleh konsentrasi alkali, suhu, kecepatan reaksi, besarnya partikel dan densitasnya. Untuk mendapatkan kitosan dengan viskositas tinggi dan derajat deasetilasi yang tinggi pada suhu rendah, proses harus dimulai dengan dekalsifikasi dan membutuhkan multi-deasetilasi.

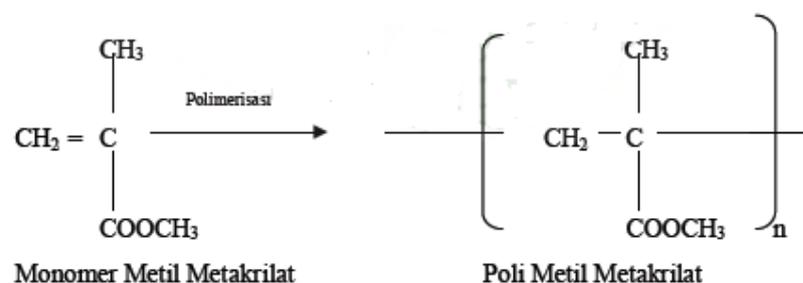
2.1.3. Manfaat Kitosan

Kitosan yang diperoleh dari kitin ini mempunyai banyak manfaat, baik di bidang industri tekstil, makanan, farmasi, biomedis, kosmetik, biteknologi, dan agrikultur. Selain itu, kitosan juga dapat digunakan untuk menangani

permasalahan limbah di perairan, seperti sebagai adsorben logam berat, dan adsorban zat warna. Hal ini dikarenakan kitosan memiliki jumlah gugus hidroksil dan amina yang banyak (Li et al.,2012). Kapasitas adsorpsi kitosan tergantung pada jenis asal polisakarida dan kondisi operasi saat sintesis, yang menentukan derajat deasetilasi, berat molekul, dan kristalinitas kitosan tersebut (Kurita, 2001). Telah banyak yang melaporkan bahwa kitosan sangat berpotensi untuk mengadsorpsi hampir seluruh jenis zat warna, terutama pewarna anionik (Huang et al.,2011). Akan tetapi, walaupun kitosan efektif sebagai adsorben zat warna anionik, ternyata kitosan kurang baik jika digunakan untuk mengadsorpsi zat warna kationik. Untuk membuat kitosan cocok untuk mengadsorpsi zat warna kationik, maka perlu dilakukan modifikasi kitosan dengan penambahan gugus fungsi seperti karboksilat, sulfonat, dan fosfat (Huang et al.,2011).

2.2. Polimetil Metakrilat (PMMA)

Polimetil metakrilat (PMMA) dikenal sebagai polimer yang cukup kuat dan memiliki berat material yang ringan. Densitas polimer ini adalah 1.17 – 1.20 gram/cm (Setianguro, 2011). PMMA merupakan senyawa yang non-toksik, murah, dan mudah didapatkan. PMMA memiliki sifat-sifat yang banyak diinginkan, seperti sifat kelenturan yang bagus, keras dan kuat, serta tidak terpengaruh oleh iklim lingkungan (Tsai et al.,2010). Akan tetapi, PMMA juga memiliki kekurangan yaitu ketahanan panasnya yang rendah (Silva et al.,2010). Untuk meningkatkan ketahanan panasnya, PMMA dapat digabungkan dengan suatu senyawa lain untuk membentuk komposit. PMMA mudah larut dalam berbagai macam pelarut organik, seperti aseton. Polimetil metakrilat (PMMA) merupakan hasil polimerisasi monomer metil metakrilat (MMA), seperti yang dinyatakan dalam reaksi di bawah ini:



Gambar 2. 2. Reaksi Polimerisasi Metil Metakrilat

Reaksi polimerisasi metil metakrilat ini mudah terjadi di bawah pengaruh cahaya ataupun keberadaan pemicu seperti radikal bebas peroksida. Polimetil metakrilat ini memiliki sifat tembus cahaya, transparan, dan tidak berwarna (Chrissafis & Bikiaris, 2011). Hal ini memungkinkan PMMA dapat digunakan dalam aplikasi transmisi cahaya. Polimetil metakrilat juga banyak digunakan dalam aspek kesehatan dan aspek industri pembangunan (Sahoo & Samal, 2007), seperti sebagai lensa optik (kacamata), bahan konstruksi, lampu penerang, perhiasan pintu, plafon bercahaya, lampu gantung, dan kaca pelindung pada pesawat terbang.

Penggunaan polimetil metakrilat juga dapat diaplikasikan dengan menggabungkan PMMA ini dengan polimer lain seperti kitosan. Kitosan/polimetil metakrilat dapat digunakan sebagai adsorben zat warna (Singh et al.,2009). Selain dengan kitosan, PMMA juga dapat digabungkan dengan montmorillonite untuk menghasilkan komposit yang dapat mengadsorp zat warna (Lin et al.,2009)

2.3. Mineral Clay dan Montmorillonite

2.3.1. Mineral clay

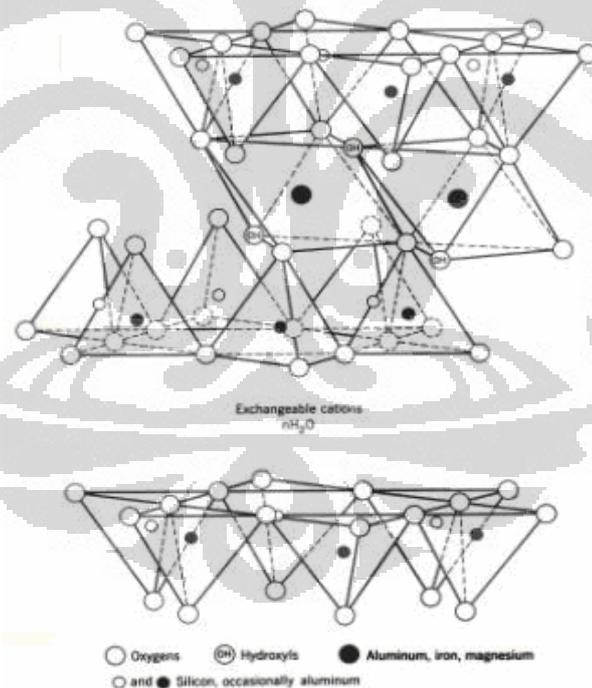
Mineral *clay* memiliki berbagai macam kegunaan karena sifat kimia dan sifat fisiknya (Lin et al.,2004). Kelebihan dari mineral *clay* ini di antaranya yaitu memiliki luas permukaan yang besar, stabilitas kimia dan mekanik yang baik, sifat struktur dan permukaan yang bervariasi, serta harganya yang murah (Gecol et al.,2006). Karena kelebihan inilah, mineral *clay* banyak ditambahkan pada suatu polimer untuk memperbaiki kekurangan-kekurangan yang dimiliki polimer tersebut. Akan tetapi, *clay* merupakan komponen anorganik yang hidrofilik sedangkan polimer mengandung gugus yang hidrofobik. Untuk itu, sebelum mencampurkan *clay* dengan polimer, terlebih dahulu *clay* harus dimodifikasi oleh pengubah organik yang mengandung hidrofilik dan kelompok rantai panjang hidrofobik untuk meningkatkan kompatibilitas *clay* dengan matriks polimer.

Saat ini modifikasi permukaan *clay* menjadi sangat penting terutama untuk meningkatkan kegunaan dari mineral *clay* tersebut (van Oss & Giese, 2003). *Clay* termodifikasi memiliki banyak kegunaan terutama sebagai

adsorben, di antaranya yaitu sebagai adsorben zat warna, logam berat, dan senyawa fenol.

2.3.2. Morfologi dan Struktur Montmorillonite

Montmorillonite merupakan salah satu jenis *clay* yang mudah didapatkan, ketersediaan yang melimpah di Indonesia, serta harga yang relatif murah. Rumus umum dari montmorillonite yaitu $(OH)_4Si_8(Al_x.4Mg_x)O_{20}$. Dari struktur kimianya tersebut menunjukkan bahwa montmorillonite memiliki sifat hidrofilik sehingga montmorillonite tidak kompatibel dengan polimer hidrofobik. Dengan demikian, modifikasi permukaan penting untuk meningkatkan kompatibilitas. Montmorillonite memiliki struktur kristal yang digambarkan oleh dua dimensi lapisan yang terdiri dari dua lembar tetrahedral silika yang mengelilingi satu lembar oktahedral alumina atau magnesium (Ray & Okamoto, 2003). Berikut adalah gambar struktur dari montmorillonite.



Gambar 2. 3. Struktur Montmorillonite (Elemen et al., 2012)

Substitusi isomorf dari Si^{+4} menjadi Al^{+3} pada kisi tetrahedral dan Al^{+3} menjadi Mg^{+2} pada lembar oktahedral menyebabkan kelebihan muatan negatif di dalam lapisan montmorillonite (Balakrishnan, 2010). Muatan negatif ini biasanya diseimbangkan dengan kation seperti Na^+ , Ca^{+2} , dan K^+ (Mabrouk &

Mourad, 2010). Dikarenakan hidrofilisitas yang tinggi pada lapisan silika, molekul air biasanya juga ada pada antara lapisan.

Montmorillonite umumnya berukuran sangat halus, sedangkan komponen-komponen dalam lapisan tidak terikat kuat. Jika bercampur dengan air, maka ruang di antara lapisan mineral mengembang, menyebabkan volume *clay* dapat berlipat ganda. Tingginya daya mengembang atau mengerut dari montmorillonite menjadi penyebab mineral ini dapat menyerap dan memfiksasi ion-ion logam dan persenyawaan organik. Adsorpsi persenyawaan organik dapat menyebabkan terbentuknya kompleks *organoclay*. Ion-ion organik ini dapat menggantikan kedudukan kation-kation organik di dalam ruang antar misel. Dari beberapa studi sebelumnya menunjukkan bahwa montmorillonite merupakan jenis *clay* yang dapat digunakan sebagai adsorben zat warna kationik karena memiliki kapasitas pertukaran ion yang besar dan harganya yang murah (Lin et al., 2009).

2.3.3. Karakteristik Montmorillonite

Tingkat kemurnian, kapasitas pertukaran kation, dan rasio bentuk merupakan karakteristik *clay* yang sangat penting (Lim, 2006).

1. Tingkat kemurnian

Kemurnian merupakan hal yang kritis untuk mencapai sifat mekanik yang maksimum. Montmorillonite mengandung sekitar 3-35% pengotor yang seharusnya dihilangkan sebelum dilakukan modifikasi permukaan.

2. Kapasitas pertukaran kation

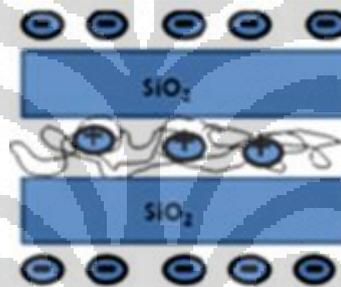
Nilai kapasitas pertukaran kation dari *clay* mengacu pada jumlah ion Al^{+3} yang dapat disubstitusi oleh kation dari logam. Nilai ini biasanya menunjukkan persentase jumlah maksimum dari kation yang dapat ditukar oleh satu mol *clay*. Tinggi rendahnya nilai kapasitas pertukaran kation ini bergantung pada tekstur *clay* dan kandungan material organik di dalamnya. Kapasitas pertukaran kation montmorillonite timbul terutama dari substitusi isomorf kation divalent (Mg^{+2} , Fe^{+2}) menjadi Al^{+3} pada lapisan oktahedral. Kapasitas pertukaran kation montmorillonite bervariasi

dari 80 hingga 150 meq/100 g sedangkan luas permukaannya berkisar antara 700-800 m²/g. Besarnya nilai ini menunjukkan montmorillonite memiliki sifat plastis dan melekat kuat jika basah.

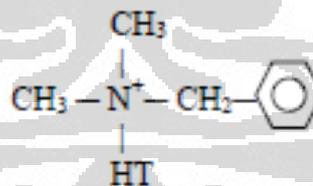
3. Rasio bentuk

Montmorillonite memiliki sebuah struktur seperti plat dan ketebalan unit beberapa nanometer, sementara dua dimensi lainnya berada di kisaran mikro. Rasio aspek teoritis berkisar 300-1500.

Pada penelitian ini, *clay* yang digunakan merupakan *clay* jenis montmorillonite yang sudah dimodifikasi dengan garam ammonium kuartener (dimetil-benzil-lemak terhidrogenasi-ammonium kuartener) yang disebut cloisite-10A. Berikut adalah ilustrasi gambar dari cloisite-10A serta rumus bangun dari dimetil-benzil-lemak terhidrogenasi-ammonium kuartener.



Gambar 2. 4. Ilustrasi Gambar dari Cloisite-10A (Pandey & Mishra, 2011)



Gambar 2. 5. Rumus Bangun Dimetil-Benzil-Lemak Terhidrogenasi-Ammonium Kuartener

Cloisite-10A ini dipilih sebagai jenis *organoclay* yang digunakan karena memiliki nilai kapasitas pertukaran ion lebih besar dibandingkan dengan *organoclay* lainnya seperti cloisite-30B dan cloisite-25A. Cloisite-10A, cloisite-30B, dan cloisite-25A memiliki nilai kapasitas pertukaran kation berturut-turut yaitu 125 meq/100 g, 95 meq/100 g, dan 95 meq/100 g. Perbedaan antara ketiga *organoclay* ini terletak pada jenis surfaktan yang digunakan untuk memodifikasi permukaan *clay* tersebut (Jash & Wilkie, 2005). Cloisite-30B dimodifikasi

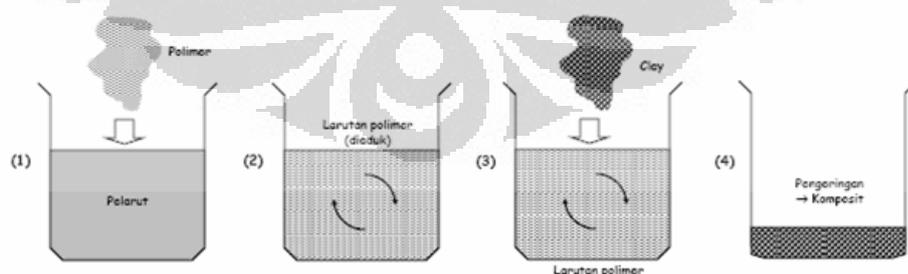
dengan garam ammonium kuartener (metil-lemak-bis-2-hidroksietil-ammonium kuartener), sedangkan cloisite-25A dimodifikasi dengan garam ammonium kuartener (dimetil-lemak terdehidrogenasi-2-etilheksil-ammonium kuartener).

2.4. Komposit Polimer-Clay

Penggabungan *organoclay* ke dalam matriks polimer telah dikenal selama lebih dari 50 tahun. Berbagai kelompok penelitian telah melakukan studi mengenai komposit polimer-*clay* dengan berbagai jenis polimer, meliputi polistirena, polimetil metakrilat, poliolefin, poliamida, polipropilena, dan sebagainya (Lin et al.,2009). Terdapat beberapa metoda yang biasa digunakan untuk membuat komposit polimer-*clay*, antara lain adalah:

1. Metode interkalasi dalam larutan (*solution induced intercalation*)

Metode interkalasi dalam larutan melibatkan polimer yang terlarut dalam pelarut organik, kemudian *organoclay* akan didispersikan dalam larutan tersebut (Kredatusova & Brozek, 2012). Selanjutnya pelarut diuapkan atau polimer diendapkan. Gambar 2.6 merupakan ilustrasi pembuatan komposit dengan metode *solution induced intercalation*. Metode ini membutuhkan biaya yang cukup tinggi terutama untuk menyediakan pelarut dalam jumlah yang banyak. Semakin banyak pelarut yang digunakan maka akan membuat dispersi filler lebih baik. Berhasil tidaknya metode ini bergantung pada dispersi *organoclay*, Teknik ini banyak digunakan dalam kasus polimer yang larut dalam air.

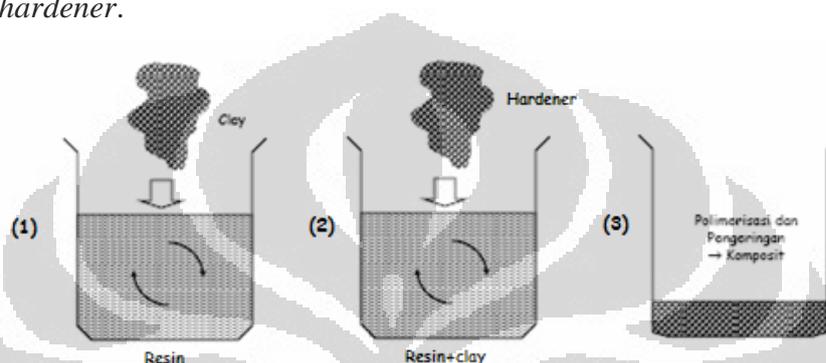


Gambar 2. 6. Ilustrasi Pembuatan Komposit dengan Metode Interkalasi dalam Larutan

2. Metode polimerisasi in-situ

Metode polimerisasi *in-situ* melibatkan lapisan *organoclay* yang didispersikan ke dalam prekursor polimer sebelum proses polimerisasi

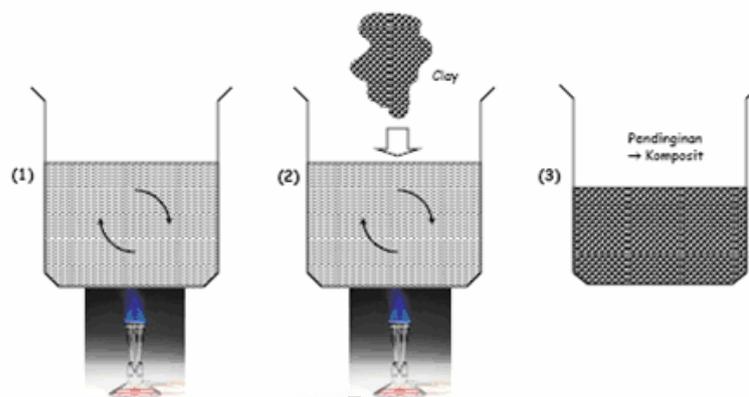
dilakukan (Kredatusova & Brozek, 2012). Polimerisasi dilakukan setelah *organoclay* terdispersi secara homogen sehingga hasil akhirnya adalah polimer yang telah mengandung *organoclay* di dalam matriksnya. Gambar 2.7 merupakan ilustrasi pembuatan komposit dengan metode polimerisasi *in situ*. Contoh pembuatan komposit dengan metode ini adalah dalam pembuatan komposit *clay-epoxy resin*. Partikel *clay* terlebih dahulu didispersikan secara merata dengan resin epoxy baru dicampur dengan *hardener*.



Gambar 2. 7. Ilustrasi Pembuatan Komposit dengan Metode Polimerisasi In-Situ

3. Metode proses pada fasa leleh (*melt processing*)

Pada metode *melt processing*, *clay* didispersikan secara langsung ke dalam polimer selama proses pelelehan. Pelelehan polimer menyebabkan proses pencampuran *clay* dan polimer dapat dilakukan dengan mudah karena berada dalam fasa cair. Dalam metoda ini, silikat harus mengalami perlakuan permukaan sebelumnya melalui modifikasi organik seperti metoda sebelumnya (polimerisasi *in situ*). Metode ini tidak memerlukan kehadiran pelarut seperti pada metode *solution induced intercalation*., serta compatible dengan operasi proses yang umum, seperti *extrusion* dan *reaction injection molding* (Kredatusova & Brozek, 2012). Namun, jika masih membutuhkan pelarut, jumlah yang diperlukan tidak terlalu banyak. Gambar 2.8 merupakan ilustrasi pembuatan komposit dengan metode *melt processing*.



Gambar 2. 8. Ilustrasi Pembuatan Komposit dengan Metode Proses pada Fasa Leleh

Pada penelitian ini, metode untuk mencampurkan clay montmorillonite ke dalam matriks polimer kitosan dan polimetil metakrilat adalah dengan menggunakan metode interkalasi dalam larutan. Polimer kitosan dan polimetil metakrilat masing-masing dilarutkan dalam pelarut aquadest dan aseton.

Cara lapisan *organoclay* terdispersi di dalam polimer akan mempengaruhi tingkat interaksi *clay* dengan polimer yang akan berpengaruh pada sifat material. Terdapat dua jenis *polymer layered silicate nanocomposites* (PLSNs) yang berbeda berdasarkan cara dispersi *clay* ke dalam polimer, yaitu:

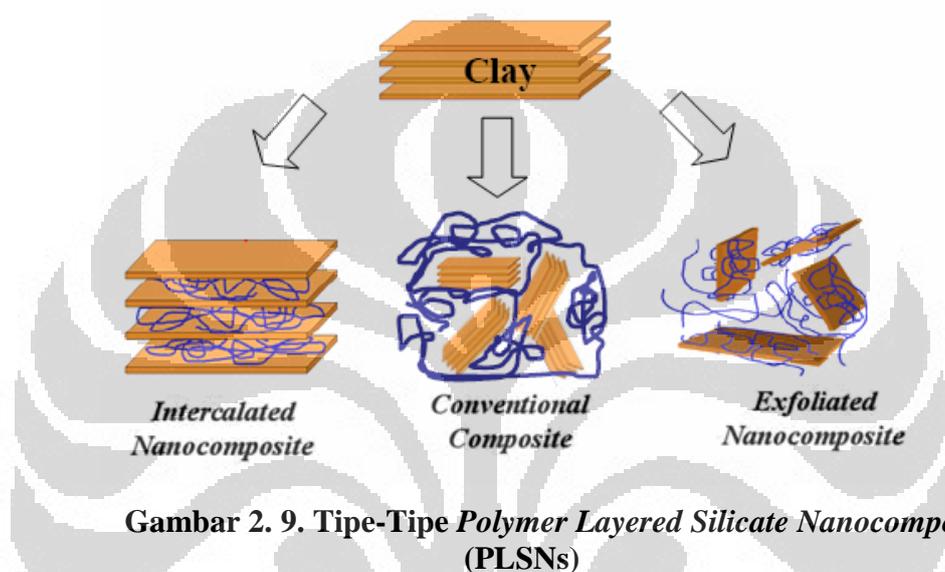
1. *Intercalated composites*

Terjadi ketika lapisan *organoclay* terpisah pada jarak tertentu dengan polimer. Tipe PLSNs ini dihasilkan dengan penambahan surfaktan pada tanah lempung alam, sehingga memungkinkan banyak rantai hidrokarbon yang terdispersi ke dalam lapisan *organoclay* sehingga menghasilkan penguatan yang optimal. Lapisan *organoclay* akan memperkuat polimer secara mekanik, namun adanya pemisahan jarak lapisan tersebut akan mempengaruhi tingkat penguatan optimal yang dapat dicapai oleh PLSNs.

2. *Exfoliated composites*

Terjadi ketika lapisan *clay* terdispersi ke dalam polimer dengan pemisahan dan orientasi yang acak. Tipe PLSNs ini juga dihasilkan dengan penambahan surfaktan yang terdiri dari rantai hidrokarbon pada tanah lempung alam, sama seperti pada *intercalated nanocomposite*.

Keberadaan *clay* yang acak memberikan penguatan mekanik yang cukup besar. Selanjutnya, ada kemungkinan terbentuk *conventional composite* dimana tidak terdapat interaksi antara lapisan *organoclay* dengan matriks polimer. Ukuran partikel yang dimiliki oleh *conventional composite* mencapai 100 mikron. Karena itu, *organoclay* berperan sebagai *microfiller*. Penjelasan mengenai ketiga tipe PLSNs ini dapat lebih dipahami dengan melihat Gambar 2.9.



Penggunaan komposit dari polimer-*clay* telah banyak mendapat perhatian. Berbagai studi mengenai komposit polimer-*clay* terus dilakukan dengan berbagai variasi jenis polimer. Komposit polimetil metakrilat-montmorillonite merupakan salah satu jenis komposit yang telah banyak diteliti dan dikembangkan. Komposit polimetil metakrilat-montmorillonite ini memiliki banyak keuntungan, seperti mengurangi sifat mudah terbakar (*flammability*), mengurangi permeabilitas gas, serta meningkatkan sifat mekanis dan sifat termal tanpa menghilangkan kejernihan sifat optisnya (Zheng et al.,2005; Tsai et al.,2010).

Selain dengan polimetil metakrilat, montmorillonite juga banyak dicampurkan dengan kitosan untuk membentuk komposit. Komposit kitosan-montmorillonite ini banyak dikembangkan sebagai adsorben zat warna (Kittinaovarath et al, 2010; Nestic et al., 2012; Wang & Wang, 2007; Monvisade & Siriphannon, 2009;). Hal ini dikarenakan kitosan dan montmorillonite sama-sama memiliki kapasitas adsorpsi yang besar. Komposit ini dapat terbentuk karena

kitosan mempunyai satu gugus amino dan dua gugus hidroksil, dimana gugus ini dapat membentuk ikatan hidrogen dengan gugus Si-OH dari montmorillonite (Nesic et al., 2012).

2.5. Zat Warna (*Dye*) dan Rhodamin-B

2.5.1. Zat Warna (*Dye*)

Zat warna merupakan senyawa organik atau anorganik berwarna yang digunakan untuk memberi warna pada tekstil atau suatu makanan, minuman, obat-obatan, kosmetika, dan lain-lain. Zat warna terdiri dari dua komponen utama, yaitu senyawa kromofor dan auxochromes. Kromofor menentukan warna dari zat warna tersebut sedangkan auxochromes menentukan intensitas warna (Moussavi & Mahmoudi, 2009).

Zat warna yang umumnya digunakan terdiri dari dua macam, yaitu zat warna alami dan zat warna buatan atau sintetis. Zat warna alami yang sering digunakan sejak dahulu berasal dari sumber alam, baik berasal dari tanaman maupun mineral seperti kunyit untuk warna kuning, daun pandan untuk warna hijau, caramel, dan lain-lain. Zat warna alami umumnya mempunyai keterbatasan, di antaranya yaitu:

- Seringkali memberikan rasa dan flavor khas yang tidak diinginkan
- Konsentrasi pigmen rendah
- Stabilitas pigmen rendah
- Keseragaman warna kurang baik
- Spektrum warna tidak seluas seperti pada pewarna sintetis.
- Keterbatasan dalam memberi warna

Zat warna alami mulai banyak ditinggalkan sejak zat warna sintetis ditemukan. Hal ini disebabkan karena biaya produksi zat warna sintetis lebih murah, umumnya mempunyai jenis warna yang lebih banyak, serta kemampuan pewarnaan yang lebih baik (Widhianti, 2010). Zat warna sintetis merupakan zat warna yang berasal dari batubara atau zat warna yang dihasilkan dari reaksi dua atau lebih senyawa kimia. Zat warna sintetis dalam perdagangan biasanya berupa serbuk yang larut dalam air dan dapat mewarnai bahan untuk tekstil, percetakan, dan lain-lain. Contoh zat warna sintetis antara lain Rhodamin-B,

ponceau 3R, ponceau 4R, tartazine, magenta, carmine, carmoisine dan lain-lain (Widhianti, 2010).

Pemakaian zat warna sintetis saat ini sering disalahgunakan untuk mewarnai bahan pangan. Hal ini seharusnya tidak terjadi karena kebanyakan pewarna sintetis bersifat beracun, dapat menyebabkan alergi, iritasi kulit, dan kanker (Taleb et al.,2012). Selain itu, kebanyakan pewarna sintetis juga berbahaya karena bersifat mutagenik dan sulit didegradasi secara biologis (Yu et al.,2009). Zat warna yang dilarang penggunaannya dalam makanan dan minuman antara lain Rhodamin-B, methanil kuning, ponceau 3R, auramin, magenta, dan lain-lain (Widhianti, 2010).

Zat warna sintetis merupakan senyawa yang sulit dihilangkan dari perairan karena sifat zat warna yang inert (Ngah et al.,2011). Pesatnya perkembangan industri tekstil merupakan salah satu faktor pemicu meningkatnya pemakaian zat warna sintetis yang berimbas pada peningkatan pencemaran air (Ngah et al.,2011). Keberadaan zat warna ini bisa menjadi sangat toksik bagi sistem perairan walaupun dalam jumlah dan konsentrasi yang rendah.

Telah banyak cara dan teknologi yang dikembangkan untuk menghilangkan zat warna yang tercemar. Teknologi yang paling banyak diterapkan menggunakan prinsip proses kimia fisika, seperti dilusi, adsorpsi, koagulasi, presipitasi kimia, oksidasi, pertukaran ion, osmosis balik, dan ultra filtrasi (Selvam et al.,2009). Dari sekian banyak teknologi tersebut, cara yang paling efisien adalah dengan menggunakan proses adsorpsi (Stephen et al.,2006). Proses adsorpsi ini mentransfer zat warna dari air yang tercemar ke adsorben. Adsorben ini kemudian dapat dipindahkan dengan mudah ke tempat yang kering serta jauh dari kontak manusia dan lingkungan. Selain itu, penghilangan zat warna dengan cara adsorpsi ini lebih banyak digunakan karena dapat menghilangkan berbagai macam zat warna dengan variasi konsentrasi, biayanya relatif lebih murah, dan mudah diterapkan (Taleb et al.,2012).

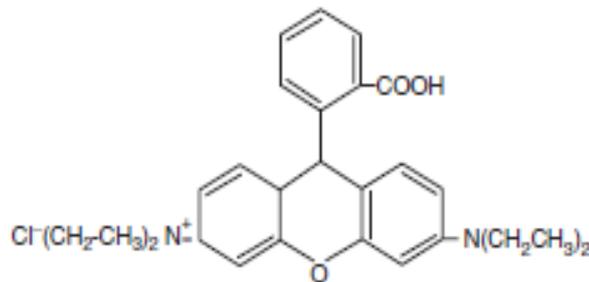
Adsorben yang paling banyak digunakan untuk proses adsorpsi ini adalah karbon aktif karena memiliki kapasitas adsorpsi yang besar. Akan tetapi, karbon aktif ini memiliki kekurangan yaitu sulit diregenerasi dan harganya

mahal. Untuk itu, penggunaan adsorben dari material alami banyak mendapat perhatian karena harganya tidak mahal, dapat diperoleh dari sumber yang *renewable*, dan tidak berbahaya bagi lingkungan. Salah satu adsorben jenis ini yaitu kitosan (Nesic et al.,2012) dan *clay* (Lin et al.,2009).

Clay montmorilonite merupakan salah satu adsorben yang harganya murah dengan kapasitas pertukaran kation yang besar dan dapat digunakan untuk mengadsorpsi pewarna kationik (Lin et al.,2009). Namun aplikasi *clay* sebagai adsorben memiliki masalah seperti kesulitan dalam pemisahan padat-cair untuk proses batch. Untuk itu perlu adanya penambahan polimer untuk menjadikan *clay* ini efektif sebagai adsorben pewarna kationik. Polimetil metakrilat merupakan salah satu polimer yang dapat ditambahkan ke dalam *clay* untuk aplikasi ini karena harganya yang murah dan mudah diproses. Dengan adanya *clay* dan polimer ini di dalam suatu komposit, maka komposit yang dihasilkan bersifat yang keras dan kuat, memiliki stabilitas termal dan ketahanan panas yang baik, serta memiliki kemampuan adsorpsi yang baik dan mudah digunakan.

2.5.2. Rhodamin-B

Rhodamin-B adalah senyawa kimia yang memiliki rumus molekul $C_{28}H_{31}N_2O_3Cl$ dengan berat molekul sebesar 479.02 gram/mol dan densitas 0.79 gram/cm^3 (Setiangrum, 2011). Senyawa ini berbentuk kristal berwarna hijau atau serbuk ungu kemerah-merahan, sangat mudah larut dalam air yang akan menghasilkan larutan berwarna merah. Kuantitas warna yang ditimbulkan rhodamin B sangat tajam, hal ini disebabkan oleh adanya dua gugus aoksokrom, dimana gugus aoksokrom tersebut adalah dimetil ammin. Rhodamin-B dapat dikelompokkan sebagai pewarna organik (Klika et al.,2004). Rhodamin-B juga termasuk golongan zat warna kation karena gugus pembawa warnanya terdapat pada kationnya (Setiangrum, 2011). Rhodamin-B dapat larut dalam air, serta juga larut dalam asam klorida, natrium hidroksida dan alkohol. Rhodamin-B memiliki struktur kimia seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 2. 10. Struktur Molekul Rhodamin-B (Jain et al.,2007)

Rhodamin-B merupakan zat warna sintetik yang digunakan untuk industri tekstil, cat, dan kertas. Senyawa ini mengandung gugus amino yang bersifat basa dan inti benzene, sehingga rhodamin-B termasuk senyawa yang sulit didegradasi oleh mikroorganisme secara alami. Karena sifatnya inilah zat rhodamin-B dapat menjadi permasalahan yang serius bagi lingkungan apabila masuk ke dalam perairan.

Rhodamin-B juga sangat berbahaya bagi tubuh manusia karena dapat menyebabkan iritasi dan merupakan zat karsinogenik (dapat menyebabkan kanker). Efek kronis rhodamin-B dalam konsentrasi tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada hati (Widhianti, 2010). Apabila rhodamin-B tersebut masuk melalui makanan maka akan menyebabkan iritasi pada saluran pencernaan dan mengakibatkan gejala keracunan dengan urin yang berwarna merah maupun merah muda. Selain melalui makanan dan minuman, rhodamin-B juga masuk ke tubuh melalui pernafasan. Apabila terhirup, maka dapat mengakibatkan iritasi pada saluran pernafasan. Mata yang terkena rhodamin-B juga akan mengalami iritasi yang ditandai dengan mata kemerahan dan timbunan cairan pada mata. Jika terpapar pada bibir dapat menyebabkan bibir pecah-pecah, kering, gatal, bahkan kulit bibir terkelupas.

2.6. Adsorpsi

Pada bidang batas suatu fasa dengan fasa lain terjadi ketidakseimbangan antara gaya kohesi molekul sefasa dengan gaya adhesi molekul antar fasa. Ketidakseimbangan ini menyebabkan molekul asing bergerak menuju bidang batas antar fasa dan terakumulasi di sana, sehingga terjadi peristiwa adsorpsi (Kuntoro, 2011).

2.6.1. Definisi dan Sifat Adsorpsi

Proses adsorpsi adalah peristiwa tertariknya suatu molekul tertentu dari fluida (cair atau gas) pada permukaan zat padat (adsorben) (Susilowati, 2009). Adsorpsi juga dapat diartikan sebagai fenomena fisik yang terjadi saat molekul-molekul gas atau cair dikontakkan dengan suatu permukaan padatan dan sebagian dari molekul-molekul tadi mengembun pada permukaan padatan tersebut. Hal ini terjadi karena adanya ketidakseimbangan gaya-gaya molekul pada zat padat, yang cenderung menarik molekul lain yang bersentuhan pada permukaannya (Kuntoro, 2011).

Langkah-langkah peristiwa adsorpsi dapat diringkas:

- Larutan berdifusi melalui fluida ke area dekat permukaan partikel padat.
- Partikel terlarut berdifusi ke dalam pori-pori partikel.
- Larutan berdifusi ke dinding pori.
- Adsorpsi zat terlarut pada permukaan dinding pori.

2.6.2. Jenis-jenis Adsorpsi

Berdasarkan interaksi molekular antara permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibagi menjadi dua jenis, yaitu (Suraputra, 2011):

1. Adsorpsi Fisika (*Physisorption*)

Adsorpsi fisika adalah adsorpsi yang terjadi karena adanya gaya Van Der Waals (gaya tarik-menarik yang relatif lemah) antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Adsorpsi ini terjadi apabila suatu adsorbat dialirkan pada permukaan adsorben yang bersih. Pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat pada permukaan adsorben, sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke bagian permukaan lainnya, dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat yang satu dapat digantikan oleh adsorbat lainnya (*multilayer*). Adsorpsi fisika adalah suatu peristiwa yang reversibel, sehingga jika kondisi operasinya diubah akan membentuk kesetimbangan baru. Adsorpsi fisik memiliki ciri-ciri berikut ini :

- Gaya tarik-menarik antar molekul yang terjadi adalah gaya *Van Der Waals*.

- Proses adsorpsi reversible.
- Proses adsorpsi terjadi tanpa memerlukan energi aktivasi.
- Panas adsorpsi yang dikeluarkan rendah, $\Delta H < 20$ kJ/mol.
- Proses adsorpsi terjadi pada *ambient* dengan temperatur rendah dibawah temperatur kritis dari adsorbat.
- Ikatan yang terbentuk dalam adsorpsi fisika dapat diputuskan dengan mudah, yaitu dengan cara pemanasan pada temperatur 150-200°C selama 2-3 jam.

2. Adsorpsi Kimia (*Chemisorption*)

Adsorpsi kimia adalah adsorpsi yang terjadi karena terbentuknya ikatan kovalen dan ion antara molekul-molekul adsorbat dengan adsorben. Ikatan yang terbentuk merupakan ikatan yang kuat sehingga lapisan yang terbentuk adalah lapisan *monolayer*. Untuk adsorpsi kimia, pendekatannya dengan menentukan kondisi reaksi, sehingga hanya adsorpsi kimia yang terjadi dan hanya terbentuk *monolayer*. Adsorpsi kimia memiliki ciri-ciri berikut ini :

- Proses adsorpsi terjadi pada *ambient* dengan temperatur tinggi di atas temperatur kritis dari adsorbat.
- Interaksi antara adsorbat dan adsorben berupa ikatan kovalen.
- Proses adsorpsi memerlukan energi aktivasi yang besar.
- Panas adsorpsi yang dikeluarkan $50 < \Delta H < 800$ kJ/mol.
- Proses adsorpsi tidak reversible

2.6.3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Jumlah fluida yang teradsorpsi pada permukaan adsorben dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut ini (Agustiar, 2011):

1. Jenis adsorbat

a. Ukuran molekul adsorbat

Ukuran molekul yang sesuai merupakan hal yang paling penting agar proses adsorpsi dapat terjadi, karena molekul-molekul yang dapat diadsorpsi adalah molekul-molekul yang diameternya lebih kecil atau sama dengan diameter pori adsorben.

b. Kepolaran zat

Apabila berdiameter sama, molekul-molekul polar yang lebih kuat diadsorpsi daripada molekul-molekul yang kurang polar. Molekul-molekul yang lebih polar akan menggantikan molekul-molekul yang kurang polar yang telah lebih dulu di adsorpsi.

2. Karakteristik Adsorben

a. Kemurnian adsorben

Adsorben yang lebih murni memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik.

b. Luas permukaan dan volume pori adsorben

Jumlah molekul adsorbat yang teradsorpsi akan meningkat dengan bertambahnya luas permukaan dan volume pori adsorben.

3. Temperatur

Proses adsorpsi adalah proses eksotermis, berarti peningkatan temperatur pada tekanan tetap akan mengurangi jumlah senyawa yang teradsorpsi.

4. Tekanan adsorbat

Pada adsorpsi fisika jumlah zat yang diadsorpsikan bertambah dengan menaikkan tekanan adsorbat. Sebaliknya pada adsorpsi kimia, jumlah zat yang diadsorpsi akan berkurang dengan menaikkan tekanan adsorbat.

5. Pusat aktif

Pada permukaan yang beragam, hanya sebagian permukaan yang mempunyai daya serap. Hal ini menyebabkan hanya beberapa jenis zat yang dapat diserap oleh bagian permukaan yang aktif, yang disebut sebagai pusat aktif (*active center*).

2.6.4. Adsorben

Adsorben dapat didefinisikan sebagai zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase gas atau fluida. Adsorben adalah zat atau material yang mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mempertahankan cairan atau gas didalamnya. Adsorben biasanya digunakan dalam bentuk pelet, batang, atau monolith dengan diameter hidrodinamika antara 0.5 dan 10 mm.

Adsorben dapat dikelompokkan berdasarkan beberapa kriteria, di antaranya yaitu berdasarkan polaritas permukaan, kristalinitas adsorben, dan struktur dari unsur pembangunnya. Berdasarkan polaritas permukaannya, adsorben dapat digolongkan menjadi dua, yaitu adsorben polar yang bersifat hidrofilik dan adsorben non-polar yang bersifat hidrofobik (Susilowati, 2009). Yang termasuk adsorben polar diantaranya adalah zeolit dan silika gel, sedangkan karbon aktif dan silikat termasuk adsorben nonpolar. Berdasarkan kristalinitas adsorben, karbon aktif dan silika gel termasuk adsorben amorf, sedangkan zeolit dan silikat tergolong adsorben kristalin.

Berdasarkan struktur dari unsur pembangunnya, adsorben dapat digolongkan menjadi dua, yaitu (Suraputra, 2011):

1. Adsorben tak berpori (*non porous adsorbents*)

Adsorben tak berpori dapat diperoleh dengan cara presipitasi deposit kristalin atau penghalusan padatan kristal. Luas permukaan spesifiknya kecil, tidak lebih dari $10 \text{ m}^2/\text{g}$. Umumnya luas permukaan spesifiknya antara $0,1-1 \text{ m}^2/\text{g}$. Bahan tak berpori seperti filer karet (*rubber filler*) dan karbon hitam bergrafit (*graphitized carbon blacks*) adalah jenis adsorben tak berpori yang telah mengalami perlakuan khusus, sehingga luas permukaannya dapat mencapai ratusan m^2/g .

2. Adsorben berpori (*porous adsorbents*)

Luas permukaan spesifik adsorben berpori berkisar antara $100-1000 \text{ m}^2/\text{g}$. Biasanya dipergunakan sebagai penyangga katalis, dehidrator dan penyeleksi komponen, umumnya berbentuk granular. Beberapa jenis adsorben berpori yang terkenal adalah: silika gel, alumina, karbon aktif, zeolit (*molecular sieves*), dan *porous glasses*.

Untuk dapat menjadi adsorben komersial, zat padat harus memenuhi kriteria sebagai berikut (Suraputra, 2011):

- Memiliki luas permukaan yang besar sehingga kapasitas adsorpsinya tinggi.
- Memiliki volume pori internal yang besar.
- Stabil secara mekanik.
- Distribusi pori yang merata.

- Ikatan adsorbat dan adsorben lemah (adsorpsi fisika).
- Bahan baku mudah diperoleh dan harganya murah.
- Mudah dan ekonomis untuk diregenerasi.

Kebanyakan adsorben industri dibagi menjadi tiga kelas (Kuntoro, 2011):

- Senyawa yang mengandung oksigen, biasanya hidrofilik dan polar, termasuk di dalamnya yaitu silika gel dan zeolit.
- Senyawa berbasis karbon, biasanya hidrofobik dan non polar, termasuk di dalamnya yaitu karbon aktif dan grafit.
- Senyawa berbasis polimer, merupakan gugus fungsi polar dan non-polar di dalam matriks polimer.

2.7. Spektrofotometer Sinar Tampak

Spektrofotometer sinar tampak adalah pengukuran absorbansi energi cahaya oleh suatu sistem kimia pada suatu panjang gelombang tertentu. Spektrum ini sangat berguna untuk pengukuran secara kuantitatif. Konsentrasi dari analit di dalam larutan bisa ditentukan dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang tertentu dengan menggunakan hukum Lambert-Beer. Sinar tampak ini mempunyai panjang gelombang 400-750 nm.

Hukum Lambert-Beer (Beer's Law) adalah hubungan linieritas antara absorbansi dengan konsentrasi larutan analit. Hukum Lambert-Beer menyatakan bahwa intensitas yang diteruskan oleh larutan zat penyerap berbanding lurus dengan tebal dan konsentrasi larutan dan berbanding terbalik dengan transmitansi.

Panjang gelombang yang digunakan untuk analisis kuantitatif adalah panjang gelombang yang mempunyai absorbansi maksimal, dilakukan dengan membuat kurva hubungan antara absorbansi dengan panjang gelombang dari suatu larutan baku pada konsentrasi tertentu. Ada beberapa tahapan yang harus dilakukan dalam analisis dengan spektrofotometri cahaya tampak ini, yaitu:

1. Penentuan Panjang Gelombang Serapan Maksimum

Panjang gelombang yang digunakan untuk analisis kuantitatif adalah panjang gelombang dimana terjadi absorbansi maksimum. Untuk memperoleh panjang gelombang maksimum dapat diperoleh dengan

membuat kurva hubungan antara absorbansi dengan panjang gelombang dari suatu larutan baku dengan konsentrasi tertentu. Untuk senyawa rhodamin-B, absorbansi maksimumnya terjadi pada panjang gelombang 554 nm (Selvam et al.,2008).

2. Waktu kerja (*operating time*)

Tujuannya ialah untuk mengetahui waktu pengukuran yang stabil. Waktu kerja ditentukan dengan mengukur hubungan antara waktu pengukuran dengan absorbansi larutan.

3. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Pembuatan kurva kalibrasi ini dilakukan dengan membuat seri larutan baku dalam berbagai konsentrasi kemudian absorbansi tiap konsentrasi diukur lalu dibuat kurva yang merupakan hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi. Kurva kalibrasi yang lurus menandakan bahwa hukum Lambert-Beer terpenuhi.

4. Pembacaan absorbansi sampel

Absorbansi yang terbaca pada spektrofotometer hendaknya terletak antara 0,2 sampai 0,8 atau 15% sampai 70% jika dibaca sebagai transmittan. Hal ini disebabkan karena kisaran nilai absorbansi tersebut kesalahan fotometrik yang terjadi adalah paling minimal.

5. Perhitungan Kadar

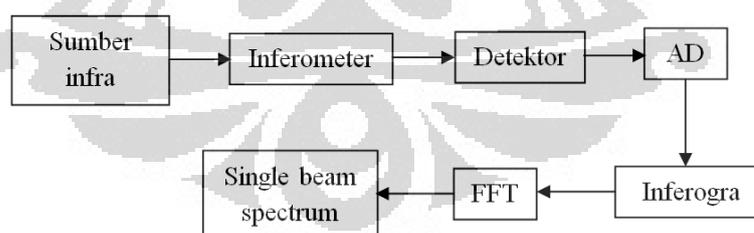
Perhitungan kadar dapat dilakukan dengan metode regresi yaitu dengan menggunakan persamaan garis regresi yang didasarkan pada harga serapan dan larutan standar yang dibuat dalam beberapa konsentrasi, paling sedikit menggunakan lima rentang konsentrasi yang meningkat yang dapat memberikan serapan linier, kemudian di plot menghasilkan suatu kurva kalibrasi, konsentrasi suatu sampel dapat dihitung berdasarkan kurva tersebut.

Analisis kuantitatif rhodamin-B dapat dilakukan dengan metode spektrofotometer sinar tampak. Caranya yaitu dengan mengukur nilai absorbansi dari sampel dengan menggunakan alat spektrofotometer sinar tampak ini dan kemudian menghitung kadar rhodamin-B dalam sampel dengan menggunakan kurva kalibrasi dengan persamaan $y = ax + b$.

2.8. Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) merupakan spektroskopi yang menggunakan persamaan matematika transform fourier untuk mengubah spektrum waktu menjadi spektrum frekuensi. Spektroskopi infra merah memiliki daerah spektrum $4000\text{-}670\text{ cm}^{-1}$ (Rosa, 2005). Bila suatu molekul menyerap sinar infra merah maka di dalam molekul akan terjadi perubahan tingkat energi vibrasi atau rotasi, tetapi hanya transisi vibrasi atau rotasi yang dapat menyebabkan perubahan momen dipol yang aktif yang mengadsorpsi sinar infra merah. Selain itu frekuensi sinar yang datang harus sama dengan salah satu frekuensi vibrasi atau rotasi molekul tersebut, karena tiap ikatan yang berbeda memiliki frekuensi yang berbeda pula. Oleh karena itu, tipe ikatan yang berbeda, seperti C-C, C-H, C-O, dan lain-lain menyerap radiasi infra merah pada panjang gelombang yang berbeda (Setiangrum, 2011).

Spektra yang dihasilkan oleh FTIR ini pada umumnya memiliki pita-pita serapan yang sempit dan khas untuk tiap senyawa sehingga penggunaannya terutama untuk mengidentifikasi senyawa organik (Rosa, 2005). Spektrum infra merah merupakan kurva aluran %T sebagai ordinat dan bilangan gelombang sebagai absis. Instrumen FTIR ini terdiri dari sumber cahaya, monokromator/interferometer, detektor, dan sistem pengolahan data (komputer). Berikut ini adalah skema dari alat spektrofotometer FTIR ini.



Gambar 2. 11. Mekanisme Alat Spektrofotometer FTIR

Mekanisme kerja dari spektrofotometer FTIR ini yaitu energi infra merah diemisikan dari sumber cahaya dan bergerak melalui bagian optik dari spektrofotometer. Selanjutnya gelombang sinar melewati interferometer sebagai tempat pemisahan sinar dan digabungkan kembali sehingga menghasilkan suatu pola interferensi. Gelombang sinar ditransmisikan dan diukur oleh detektor. Detektor menghasilkan suatu interferogram, yaitu suatu daerah waktu yang

menggambarkan pola interferensi. Selanjutnya ADC (*Analog Digital Converter*) mengubah pengukuran menjadi suatu format digital yang dapat dihubungkan oleh komputer. Interferogram selanjutnya diubah menjadi suatu pita spektrum tunggal (*Single beam spectrum*) oleh Fast Fourier Transform (FFT).

2.9. Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah mikroskop yang menggunakan hamburan elektron sebagai ganti cahaya untuk membentuk bayangan/gambar. Alat ini memiliki banyak keuntungan jika dibandingkan dengan mikroskop cahaya. SEM menghasilkan bayangan dengan resolusi yang tinggi, artinya pada jarak yang sangat dekat tetap dapat menghasilkan perbesaran yang maksimal tanpa memecahkan gambar. Elektron diproduksi pada bagian atas mikroskop dengan menggunakan *electron gun*. Kemudian elektron akan melintasi lintasan vertikal dalam kondisi vakum di sepanjang mikroskop. Ketika sinar elektron ini menumbuk sampel, maka sejumlah elektron dan sinar-X akan dipancarkan. Detektor akan mengumpulkan sinar X-ray dan elektron (*secondary electrons* dan *backscattered electrons*) dan mengubahnya menjadi sinyal yang dikirim ke layar yang mirip dengan layar televisi. Tahap inilah yang akan memproduksi gambar.

Karena SEM digunakan pada kondisi vakum dan menggunakan elektron untuk membentuk gambar, perlu dilakukan preparasi khusus pada sampel. Semua air harus dihilangkan dari sampel karena air dapat menguap pada kondisi vakum. Semua logam bersifat konduktif dan tidak memerlukan preparasi sebelum digunakan. Semua non-logam harus dibuat konduktif terlebih dahulu dengan melapisi sampel dengan lapisan tipis material konduktif. Alat yang digunakan untuk melapisi sampel non-logam disebut *sputter coater*. Ketebalan sampel tidak berpengaruh seperti pada Mikroskop Elektron Transmisi (TEM). Karena itu sampel yang tebal sekalipun (*bulk*) dapat dianalisis dengan SEM.

2.10. State of The Art Penelitian

Tabel 2. 1. State of The Art Penelitian

Peneliti	Judul Penelitian	Penelitian yang Dilakukan
Lin et al (2009)	Preparation of porous PMMA/Na ⁺ -montmorillonite cation-exchange membranes for cationic dye adsorption	Sintesis membran pertukaran kation PMMA/Na ⁺ -montmorillonite untuk mengadsorpsi pewarna kationik
Monvisade & Siriphannon (2009)	Chitosan intercalated montmorillonite: Preparation, characterization and cationic dye adsorption	Sintesis kitosan/montmorillonite untuk adsorpsi pewarna kationik basic blue9 (BB9), basic blue66 (BB66), dan basic yellow1 (BY1)
Konaganti et al (2010)	Adsorption of anionic dyes on chitosan grafted poly(alkyl methacrylate)s	Sintesis kitosan/polimetil metakrilat untuk mengadsorpsi pewarna anionic sulfonat (orange-G, congo red, remazol brill blue R, methyl blue)
Singh et al (2009)	Poly(methylmethacrylate) grafted chitosan: An efficient adsorbent for anionic azo dyes	Sintesis kitosan/polimetil metakrilat untuk mengadsorpsi pewarna azo anionic (procion yellow MX, remazol brilliant violet, reactive blue H5G)
Nesic et al (2012)	Characterization of chitosan/montmorillonite membranes as adsorbents for Bezactiv Orange V-3R dye	Sintesis membrane kitosan/montmorillonite untuk mengadsorpsi pewarna Bezactiv Orange dengan perbedaan rasio montmorillonite 10-50%

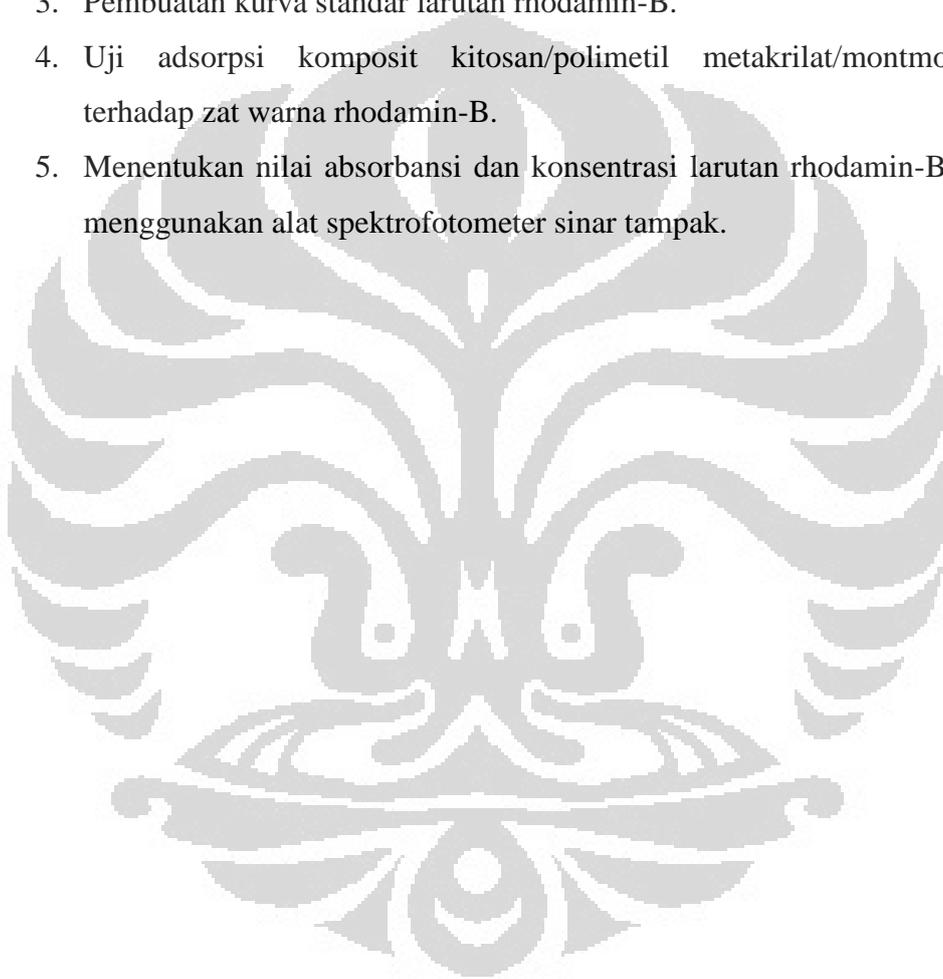
BAB III

METODE PENELITIAN

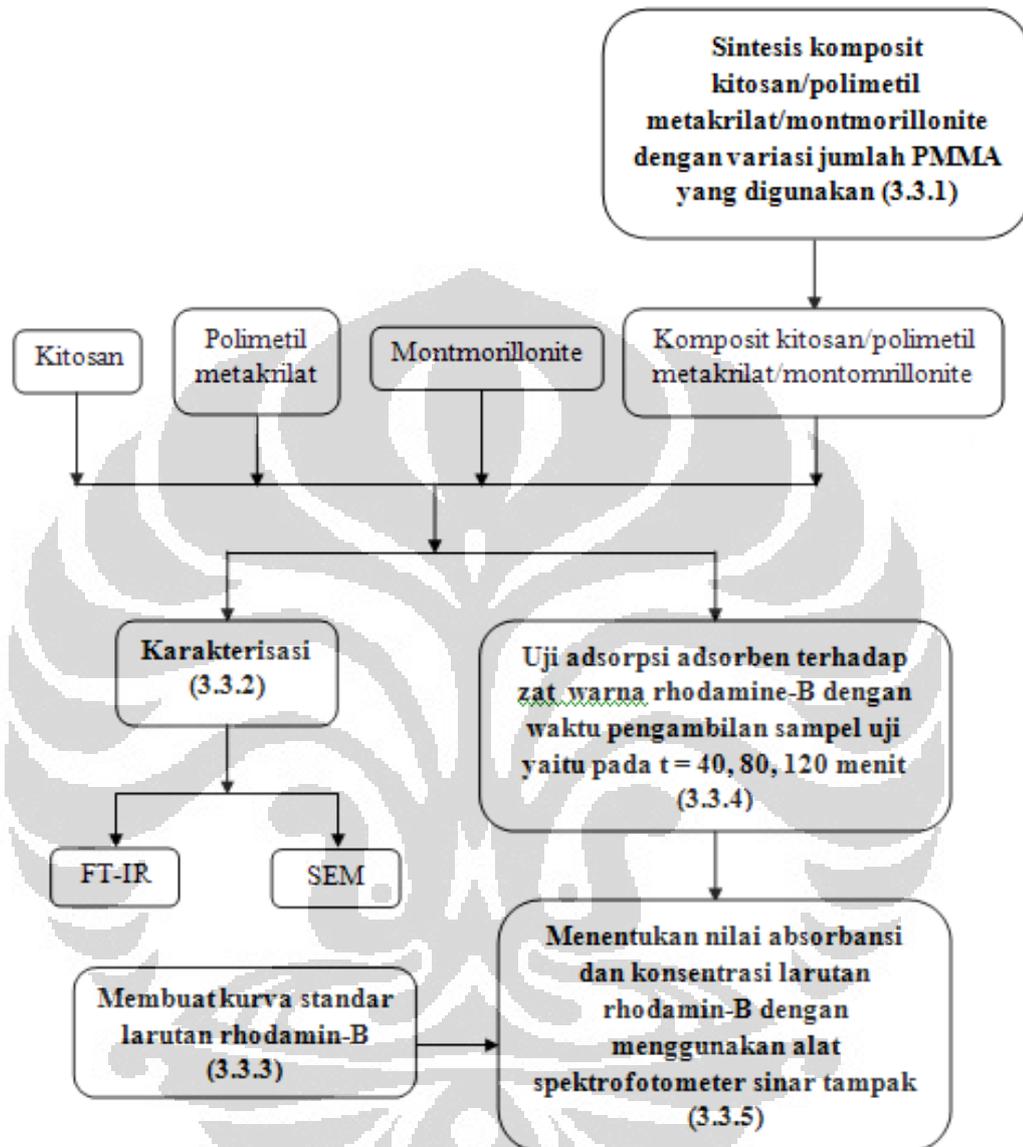
3.1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini secara garis besar terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

1. Sintesis komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite.
2. Karakterisasi komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite.
3. Pembuatan kurva standar larutan rhodamin-B.
4. Uji adsorpsi komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite terhadap zat warna rhodamin-B.
5. Menentukan nilai absorbansi dan konsentrasi larutan rhodamin-B dengan menggunakan alat spektrofotometer sinar tampak.



Untuk lebih jelas, maka tahapan penelitian ini dapat ditunjukkan pada diagram alir berikut:



Gambar 3. 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.2. Peralatan dan Bahan

a. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Beaker glass
2. Gelas ukur
3. Labu erlenmeyer
4. Magnetic stirrer
5. Spatula
6. Kaca arloji
7. Pipet tetes
8. Corong kaca
9. Cawan penguap
10. Timbangan digital
11. Oven
12. Alat sentrifuge
13. Botol sampel
14. Kuvet
15. Spektrofotometer sinar tampak
16. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*

b. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini:

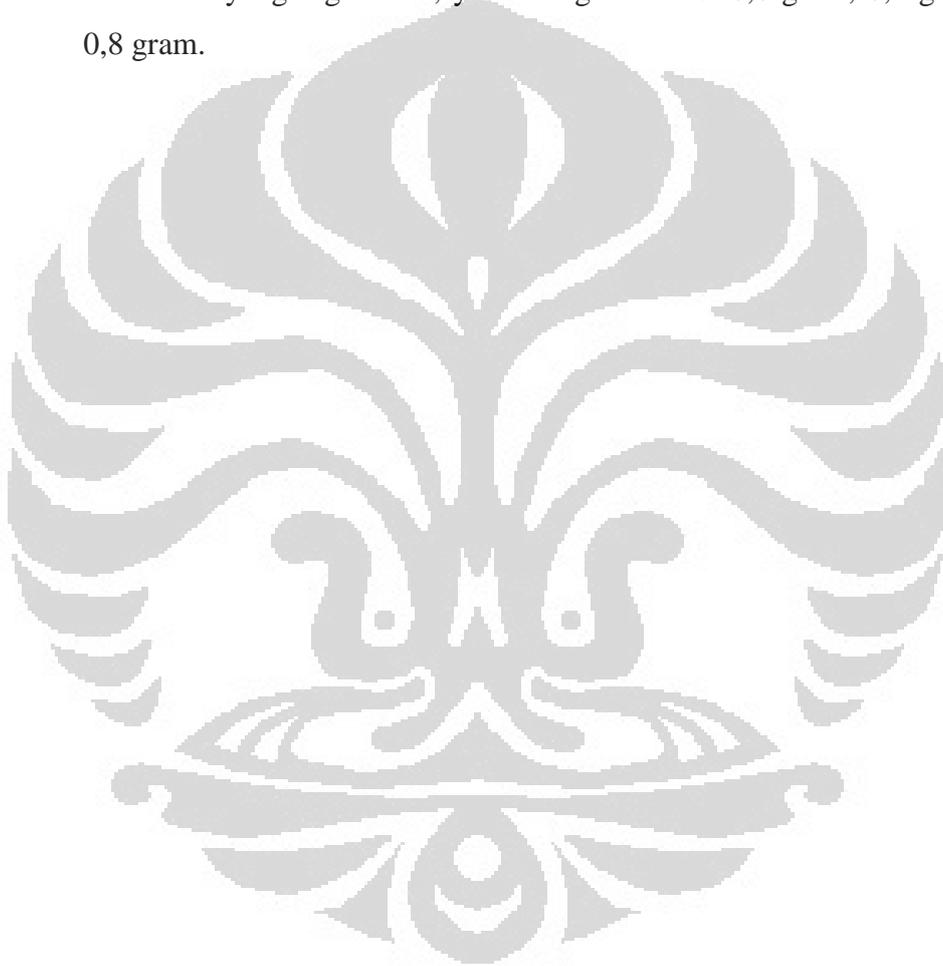
1. Kitosan
2. Polimetil metakrilat (PMMA)
3. Montmorillonite (Cloisite-10A)
4. Rhodamin-B
5. Aseton
6. Kertas saringan
7. Aquadest

3.3. Prosedur Penelitian

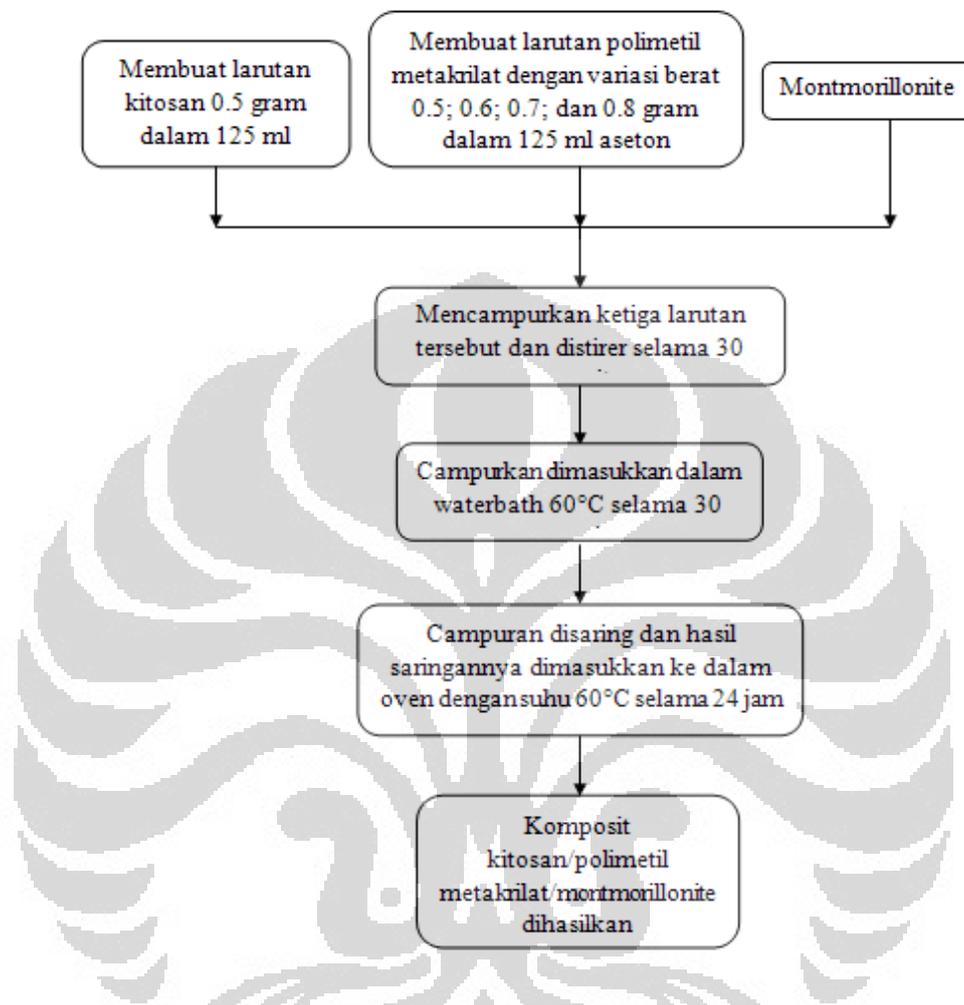
3.3.1. Sintesis Komposit Kitosan/Polimetil Metakrilat/Montmorillonite

- a. Membuat larutan kitosan dengan melarutkan 0,5 gram kitosan ke dalam 125 ml aquadest dan distirer selama 30 menit.
- b. Membuat larutan polimetil metakrilat dengan melarutkan 0,5 gram polimetil metakrilat ke dalam 125 ml aseton dan diaduk hingga terlarut semuanya.
- c. Mencampurkan larutan polimetil metakrilat ke dalam larutan kitosan serta menambahkan 0,5 gram montmorillonite ke dalam campuran tersebut.

- d. Campuran ketiga senyawa ini distirer selama 30 menit.
- e. Hasil pencampuran ketiga senyawa ini kemudian dimasukkan ke dalam *waterbath* dengan suhu 60°C selama 30 menit.
- f. Campuran disaring dan hasil saringannya dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 60°C selama 24 jam.
- g. Komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite dihasilkan.
- h. Mengulangi percobaan di atas dengan perbedaan jumlah polimetil metakrilat yang digunakan, yaitu dengan variasi 0,6 gram, 0,7 gram, dan 0,8 gram.



Berikut ini adalah diagram alir cara mensintesis komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite:



Gambar 3. 2. Diagram Alir Mensintesis Komposit Kitosan/Polimetil Metakrilat/Montmorillonite

3.3.2. Karakterisasi Komposit Kitosan/ Polimetil Metakrilat/ Montmorillonite

Pada penelitian ini, zat-zat yang dikarakterisasi terdiri dari polimer kitosan, polimetil metakrilat, montmorillonite, serta komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite yang telah disintesis. Karakterisasi dari adsorben-adsorben ini menggunakan alat *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), yang berfungsi untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada

polimer kitosan, polimetil metakrilat, montmorillonite, serta pada komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite tersebut.

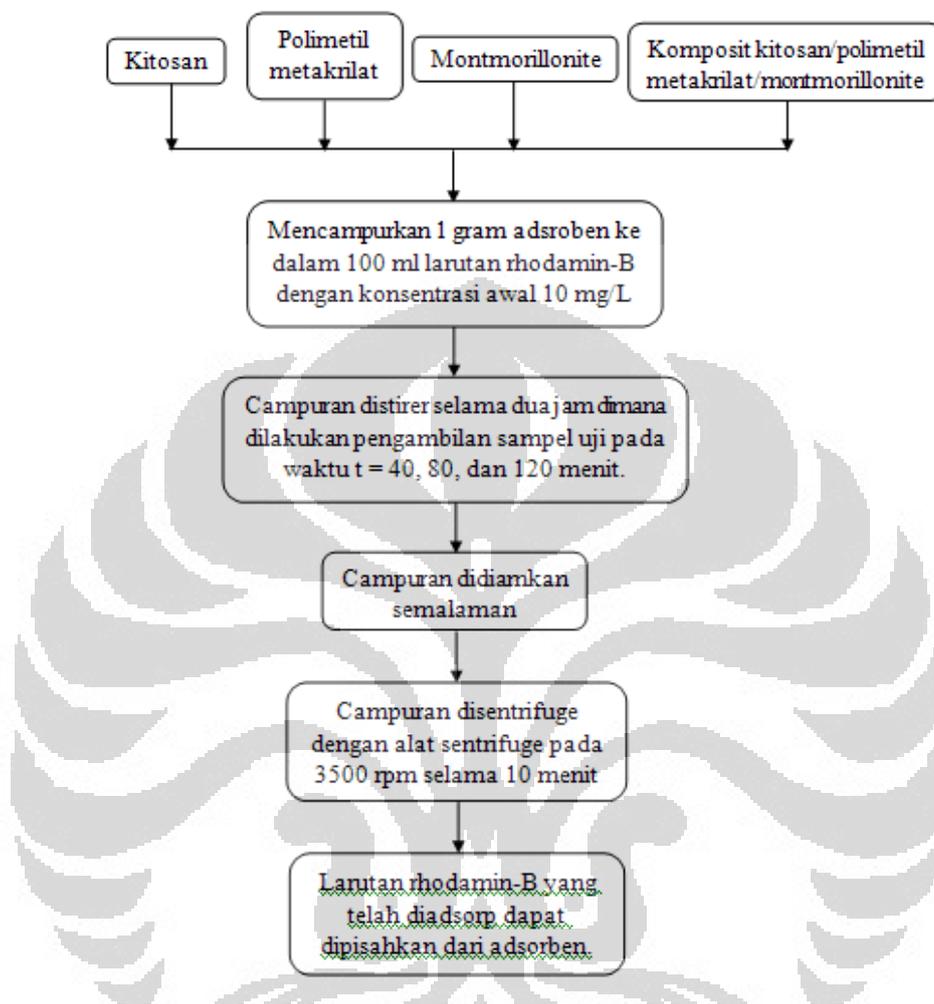
3.3.3. Pembuatan Kurva Standar Larutan Rhodamin-B

Pembuatan kurva standar larutan rhodamin-B ini dilakukan dengan memasukkan sejumlah rhodamin-B serbuk ke dalam gelas ukur dengan variasi berat yaitu 1,2 mg, 1,0 mg, 0,8 mg, 0,6 mg, 0,4 mg, dan 0,2 mg. Gelas ukur yang berisi rhodamin-B ini kemudian dilarutkan dengan aquadest masing-masing sebanyak 100 ml, sehingga menghasilkan enam larutan rhodamin-B dengan konsentrasi 12 mg/L, 10 mg/L, 8 mg/L, 6 mg/L, 4 mg/L, dan 2 mg/L. Keenam larutan rhodamin-B untuk kurva standar ini diukur nilai absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer sinar tampak pada panjang gelombang 554 nm.

3.3.4. Uji Adsorpsi Komposit Kitosan/ Polimetil Metakrilat/ Montmorillonite terhadap Zat Warna Rhodamin-B.

- a. Membuat larutan rhodamin-B dengan konsentrasi awal 10 mg/L.
- b. Memasukkan 1 gram adsorben ke dalam 100 ml larutan rhodamin-B.
- c. Campuran adsorben dan larutan rhodamin-B distirer selama dua jam dimana setiap 40 menit dilakukan pengambilan sampel uji.
- d. Kemudian campuran didiamkan semalaman.
- e. Campuran disentrifuge dengan alat sentrifuge pada kecepatan 3500 rpm selama 10 menit.
- f. Larutan rhodamin-B yang telah diadsorp dapat dipisahkan dari adsorben.

Berikut adalah diagram alir untuk menguji adsorpsi komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite terhadap zat warna rhodamin-B:



Gambar 3. 3. Diagram Alir Menguji Adsorpsi Komposit Kitosan/Polimetil Metakrilat/Montmorillonite terhadap Zat Warna Rhodamin-B

3.3.5. Menentukan Nilai Absorbansi dan Konsentrasi Larutan Rhodamin-B dengan Menggunakan Alat Spektrofotometer Sinar Tampak.

Larutan rhodamin-B yang telah diadsorp oleh adsorben akan diukur nilai absorbansi dan konsentrasinya dengan menggunakan alat spektrofotometer sinar tampak. Panjang gelombang yang digunakan yaitu 554 nm, yang merupakan panjang gelombang maksimum untuk larutan rhodamin-B.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan disajikan mengenai data-data hasil penelitian beserta pembahasan data tersebut meliputi sintesis komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite, karakterisasi komposit tersebut, serta hasil uji adsorpsi komposit tersebut terhadap zat warna.

4.1. Sintesis Komposit Kitosan/Polimetil Metakrilat/Montmorillonite.

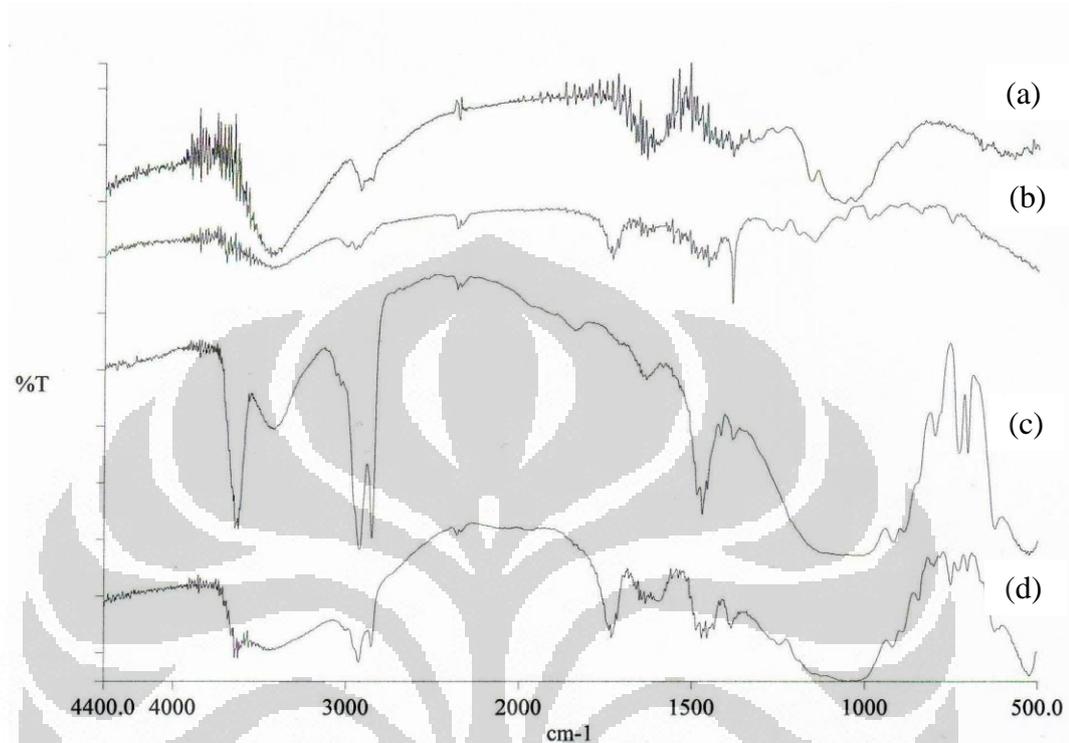
Komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite disintesis dengan cara mencampurkan polimer kitosan, polimer polimetil metakrilat, dan *clay* montmorillonite dalam satu wadah. Pencampuran ketiga senyawa ini menggunakan metode interkalasi dalam larutan (*solution induced intercalation*). Polimer kitosan dan polimer polimetil metakrilat yang digunakan, terlebih dahulu dilarutkan dalam pelarutnya masing-masing, yaitu berturut-turut aquadest dan aseton.

Pada pelarutan kitosan dengan aquadest, kitosan tersebut tidak larut, akan tetapi membentuk *swelling* (mengembang). Perlakuan ini sama dengan perlakuan *clay* montmorillonite yang dicampur dengan aquadest yang juga membentuk *swelling* agar volume pencampuran dengan polimer polimetil metakrilat lebih tinggi. Kitosan dan montmorillonite ini didispersikan dalam larutan polimetil metakrilat dengan bantuan alat *magnetic stirrer* agar pendispersiannya lebih baik.

Setelah proses pendispersian tersebut, hasil pencampuran ketiga senyawa ini diuapkan berturut-turut dalam *waterbath* dan oven untuk menguapkan pelarut aseton dan aquadest yang digunakan. Dari proses penguapan ini, maka dihasilkan komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite. Berikut adalah gambar ilustrasi pembentukan komposit kitosan/polimetil metakrilat/cloisite-10A.

4.2. Karakterisasi komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite.

4.2.1. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*



Gambar 4. 2. Spektrum Infra Merah dari: (a) Kitosan, (b) Polimetil Metakrilat, (c) Cloisite-10A, dan (d) Komposit Kitosan/Polimetil Metakrilat/Cloisite-10A

Spektrum kitosan (a) menunjukkan peak pada 3436 cm^{-1} yang disebabkan tumpang tindihnya regangan O-H dan N-H. Pita pada 2921 cm^{-1} menunjukkan regangan C-H alifatik, pita pada 1639 cm^{-1} menunjukkan tekukan N-H, pita pada 1421 dan 1382 cm^{-1} menunjukkan tekukan C-H, serta pita pada 1151 dan 1087 cm^{-1} menunjukkan regangan C-O. Untuk spektrum polimetil metakrilat (b), peak yang tajam ditemukan pada 1735 cm^{-1} , yang menunjukkan vibrasi regangan karbonil ester.

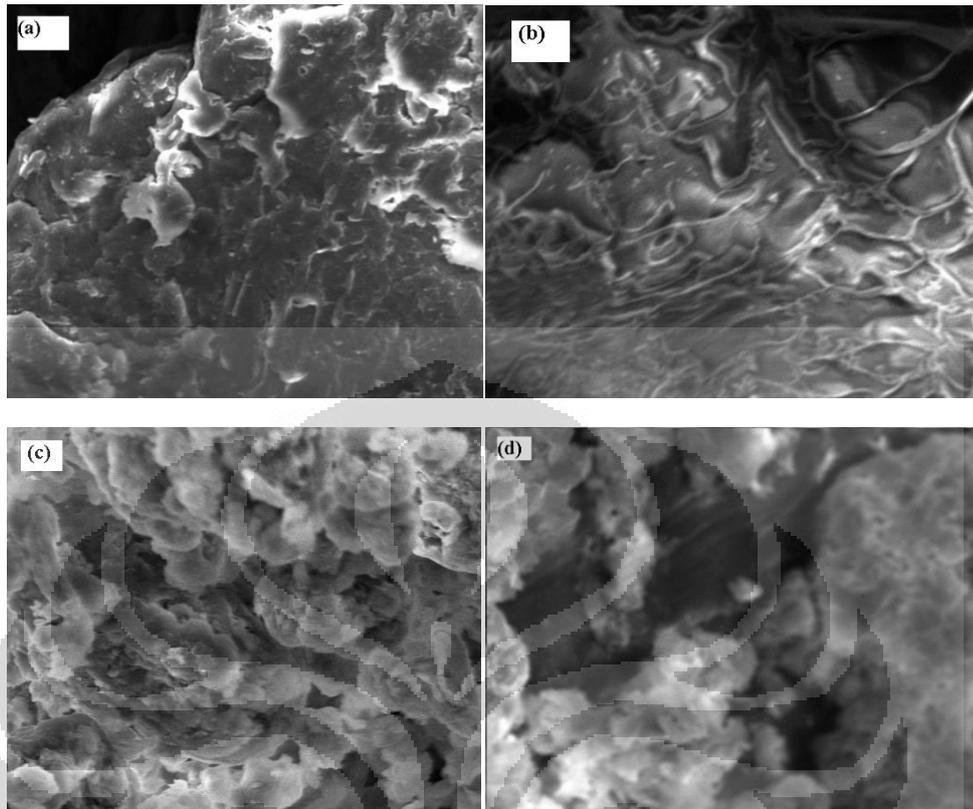
Spektrum cloisite-10A (c) menunjukkan pita karakteristik pada 3630 cm^{-1} yang disebabkan regangan O-H, 1638 cm^{-1} yang disebabkan tekukan H-O-H, 1000 dan 1113 cm^{-1} yang disebabkan regangan Si-O, 916 dan 619 cm^{-1} yang disebabkan Al-OH, 883 dan 797 yang disebabkan mode vibrasi (Al, Mg)-OH. Pada cloisite-10A ini, terjadi pertukaran kation anorganik pada montmorillonite dengan muatan positif gugus lemak dari garam ammonium kartener. Kation

organik ini memiliki energi permukaan yang lebih rendah dan penurunan energi kohesi oleh perluasan jarak interlayer, sehingga memudahkan *intercalation* polimer. Selain itu, kation organik ini dapat mengandung bermacam-macam gugus fungsional yang bereaksi dengan polimer untuk meningkatkan pelekatan antarpermukaan antara lapisan *clay* dengan matriks polimer. Jadi pertukaran kation ini menghasilkan peningkatan intensitas pita sepanjang 3600-3200 cm^{-1} yang menggambarkan peningkatan ikatan hidrogen antara kisi-kisi hidroksil dan gugus organik.

Pada spektrum komposit kitosan/polimetil metakrilat/cloisite-10A (d), terdapat peak yang luas sekitar 3431 cm^{-1} yang disebabkan oleh vibrasi regangan dari pita N-H dan O-H serta pita pada 1639 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi tekukan N-H. Hal ini menandakan adanya senyawa kitosan pada komposit tersebut. Pada spektrum komposit kitosan/polimetil metakrilat/cloisite-10A ini juga terdapat peak pada 1735 cm^{-1} yang disebabkan oleh vibrasi regangan karbonil ester. Peak ini menandakan bahwa pada komposit ini juga mengandung senyawa polimetil metakrilat.

Spektrum komposit kitosan/polimetil metakrilat/cloisite-10A ini juga menunjukkan pita karakteristik pada 3630 cm^{-1} yang disebabkan regangan O-H, 1638 cm^{-1} yang disebabkan tekukan H-O-H, 1000 dan 1113 cm^{-1} yang disebabkan regangan Si-O, 916 dan 619 cm^{-1} yang disebabkan Al-OH, 883 dan 797 yang disebabkan mode vibrasi (Al, Mg)-OH. Keseluruhan pita ini menunjukkan bahwa senyawa cloisite-10A juga terdapat pada komposit kitosan/polimetil metakrilat/cloisite-10A ini.

4.2.2. Scanning Electron Microscope (SEM)



Gambar 4. 3. Hasil SEM Perbesaran 1500x dari: (a) Kitosan, (b) Polimetil Metakrilat, (c) Cloisite-10A, dan (d) Komposit kitosan/polimetil metakrilat/cloisite-10A

Morfologi permukaan dari kitosan, polimetil metakrilat, cloisite-10 A, dan komposit kitosan/polimetil metakrilat/cloisite-10A diamati dengan menggunakan alat *scanning electron microscopy* (SEM). Gambar keempat adsorben tersebut berturut-turut ditunjukkan pada gambar 4.3 (a), (b), (c), dan (d). Gambar SEM dari komposit kitosan/polimetil metakrilat/cloisite-10A menunjukkan dua fasa yang berbeda. Hal ini mengidentifikasi terbentuknya komposit yang heterogen, yang terdiri dari senyawa *clay* dan polimer.

4.3. Pembuatan kurva standar larutan rhodamin-B.

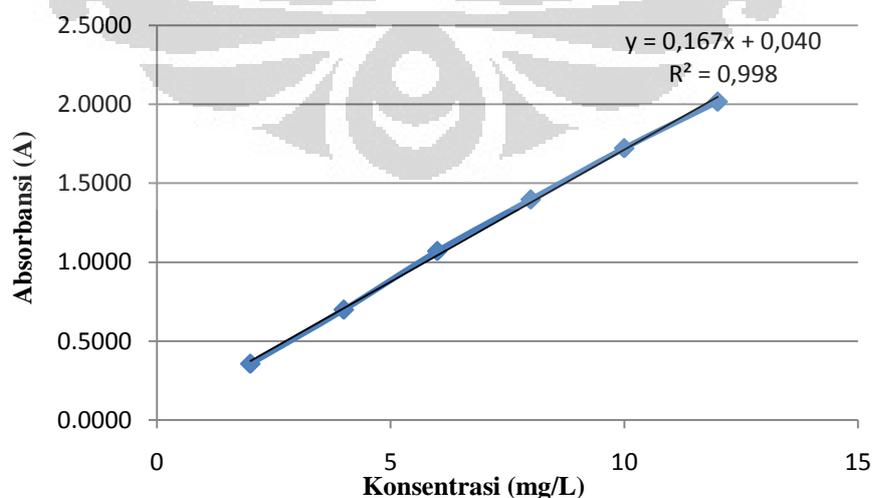
Pembuatan kurva standar larutan rhodamin-B ini dilakukan dengan memasukkan sejumlah rhodamin-B serbuk ke dalam gelas ukur dengan variasi berat yaitu 1,2 mg, 1,0 mg, 0,8 mg, 0,6 mg, 0,4 mg, dan 0,2 mg. Gelas ukur yang berisi rhodamin-B ini kemudian dilarutkan dengan aquadest masing-masing sebanyak 100 ml, sehingga menghasilkan enam larutan rhodamin-B dengan

konsentrasi 12 mg/L, 10 mg/L, 8 mg/L, 6 mg/L, 4 mg/L, dan 2 mg/L. Keenam larutan rhodamin-B ini kemudian diukur absorbansinya dengan menggunakan alat spektrofotometer sinar tampak. Panjang gelombang sinar tampak yang digunakan adalah pada 554 nm, yang merupakan panjang gelombang maksimum untuk larutan rhodamin-B. Data absorbansi larutan rhodamin-B pada berbagai variasi konsentrasi ditunjukkan pada tabel 4.1

Tabel 4. 1. Data Absorbansi dan Konsentrasi Rhodamin-B untuk Kurva Standar Kalibrasi

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi (A)			Absorbansi rata-rata (A)
12	2,0000	2,0300	2,0200	2,0167
10	1,7100	1,7340	1,7220	1,7220
8	1,3850	1,4090	1,3970	1,3970
6	1,0650	1,0700	1,0750	1,0700
4	0,6980	0,7000	0,6990	0,6990
2	0,3630	0,3560	0,3490	0,3560

Dari data yang diperoleh dibuat persamaan regresi kurva standar rhodamin-B yang dinyatakan sebagai $y = ax + b$, dengan ketentuan y adalah absorbansi (A) dan x adalah konsentrasi larutan rhodamin-B (mg/L). Grafik konsentrasi larutan rhodamin-B terhadap absorbansi dapat dilihat pada Gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4. 4. Grafik Kurva Standar Kalibrasi Larutan Rhodamin-B

Dari gambar 4.4 diatas didapatkan persamaan regresi yang menghubungkan antara fungsi absorbansi dan konsentrasi. Persamaan regresi kurva standar dari larutan rhodamin-B yang telah dibuat ini, yaitu:

$$y = 0,167x + 0,040 \quad (4.1)$$

Persamaan regresi kurva standar ini kemudian akan digunakan untuk menentukan konsentrasi dari larutan rhodamin-B yang telah diadsorpsi oleh berbagai jenis adsorben.

4.4. Uji Adsorpsi Komposit Kitosan/Polimetil Metakrilat/Montmorillonite terhadap Zat Warna Rhodamin-B.

Komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite yang telah disintesis akan diuji kemampuan adsorpsinya terhadap zat warna rhodamin-B. Selain komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite yang telah disintesis tersebut, polimer kitosan, polimer polimetil metakrilat, serta *clay* montmorillonite juga akan diuji kemampuan adsorpsinya terhadap larutan rhodamin-B. Hal ini dilakukan untuk membandingkan dan membuktikan bahwa komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite yang telah disintesis ini memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi larutan rhodamin-B lebih tinggi dibandingkan dengan polimer kitosan, polimer polimetil metakrilat, serta *clay* montmorillonite independen.

Langkah pertama untuk menguji kemampuan adsorpsi keempat adsorben ini adalah membuat larutan rhodamin-B dengan konsentrasi awal 10 mg/L sebanyak 100 ml. Konsentrasi awal rhodamin-B sebesar 10 mg/L ini dipilih berdasarkan larutan kurva standar kalibrasi yang telah dibuat pada tahap penelitian sebelumnya. Konsentrasi awal larutan rhodamin-B ini harus berada pada rentang variasi konsentrasi dari larutan kurva standar kalibrasi tersebut. Hal ini dimaksudkan untuk mempermudah penentuan nilai absorbansi dan konsentrasi larutan rhodamin-B, baik sebelum maupun sesudah proses adsorpsi.

Langkah selanjutnya yaitu memasukkan masing-masing satu gram adsorben, baik komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite, polimer kitosan, polimer polimetil metakrilat, serta *clay* montmorillonite ke dalam 100 ml larutan rhodamin-B. Campuran adsorben dan larutan rhodamin-B ini kemudian

distirer selama dua jam dimana setiap 40 menit dilakukan pengambilan sampel uji. Pengambilan sampel uji setiap 40 menit ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh lama pengadukan terhadap persentase banyaknya zat warna rhodamin-B yang berhasil diadsorpsi.

Larutan sampel uji ini kemudian didiamkan semalaman agar adsorben yang digunakan untuk mengadsorpsi larutan rhodamin-B tersebut dapat turun dan mengendap di bagian bawah botol sampel. Hal ini dimaksudkan agar proses pemisahan antara adsorben dan larutan rhodamin-B lebih efektif. Hal ini karena pada saat dilakukannya pemisahan adsorben dari larutan rhodamin-B dengan menggunakan alat sentrifuge, adsorben yang harus dipisahkan menjadi lebih sedikit, karena sebagian besar adsorben tersebut telah mengendap di dasar botol sampel. Pemisahan dengan menggunakan alat sentrifuge ini dilakukan pada kecepatan 3500 rpm selama 10 menit. Dari proses pemisahan ini selanjutnya larutan rhodamin-B yang telah diadsorpsi akan diukur nilai absorbansi dan konsentrasinya dengan menggunakan alat spektrofotometer sinar tampak pada panjang gelombang 554 nm.

4.5. Menentukan Nilai Absorbansi dan Konsentrasi Larutan Rhodamin-B dengan Menggunakan Alat Spektrofotometer Sinar Tampak.

Pada tahapan penelitian ini, larutan rhodamin-B yang telah diadsorpsi oleh adsorben, baik oleh variasi komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite, polimer kitosan, polimer polimetil metakrilat, serta *clay* montmorillonite, akan diukur nilai absorbansi dan konsentrasinya dengan menggunakan alat spektrofotometer sinar tampak. Panjang gelombang sinar tampak yang digunakan adalah 554 nm, yang merupakan panjang gelombang maksimum untuk larutan rhodamin-B.

4.5.1. Perbandingan Kemampuan Adsorpsi Zat Warna Rhodamin-B oleh Adsorben dengan Variasi Jenis Adsorben yang Digunakan

Untuk tahap pertama, akan dilakukan pengukuran nilai absorbansi dan konsentrasi dari larutan rhodamin-B yang telah diadsorpsi oleh adsorben dengan variasi jenis adsorben yang digunakan. Variasi jenis adsorben tersebut terdiri dari

adsorben komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite, polimer kitosan, polimer polimetil metakrilat, serta *clay* montmorillonite. Adsorben komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite yang digunakan merupakan komposit-1, yang terdiri dari kitosan, polimetil metakrilat, dan montmorillonite dengan perbandingan berat 1:1:1 (w/w/w).

Berikut akan disajikan tabel hasil pengukuran nilai absorbansi dari larutan rhodamin-B yang telah diadsorpsi oleh keempat jenis adsorben pada waktu pengadukan 40, 80, dan 120 menit.

Tabel 4. 2. Perbandingan Nilai Absorbansi Rhodamin-B Setelah Diadsorpsi dengan Berbagai Jenis Adsorben

Waktu (menit)	Absorbansi (A)			
	Kitosan	PMMA	Montmorillonite	Komposit
40	1,2767	1,6720	0,3957	0,2203
80	1,2500	1,6333	0,3770	0,2070
120	1,2363	1,6157	0,3653	0,1807

Dari nilai absorbansi rata-rata yang didapatkan pada tabel 4.2 di atas, maka nilai konsentrasi larutan rhodamin-B yang telah diadsorpsi oleh keempat jenis adsorben dapat ditentukan. Penentuan nilai konsentrasi larutan rhodamin-B ini dihitung dengan bantuan persamaan 4.1, dimana y adalah absorbansi (A) dan x adalah konsentrasi (mg/L).

Dengan memasukkan nilai absorbansi rata-rata ke dalam variabel y dari persamaan di atas, maka akan didapatkan nilai variabel x , yaitu nilai konsentrasi larutan rhodamin-B. Berikut adalah tabel yang menyajikan nilai konsentrasi dari larutan rhodamin-B yang telah diadsorpsi oleh keempat jenis adsorben, yaitu oleh polimer kitosan, polimer polimetil metakrilat, *clay* montmorillonite, dan komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite.

Tabel 4. 3. Perbandingan Nilai Konsentrasi Rhodamin-B Setelah Diadsorpsi dengan Berbagai Jenis Adsorben

Waktu (menit)	Konsentrasi (mg/L)			
	Kitosan	PMMA	Montmorillonite	Komposit
0	10	10	10	10
40	7,4052	9,7725	2,1297	1,0798
80	7,2455	9,5409	2,0180	1,0000
120	7,1637	9,4351	1,9481	0,8423

Berdasarkan nilai konsentrasi yang didapatkan dari persamaan regresi kurva standar kalibrasi tersebut, kita dapat menghitung persentase banyaknya zat warna rhodamin-B yang berhasil teradsorpsi pada rentang waktu 40 menit, 80 menit, dan 120 menit. Persentase penjerapan zat warna (%) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\% Ad = \frac{C_0 - C_i}{C_0} \times 100 \% \quad (4.2)$$

dimana: %Ad = persentase penjerapan zat warna

C_0 = konsentrasi awal zat warna

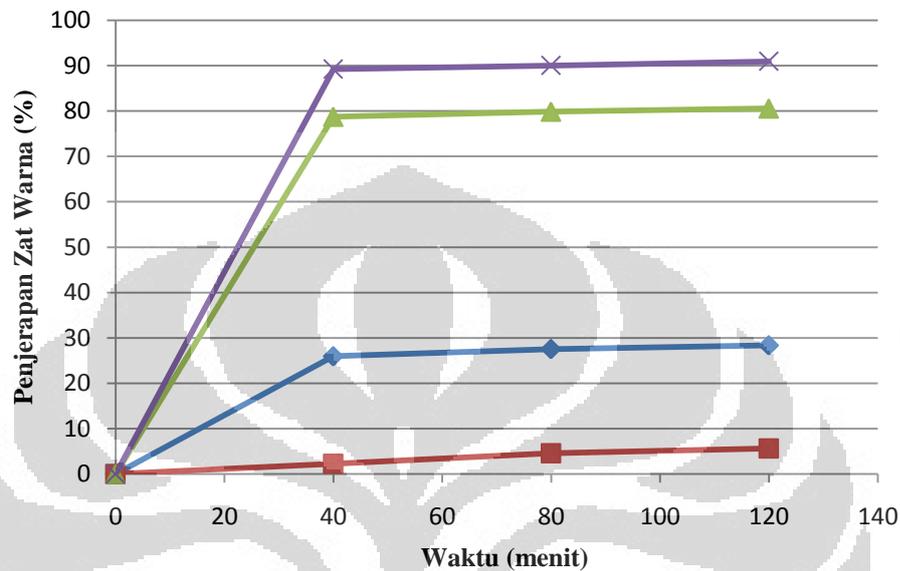
C_i = konsentrasi zat warna pada waktu i .

Dengan menggunakan persamaan di atas, maka kita dapat menghitung persentase penjerapan zat warna pada tiap rentang waktu yang diberikan. Berikut tabel yang menyajikan persentase penjerapan zat warna untuk tiap jenis adsorben yang digunakan.

Tabel 4. 4. Perbandingan Nilai Persentase Penjerapan Zat Warna Rhodamin-B Setelah Diadsorpsi dengan Berbagai Jenis Adsorben

Waktu (menit)	Persentase penjerapan zat warna (%)			
	Kitosan	PMMA	Montmorillonite	Komposit
0	0	0	0	0
40	25,95	2,28	78,70	89,20
80	27,54	4,59	79,82	90,00
120	28,36	5,65	80,52	91,58

Dari data tabel di atas maka dapat dibuat grafik yang menunjukkan hubungan antara lama waktu pengadukan terhadap persentase penjerapan zat warna yang dapat dihasilkan. Dari grafik ini juga dapat dilihat perbandingan persentase penjerapan zat warna yang dihasilkan dari tiap-tiap jenis adsorben yang digunakan.



Gambar 4. 5. Grafik Adsorpsi dari Variasi Jenis Adsorben: (—) Polimetil Metakrilat, (—) Kitosan, (—) Clay Meontmorillonite, dan (—) Komposit

Dari gambar 4.5 di atas dapat diketahui bahwa adsorben yang paling efektif untuk mengadsorpsi zat warna rhodamin-B adalah adsorben komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite. Persentase penjerapan zat warna rhodamin-B oleh komposit ini bahkan mencapai 89.20% pada waktu pengadukan selama 40 menit, 90% pada waktu pengadukan selama 80 menit, serta 90.92% pada waktu pengadukan selama 120 menit. Dari grafik tersebut juga dapat diketahui bahwa perbandingan kemampuan dari tiap jenis adsorben untuk mengadsorpsi zat warna rhodamin-B adalah komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite > clay montmorillonite > polimer kitosan > polimer polimetil metakrilat.

Kemampuan komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite untuk mengadsorpsi zat warna sangat dipengaruhi oleh keberadaan montmorillonite (cloisite-10A) dalam komposit tersebut. Hal ini dapat dilihat dari persentase penjerapan zat warna komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite yang tidak terlalu berbeda jauh dengan clay montmorillonite tersebut. Hal ini

dikarenakan pada komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite dan *clay* montmorillonite terdapat ion bermuatan negatif yang berperan untuk mengikat muatan positif yang terdapat pada senyawa rhodamin-B. Adanya ikatan antara muatan negatif pada adsorben dengan muatan positif pada zat warna kationik inilah yang menyebabkan terjadinya proses adsorpsi.

Kemampuan adsorpsi komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite yang lebih tinggi dibandingkan dengan *clay* montmorillonite, disebabkan karena adanya kitosan di dalam komposit tersebut. Untuk kitosan, kemampuan senyawa ini untuk mengadsorpsi zat warna tidak disebabkan oleh adanya muatan negatif pada kitosan tersebut, tetapi lebih kepada pengaruh sifat kitosan yang merupakan senyawa organik. Rhodamin-B termasuk golongan zat warna organik, sehingga dapat diadsorpsi oleh kitosan.

4.5.2. Perbandingan Kemampuan Adsorpsi Zat Warna Rhodamin-B oleh Komposit dengan Variasi Komposisi Komposit yang Digunakan

Untuk tahap kedua, akan dilakukan pengukuran nilai absorbansi dan konsentrasi dari larutan rhodamin-B yang telah diadsorpsi oleh komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite dengan variasi komposisi komposit yang digunakan. Berikut akan disajikan berturut-turut tabel komposisi dari keempat variasi komposit serta tabel hasil pengukuran nilai absorbansi dari larutan rhodamin-B yang telah diadsorpsi oleh komposit tersebut pada waktu pengadukan 40, 80, dan 120 menit.

Tabel 4. 5. Tabel Komposisi dari Variasi Komposit

Variasi Komposit (w/w/w)	Kitosan	PMMA	Montmorillonite
Komposit-1	1	1	1
Komposit-2	1	1,2	1
Komposit-3	1	1,4	1
Komposit-3	1	1,6	1

Tabel 4. 6. Perbandingan Nilai Absorbansi Rhodamin-B Setelah Diadsorpsi dengan Berbagai Komposisi Komposit

Waktu (menit)	Absorbansi (A)			
	Komposit-1	Komposit-2	Komposit-3	Komposit-4
40	0,2203	0,2193	0,2163	0,2150
80	0,2070	0,2047	0,1937	0,1857
120	0,1917	0,1883	0,1793	0,1737

Dari nilai absorbansi rata-rata yang didapatkan pada tabel 4.6 di atas, maka nilai konsentrasi larutan rhodamin-B yang telah diadsorpsi oleh berbagai komposisi komposit dapat ditentukan. Penentuan nilai konsentrasi larutan rhodamin-B ini dihitung juga dengan bantuan persamaan regresi yang didapatkan dari kurva standar kalibrasi larutan rhodamin-B pada tahapan penelitian sebelumnya. Persamaan regresi kurva standar dari larutan rhodamin-B yang telah dibuat tersebut sesuai dengan persamaan (4.1).

Berikut adalah tabel yang menyajikan nilai konsentrasi dari larutan rhodamin-B yang telah diadsorpsi oleh berbagai komposisi komposit, yaitu oleh komposit-1, komposit-2, komposit-3, dan komposit-4.

Tabel 4. 7. Perbandingan Nilai Konsentrasi Rhodamin-B Setelah Diadsorpsi dengan Berbagai Komposisi Komposit

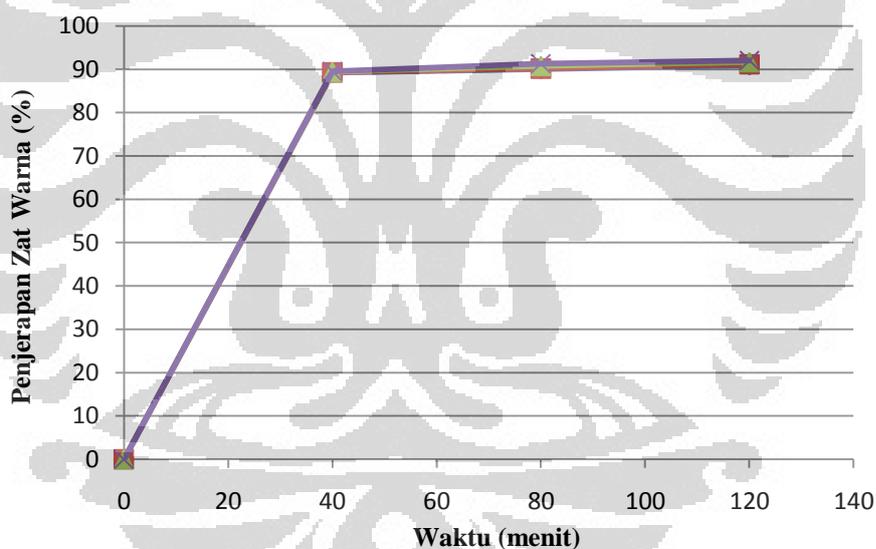
Waktu (menit)	Konsentrasi (mg/L)			
	Komposit-1	Komposit-2	Komposit-3	Komposit-4
0	10	10	10	10
40	1,0798	1,0739	1,0559	1,0479
80	1,0000	0,9860	0,9202	0,8723
90	0,9082	0,8882	0,8343	0,8004

Berdasarkan nilai konsentrasi yang didapatkan dari persamaan regresi kurva standar kalibrasi tersebut, kita dapat menghitung persentase banyaknya zat warna rhodamin-B yang berhasil teradsorpsi pada rentang waktu 40 menit, 80 menit, dan 120 menit. Persentase penjerapan zat warna (%) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4.2). Berikut tabel yang menyajikan persentase penjerapan zat warna untuk tiap komposit yang digunakan.

Tabel 4. 8. Perbandingan Nilai Persentase Penjerapan Zat Warna Rhodamin-B Setelah Diadsorpsi dengan Berbagai Komposisi Komposit

Waktu (menit)	Persentase penjerapan zat warna (%)			
	Komposit-1	Komposit-2	Komposit-3	Komposit-4
0	0	0	0	0
40	89,20	89,26	89,44	89,52
80	90,00	90,14	90,80	91,28
120	90,92	91,12	91,66	92,00

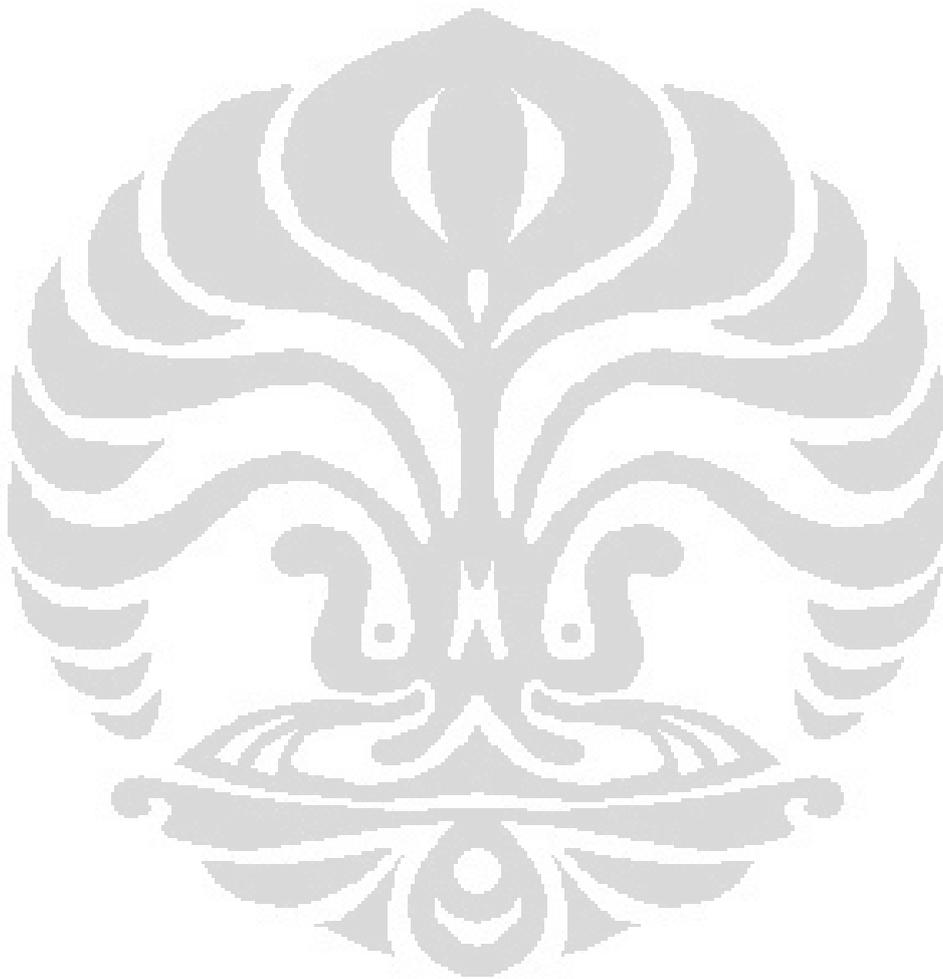
Dari data tabel di atas maka dapat dibuat grafik yang menunjukkan hubungan antara lama waktu pengadukan terhadap persentase penjerapan zat warna yang dapat dihasilkan. Dari grafik ini juga dapat dilihat perbandingan persentase penjerapan zat warna yang dihasilkan dari tiap-tiap komposit yang digunakan.



Gambar 4. 6. Grafik Adsorpsi dari Variasi Komposisi Komposit: (—) Komposit-1, (—) Komposit-2, (—) Komposit-3, dan (—) Komposit-4

Dari gambar 4.6 di atas dapat diketahui bahwa variasi komposisi komposit yang dilakukan, tidak memiliki pengaruh yang besar terhadap kemampuan komposit tersebut untuk mengadsorpsi zat warna rhodamin-B. Hal ini dikarenakan, pada tahap penelitian ini, yang menjadi variabel bebas dari variasi komposisi komposit ini adalah banyaknya polimetil metakrilat yang ditambahkan untuk pembentukan komposit kitosan/polimetil metakrilat/ montmorillonite ini. Mengacu pada tahap penelitian sebelumnya, bahwa polimetil metakrilat bukan

merupakan senyawa yang efektif untuk mengadsorpsi zat warna rhodamin-B, mengidentifikasi bahwa variasi komposisi komposit ini memang tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan komposit tersebut untuk mengadsorpsi zat warna rhodamin-B ini. Pada komposit ini, polimetil metakrilat lebih berperan sebagai polimer yang menyediakan matriks bagi *clay* montmorillonite agar terbentuk komposit yang dapat digunakan untuk mengadsorpsi zat warna rhodamin-B dalam proses batch.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5. 1. Kesimpulan

1. Pencampuran polimer kitosan, polimetil metakrilat, dan *clay* montmorillonite dengan metode interkalasi dalam larutan (*solution induced intercalation*) dapat menghasilkan komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite.
2. Komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite yang terbentuk memiliki kemampuan adsorpsi zat warna rhodamin-B lebih besar dibandingkan dengan polimer kitosan, polimer polimetil metakrilat, dan *clay* montmorillonite independen.
3. Banyaknya jumlah polimetil metakrilat yang ditambahkan ke dalam komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite tidak berpengaruh terhadap kemampuan komposit tersebut untuk mengadsorpsi zat warna rhodamin-B. Hal ini menunjukkan bahwa polimetil metakrilat hanya berperan sebagai polimer yang menyediakan matriks bagi *clay* montmorillonite agar dapat terbentuk komposit.

5. 2. Saran

1. Melakukan penelitian lanjutan untuk menguji kemampuan adsorpsi komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite terhadap larutan rhodamin-B pada proses *continuous*.
2. Melakukan uji karakterisasi lainnya untuk mengetahui sifat fisika dan sifat kimia dari komposit kitosan/polimetil metakrilat/montmorillonite, seperti sifat mekanik dan stabilitas termalnya, serta perbandingannya dengan polimer kitosan, polimetil metakrilat, dan *clay* montmorillonite independen.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiar, R.G., *Adsorpsi gas NO₂ pada zeolit alam teraktifasi untuk aplikasi masker pernafasan*. Skripsi Jurusan Teknik Kimia Universitas Indonesia. 2011.
- Balakrishnan, Harintharavimal, *Mechanical, thermal and morphological properties of montmorillonite filled linear low density polyethylene-toughened polylactic acid nanocomposites*. Thesis Universiti Teknologi Malaysia. 2010.
- Chang, Min-Yun, Ruey-Shin Juang, *Adsorption of tannic acid, humic acid, and dyes from water using the composite of chitosan and activated clay*. Journal of Colloid and Interface Science, 2004. **278**: p. 18–25.
- Chrissafis K., Bikiaris, D., *Can nanoparticles really enhance thermal stability of polymers? Part I: An overview on thermal decomposition of addition polymers*. Thermochimica Acta, 2011. **523**: p. 1– 24.
- Crini, Gregorio, Frederic Gimbert, Capucine Robert, Bernard Martel, Olivier Adam, Nadia Morin-Crini, Francois De Giorgi, Pierre-Marie Badot, *The removal of Basic Blue 3 from aqueous solutions by chitosan-based adsorbent: Batch studies*. Journal of Hazardous Materials, 2008. **153**: p. 96–106.
- Elemen, Seniha, Emriye Perrin Akcakoca Kumbasar, Saadet Yapar, *Modeling the adsorption of textile dye on organoclay using an artificial neural network*. Dyes and Pigments, 2012. **95**: p. 102-111.
- Gecol, Hatice, Parfait Miakatsindila, Erdogan Ergican, Sage R. Hiibel, *Biopolymer coated clay particles for the adsorption of tungsten from water*. Desalination, 2006. **197**: p. 165-178.
- Huang, Xiao-Yi, Huai-Tian Bu, Gang-Biao Jiang, Ming-Hua Zeng, *Cross-linked succinyl chitosan as an adsorbent for the removal of Methylene Blue from aqueous solution*. International Journal of Biological Macromolecules, 2011. **49**: p. 643– 651.

- Jain, Rajeev, Megha Mathur, Shalini Sikarwar, Alok Mittal, *Removal of the hazardous dye rhodamine B through photocatalytic and adsorption treatments*. Journal of Environmental Management, 2007. **85**: p. 956-964.
- Jash, P., Wilkie, C.A., *Effects of surfactants on the thermal and fire properties of poly(methyl methacrylate)/clay nanocomposites*. Polymer Degradation and Stability, 2005. **88**: p. 401-406.
- Kittinaovarat, Siriwan, Panida Kansomwan, Nantana Jiratumnukul, *Chitosan/modified montmorillonite beads and adsorption Reactive Red 120*. Applied Clay Science, 2010. **48**: p. 87-91.
- Klika, Z., H. Weissmannova, P. Capkova, M. Pospisil, *The rhodamine B intercalation of montmorillonite*. Journal of Colloid and Interface Science, 2004. **275**: p. 243-250.
- Konaganti, V.K., Ramanjaneyulu Kota, Satish Patil, Giridhar Madras, *Adsorption of anionic dyes on chitosan grafted poly(alkyl methacrylate)s*. Chemical Engineering Journal, 2010. **158**: p. 393-401.
- Kredatusova, Jana, Brozek J., *Preparation of clay mineral polymer nanocomposites by adsorption in solution*. Applied Clay Science, 2012. **62-63**: p. 94-100.
- Kuntoro, M.G.A., *Uji kapasitas adsorpsi gas karbon monoksida (CO) menggunakan zeolit alam Lampung termodifikasi dengan TiO₂ melalui metode sol gel*. Skripsi Jurusan Teknik Kimia Universitas Indonesia. 2011.
- Kurita, K., *Controlled functionalization of the polysaccharide chitin*. Prog. Polym. Sci., 2001. **26**: p. 1921-1971.
- Lee, Duck Weon, et al., *Advances in chitosan material and its hybrid derivatives: A review*. The Open Biomaterials Journal, 2009. **1**: p. 10-20.
- Li, Xiaoli, Yanfeng Li, Sidi Zhang, Zhengfang Ye, *Preparation and characterization of new foam adsorbents of poly(vinyl alcohol)/chitosan composites and their removal for dye and heavy metal from aqueous solution*. Chemical Engineering Journal, 2012. **183**: p. 88- 97.
- Lim, J.W., *Development of layered silicates montmorillonite filled rubber toughened polypropylene nanocomposites*. Thesis Universiti Teknologi Malaysia. 2006.

- Lin, Ray-Yi, Bang-Shuo Chen, Guan-Liang Chen, Jeng-Yue Wu, Hsin-Cheng Chiu, Shing-Yi Suen, *Preparation of porous PMMA/Na⁺-montmorillonite cation-exchange membranes for cationic dye adsorption*. Journal of Membrane Science, 2009. **326**: p. 117–129.
- Lin, S.H., et al, *Adsorption of acid dye from water onto pristine and acid-activated clays in fixed beds*. Journal of Hazardous Materials, 2004. **113**: p. 195–200.
- Mabrouk, E., Mourad, B., *Efficiency of natural and acid-activated clays in the removal of Pb(II) from aqueous solutions*. Journal of Hazardous Materials, 2010. **178**: p. 753–757.
- Monvisade, Pathavuth, Punnama Siriphannon, *Chitosan intercalated montmorillonite: Preparation, characterization and cationic dye adsorption*. Applied Clay Science, 2009. **42**: p. 427–431.
- Moussavi, G., Mahmoudi, M., *Removal of azo and anthraquinone reactive dyes by using MgO nanoparticles*. Journal of Hazardous Materials, 2009. **168**: p. 806–812.
- Nesic, Aleksandra R., Sava J. Velickovic, Dusan G. Antonovic, *Characterization of chitosan/montmorillonite membranes as adsorbents for Bezactiv Orange V-3R dye*. Journal of Hazardous Materials, 2012.
- Ngah, W.S.W., L.C. Teong, M.A.K.M. Hanafiah, *Adsorption of dyes and heavy metal ions by chitosan composites: A review*. Carbohydrate Polymers, 2011. **83**: p. 1446-1456.
- No, H.K., Meyers, S.P., *Preparation and characterization of chitin and chitosan – A review*. Journal of Aquatic Food Product Technology, 1995. **48**: p. 993-999.
- Pandey, Sadanand, Shivani B. Mishra, *Organic-inorganic hybrid of chitosan/organoclay bionanocomposites for hexavalent chromium uptake*, Journal of Colloid and Interface Science, 2011. **361**: p. 509–520.
- Ray, S.S., Okamoto, M., *Polymer/layered silicate nanocomposites: A review from preparation to processing*. Progress Polymer Science, 2003. **28**: p. 1539-1641.

- Rosa, N.M., *Studi polimerisasi metil metakrilat pada admisel zeolit alam-hexadecyltrimethyl ammonium bromide dan aplikasinya sebagai adsorben pigment red*. Skripsi Jurusan Teknik Kimia Universitas Indonesia. 2005.
- Rosa, Sirlei, Mauro C.M. Laranjeira, Humberto G. Riela, Valfredo T. Favere, *Cross-linked quaternary chitosan as an adsorbent for the removal of the reactive dye from aqueous solutions*. Journal of Hazardous Materials, 2008. **155**: p. 253–260.
- Sahoo, Prafulla K., Samal Ramakanta, *Fire retardancy and biodegradability of poly(methyl methacrylate)/ montmorillonite nanocomposite*. Polymer Degradation and Stability, 2007. **92**: p. 1700-1707.
- Selvam, P.P., S. Preethi, P. Basakaralingam, N. Thinakaran, A. Sivasamy, S. Sivanesan, *Removal of rhodamine B from aqueous solution by adsorption onto sodium montmorillonite*. Journal of Hazardous Materials, 2008. **155**: p. 39-44.
- Setiangrum, Virleenda M., *Peningkatan fluoresensi pada komposit europium trietilena glikol pikrat/polimetilmetakrilat untuk aplikasi fotosensor*. Skripsi Jurusan Teknik Kimia Universitas Indonesia. 2011.
- Silva, Adriana A., Karim Dahmouche, Bluma G. Soares, *The effect of addition of acrylic acid and thioglycolic acid on the nanostructure and thermal stability of PMMA–montmorillonite nanocomposites*. Applied Clay Science, 2010. **47**: p. 414–420.
- Singh, V., A.K. Sharma, D.N. Tripathi, R. Sanghi, *Poly(methyl methacrylate) grafted chitosan: an efficient adsorbent for anionic dyes*. J. Hazard. Mater., 2009. **161**: p. 955–966.
- Inbaraj, B.S. C.P. Chiu, G.H. Ho, J. Yang, B.H. Chen, *Removal of cationic dyes from aqueous solution using an anionic poly- γ -glutamic acid-based adsorbent*. Journal of Hazardous Materials., 2006. **137**(1): p. 226–234.
- Suraputra, Reza, *Adsorpsi gas karbon monoksida (CO) dan penjernihan asap kebakaran menggunakan zeolit alam lampung termodifikasi TiO₂*. Skripsi Jurusan Teknik Kimia Universitas Indonesia. 2011.

- Susilowati, Diah, *Uji kinerja alat penangkap nyamuk dan purifikasi udara berbasis TiO₂ dan zeolit alam Lampung*. Skripsi Jurusan Teknik Kimia Universitas Indonesia. 2009.
- Taleb, Manal F.A., Dalia E. Hegazy, Sahar A. Ismail, *Radiation synthesis characterization and dye adsorption of alginate-organophilic montmorillonite nanocomposite*. Carbohydrate Polymers, 2012. **87**: p. 2263-2269.
- Tsai, Tsung-Yen, Mei-Ju Lin, Ching-Wen Chang, Chen-Chi Li, *Morphology and properties of poly(methyl methacrylate)/clay nanocomposites by in-situ solution polymerization*. Journal of Physics and Chemistry of Solids, 2010. **71**: p. 590–594.
- van Oss, C.J., Giese, R.F., *Surface modification of clays and related materials*. J. Dispers. Sci. Technol, 2003. **24**: p. 363–376.
- Wang, Li, Wang Aiqin, *Adsorption characteristics of Congo Red onto the chitosan/montmorillonite nanocomposite*. Journal of Hazardous Materials, 2007. **147**: p. 979–985.
- Widhianti, Wahyu Dwi, *Pembuatan arang aktif dari biji kapuk (Ceiba pentandra L.) sebagai adsorben zat warna rhodamin B*. Skripsi Departemen Kimia Universitas Airlangga. 2010.
- Yu, Jun-Xia, Bu-Hai Li, Xiao-Mei Sun, Jun Yuan, Ru-an Chi, *Polymer modified biomass of baker's yeast for enhancement adsorption of methylene blue, rhodamine B and basic magenta*. Journal of Hazardous Materials, 2009. **168**: p. 1147–1154.
- Zheng, Xiaoxia, David D. Jiang, Charles A. Wilkie, *Methyl methacrylate oligomerically-modified clay and its poly(methyl methacrylate) nanocomposites*. Thermochimica Acta, 2005. **435**: p. 202–208.

LAMPIRAN

Lampiran A. Tabel-Tabel

Tabel 1. Nilai Absorbansi Rhodamin-B Setelah Diadsorpsi dengan Kitosan

Waktu (menit)	Absorbansi (A)			Absorbansi rata-rata (A)
40	1,2780	1,2770	1,2750	1,2767
80	1,2550	1,2450	1,2500	1,2500
120	1,2420	1,2310	1,2360	1,2363

Tabel 2. Nilai Absorbansi Rhodamin-B Setelah Diadsorpsi dengan Polimetil Metakrilat

Waktu (menit)	Absorbansi (A)			Absorbansi rata-rata (A)
40	1,6790	1,6660	1,6710	1,6720
80	1,6310	1,6330	1,6360	1,6333
120	1,6100	1,6160	1,6210	1,6157

Tabel 3. Nilai Absorbansi Rhodamin-B Setelah Diadsorpsi dengan Montmorillonite

Waktu (menit)	Absorbansi (A)			Absorbansi rata-rata (A)
40	0,3970	0,3940	0,3960	0,3957
80	0,3780	0,3760	0,3770	0,3770
120	0,3730	0,3590	0,3640	0,3653

Tabel 4. Nilai Absorbansi Rhodamin-B Setelah Diadsorpsi dengan Komposit Kitosan/Polimetil Metakrilat/Montmorillonite

Waktu (menit)	Absorbansi (A)			Absorbansi rata-rata (A)
40	0,2150	0,2270	0,2190	0,2203
80	0,2090	0,2050	0,2070	0,2070
120	0,1850	0,1760	0,1810	0,1807

Tabel 5. Nilai Absorbansi Rhodamin-B Setelah Diadsorpsi dengan Komposit-1

Waktu (menit)	Absorbansi (A)			Absorbansi rata-rata (A)
40	0,2150	0,2270	0,2190	0,2203
80	0,2090	0,2050	0,2070	0,2070
120	0,1950	0,1920	0,1880	0,1917

Tabel 6. Nilai Absorbansi Rhodamin-B Setelah Diadsorpsi dengan Komposit-2

Waktu (menit)	Absorbansi (A)			Absorbansi rata-rata (A)
40	0,2180	0,2190	0,2210	0,2193
80	0,2020	0,2050	0,2070	0,2047
120	0,1860	0,1910	0,1880	0,1883

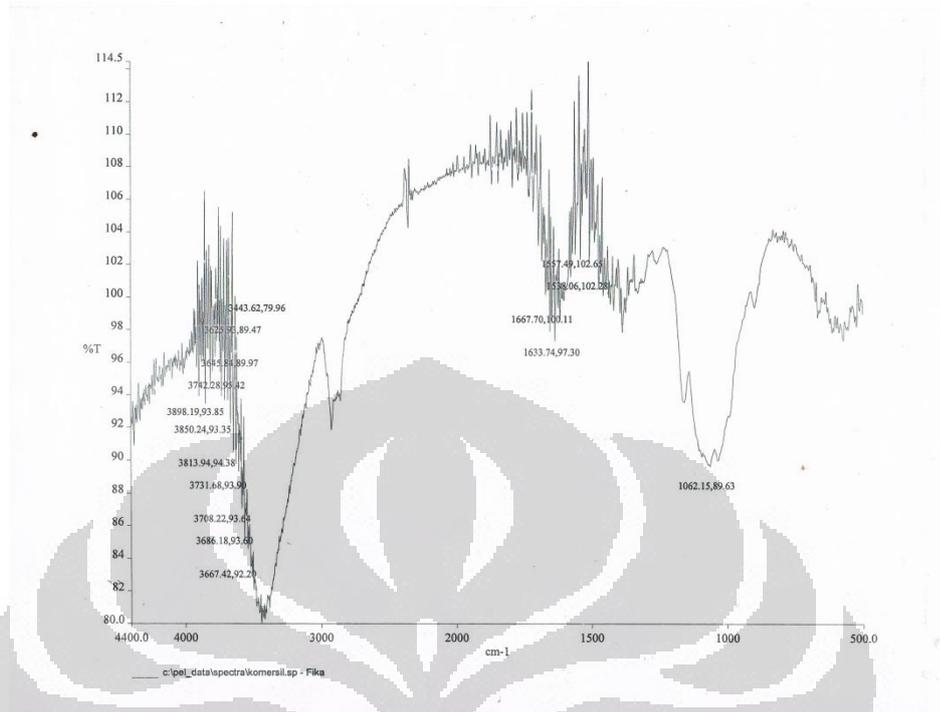
Tabel 7. Nilai Absorbansi Rhodamin-B Setelah Diadsorpsi dengan Komposit-3

Waktu (menit)	Absorbansi (A)			Absorbansi rata-rata (A)
40	0,2160	0,2140	0,2190	0,2163
80	0,1950	0,1920	0,1940	0,1937
120	0,1820	0,1790	0,1770	0,1793

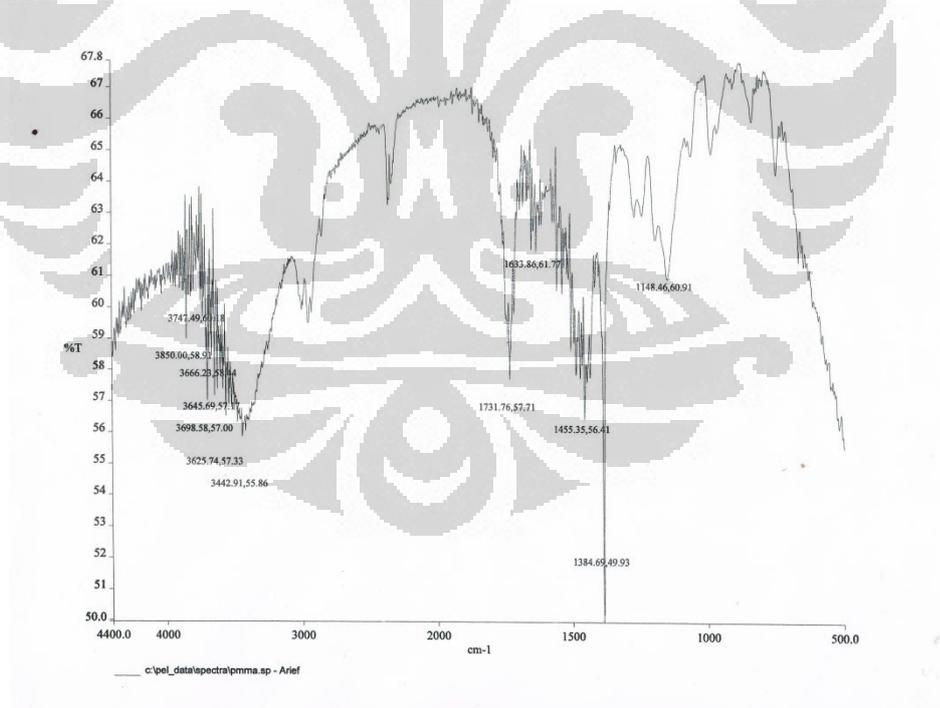
Tabel 8. Nilai Absorbansi Rhodamin-B Setelah Diadsorpsi dengan Komposit-4

Waktu (menit)	Absorbansi (A)			Absorbansi rata-rata (A)
40	0,2150	0,2180	0,2120	0,2150
80	0,1930	0,1780	0,1860	0,1857
120	0,1770	0,1700	0,1740	0,1737

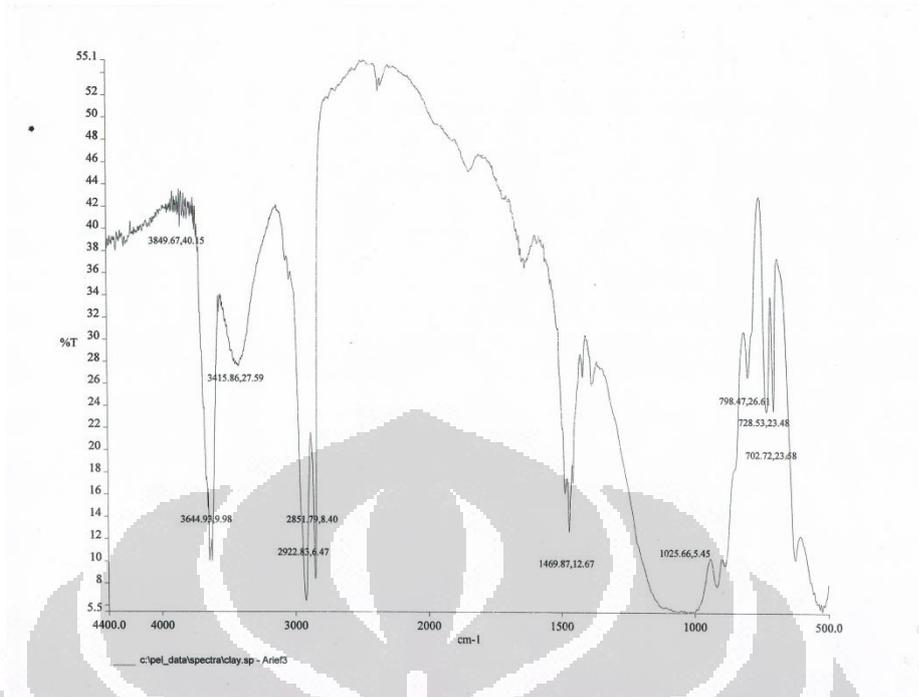
Lampiran B. Gambar-Gambar



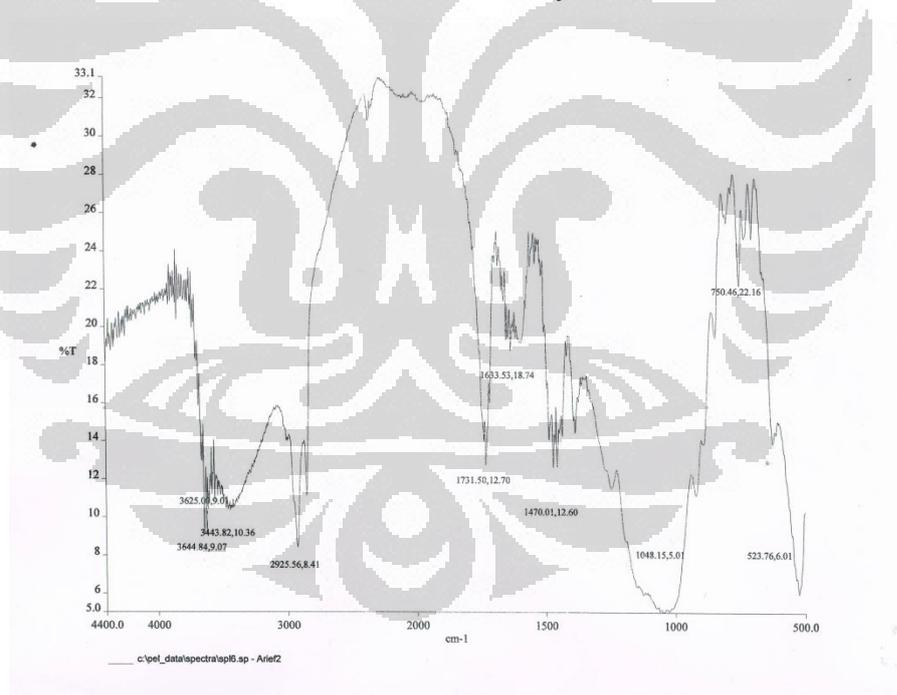
Gambar 1. Grafik FTIR dari Kitosan



Gambar 2. Grafik FTIR dari Polimetil Metakrilat



Gambar 3. Grafik FTIR dari Clay Montmorillonite



Gambar 4. Grafik FTIR dari Komposit Kitosan/Polimetil Metakrilat/Montmorillonite