



**SINTESIS DAN KARAKTERISASI MEMBRAN KITOSAN-  
TRIPOLIFOSFAT SEBAGAI ALTERNATIF PENGONTROL  
SISTEM PELEPASAN OBAT**

**Skripsi**

**disajikan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
Program Studi Kimia**

**PERPUSTAKAAN  
UNNES  
oleh  
NovillaAnggasari**

**4350408005**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2013**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :**“Sintesis dan Karakterisasi Membran Kitosan-Tripolifosfat Sebagai Alternatif Pengontrol Sistem Pelepasan Obat”** dan seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan tindakan yang tidak sesuai dengan etika keilmuan. Saya siap menanggung sanksi/resiko yang dijatuhkan kepada saya apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan atau klaim dari pihak lain terhadap keaslian skripsi saya ini.

Semarang, 21 Februari 2013

Yang membuat pernyataan,

NovillaAnggasari  
NIM. 4350408005

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul “*Sintesis dan Karakterisasi Membran Kitosan-Tripolifosfat Sebagai Alternatif Pengontrol Sistem Pelepasan Obat*” telah disetujui pembimbing untuk diajukan di sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Semarang, 21 Februari 2013

Pembimbing I

Pembimbing II

Mohammad Alauhdin, S.Si, M.Si  
NIP. 198101082005011002

Agung Tri Prasetya, S.Si, M.Si  
NIP. 196904041994021001

PERPUSTAKAAN  
UNNES

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI MEMBRAN KITOSAN-  
TRIPOLIFOSFAT SEBAGAI ALTERNATIF PENGONTROL SISTEM  
PELEPASAN OBAT**

Telah dipertahankan dihadapan Sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Kimia Fakultas  
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 26 Februari 2013

PanitiaUjian

Ketua

Sekretaris

Prof. Dr. Wiyanto, M.Si.  
NIP. 196310121988031001

Dra. Woro Sumarni, M.Si.  
NIP. 196507231993032001

KetuaPenguji

Prof Dr. Supartono, M.S  
NIP. 195412281983031003

AnggotaPenguji/  
PembimbingUtama

AnggotaPenguji/  
PembimbingPendamping

Mohammad Alauhdin, S.Si, M.Si  
NIP. 198101082005011002

Agung Tri Prasetya, S.Si, M.Si  
NIP. 196904041994021001

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### **MOTTO :**

*“Dalam setiap kesulitan pasti terdapat kemudahan didalamnya karena ALLAH tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kemampuan hamba-Nya”. (Q. S. Al-Baqarah:246)*

### **PERSEMBAHAN :**

*Karya kecil ini kupersembahkan untuk:*

- ✚ Allah SWT atas segala nikmat, karunia dan anugerahNya.*
- ✚ Bapak dan Ibu yang senantiasa mencurahkan cinta, kasih sayang, semangat, doa, dan dukungannya selama ini*
- ✚ Adik-adiku Rangga Pramudya dan Andrea Octavian terima kasih atas perhatian dan kasih sayangnya*
- ✚ BFOC '08 tercinta yang telah begitu banyak memberi warna padaku*

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat,taufiq serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Sintesis dan Karakterisasi Membran Kitosan-Tripolifosfat Sebagai Alternatif Pengontrol Sistem Pelepasan Obat”, sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang
3. Ketua Jurusan Kimia Universitas Negeri Semarang
4. Ketua Prodi Kimia Universitas Negeri Semarang
5. Bapak M. Alauhdin, S.Si. M.Si. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan ilmu, arahan dan bimbingan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Bapak Agung Tri Prasetya, S.Si. M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan ilmu, pengarahan dan bimbingan sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.
7. Bapak Prof Dr. Supartono, M.S selaku penguji utama yang telah memberikan motivasi, bimbingan dan pengarahannya dalam penyempurnaan skripsi ini.
8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA UNNES yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis selama menjalani studi.

9. Mbak Dian, Mas Huda, Bu Ida, Mbak Yuan, Pak Wiji dan seluruh laboran laboratorium kimia FMIPA UNNES terima kasih atas bantuan dan semangatnya.
  10. Kepada kedua orang tuaku, bapak Catur Puji Widodo dan ibu Wagiyem tercinta serta seluruh keluarga yang telah mencurahkan kasih sayang, memberikan dukungan, doa, sehingga skripsi ini berjalan lancar.
  11. Untuk Arfah Ratna Puri Gustian teman seperjuanganku, terima kasih atas bantuan, dukungan, dan semangatnya.
  12. Sahabat-sahabat terbaikku, Chacha, Ain, Hendry, Suryat terima kasih atas bantuan, dukungan, semangat, dan kebersamaannya.
  13. Teman-teman kos “Casa Verde” Gita, Ayuk, Risma, terima kasih untuk persaudaraan, keceriaan dan kebersamaannya selama ini.
  14. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini.
- Akhir kata, semoga skripsi ini dapat member tambahan ilmu bagi para pembaca untuk meningkatkan wawasan pengetahuan.

Semarang, 21 Februari 2013

Penulis

## ABSTRAK

Anggasari, Novilla. 2013. **Sintesis dan Karakterisasi Membran Kitosan-Tripolifosfat Sebagai Alternatif Pengontrol Sistem Pelepasan Obat.** Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing I: Mohammad Alauhdin, S.Si, M.Si, Pembimbing II: Agung Tri Prasetya, S.Si, M.Si

Kata Kunci : sintesis, membran kitosan-TPP, pelepasan obat

Telah dilakukan sintesis membran kitosan yang dimodifikasi dengan tripolifosfat. Selanjutnya membran yang dihasilkan akan dikaji keunggulannya dalam kontrol pelepasan obat. Keberhasilan suatu proses pelepasan dengan menggunakan membran tergantung pada kualitas membran yang dihasilkan. Untuk mengetahui kualitas membran dilakukan karakterisasi yang meliputi *swelling indeks*, analisis morfologi, permselectivitas, dan uji partisi. Serta kinerja membran sebagai pengontrol pelepasan obat secara *in vitro*. Hasil uji *swelling* dengan media akuades dan buffer pH 7,5 menunjukkan bahwa membran kitosan tanpa TPP memiliki derajat *swelling* yang lebih besar daripada membran kitosan-TPP yaitu sebesar 119,28% dan 129,29%. Sementara itu, membran kitosan-TPP memiliki koefisien rejeksi yang lebih baik dibanding membran kitosan tanpa TPP yaitu sebesar 79,89%. Pada penentuan permeabilitas dan koefisien difusi terhadap model obat albumin, membran kitosan-TPP menunjukkan permeabilitas dan koefisien difusi yang lebih kecil dibandingkan dengan membran kitosan tanpa TPP sebesar 2,006 dan 0,0010. Dengan demikian, membran kitosan-TPP memiliki karakteristik lepas lambat terhadap albumin yang lebih lama daripada membran kitosan tanpa TPP. Sedangkan hasil morfologi SEM permukaan membran kitosan TPP 0,1 % memiliki tekstur yang halus dan lebih homogen. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai karakterisasi membran kitosan-TPP sebagai agen pengontrol pelepasan obat dengan uji biodegradabilitas dan biokompatibilitas, sehingga dapat diterapkan untuk model obat yang lain.

## ABSTRACT

Anggasari, Novilla. 2013. **Synthesis and Characterization Membrane Chitosan-Tripolyphosphate as an Alternative to Controlling Drug Release System**. Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing I: Mohammad Alauhdin, S.Si, M.Si, Pembimbing II: Agung Tri Prasetya, S.Si, M.Si

Keywords: synthesis, chitosan-TPP membrane, the drug release

Synthesis of chitosan membrane modified with tripolyphosphate has been done. Furthermore, the resulting membrane will be studied pre-eminence in the control of drug release. The success of a removal process using a membrane depends on the quality of the resulting membrane. To determine the quality of the membrane characterization that includes swelling index, morphology analysis, perm-selectivity, and partitioning. As well as controlling the performance of the membrane in vitro drug release. Swelling test results with distilled water media and buffer pH 7,5 showed that the chitosan membrane without TPP has a greater degree of swelling than the membrane of chitosan-TPP is 119.28% and 129.29%. Meanwhile, the chitosan-TPP membrane rejection coefficient better than chitosan membrane without TPP is 79.89%. On the determination permeability and diffusion coefficients of the model drug albumin, chitosan-TPP membrane permeability and diffusion coefficients showed a smaller than chitosan membrane without TPP at 2.006 and 0.0010. Thus, the chitosan-TPP membrane controll release characteristics of the albumin is longer than the chitosan membrane without TPP. While the results of SEM surface morphology TPP 0.1% chitosan membrane has a smooth texture and a more homogeneous. Therefore it is necessary to conduct further research on the characterization of chitosan-TPP membrane as a control agent with the drug release test of biodegradability and biocompatibility, so it can be applied to model other drugs.

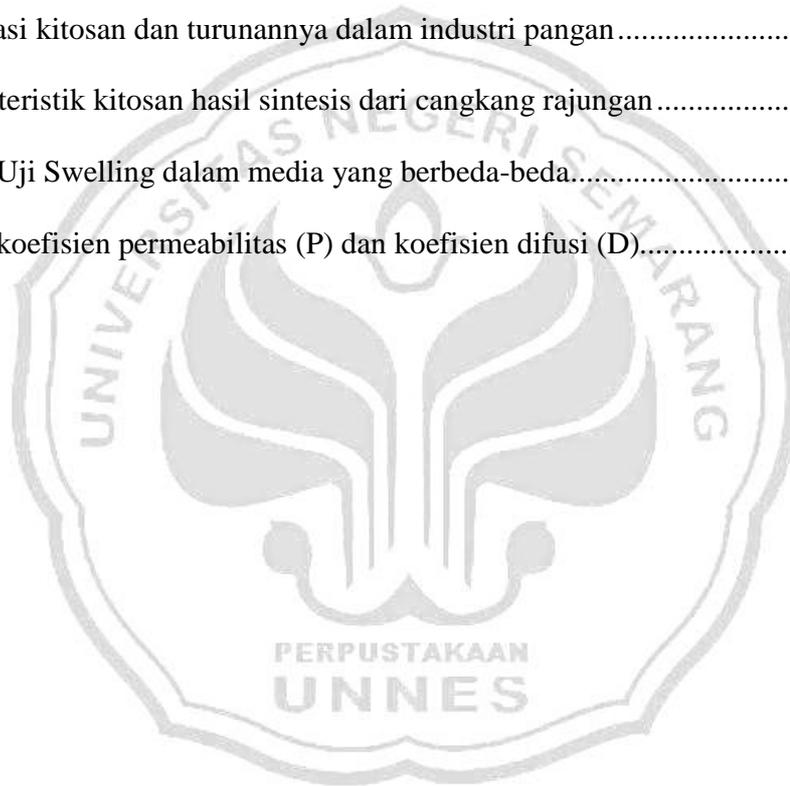
# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>PERNYATAAN</b> .....	ii
<b>PERSETUJUAN PEMBIMBING</b> .....	iii
<b>PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>MOTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>BAB</b>	
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Kitosan .....	5
2.1.1 Sifat Fisik dan Kimia Kitosan.....	6
2.1.1 Manfaat Kitosan.....	7
2.2 Tripolifosfat .....	8
2.3 Membran .....	9
2.4 Karakterisasi Membran.....	12
2.5 Pelepasan Obat Melalui Sediaan Lepas Lambat.....	13

2.6 Mekanisme Antaraksi Obat dengan Membran .....	14
<b>III. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>16</b>
3.1 Variabel Penelitian.....	16
3.1.1 Variabel Bebas.....	16
3.1.2 Variabel Terikat.....	16
3.1.3 Variabel Terkendali .....	16
3.2 Alat dan Bahan.....	17
3.2.1 Alat.....	17
3.2.2 Bahan .....	17
3.3 Cara Kerja .....	17
3.3.1 Pembuatan Larutan Buffer pH 5.....	17
3.3.2.Pembuatan Larutan Buffer pH 7,5.....	18
3.3.3 Pembuatan Larutan Buffer pH 9.....	18
3.3.4 Pembuatan Membran Kitosan dan Kitosan-TPP dengan Variasi Konsentrasi.....	19
3.3.5 Karakterisasi dan Uji Pelepasan Obat .....	20
<b>IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>26</b>
4.1 Sintesis Membran Kitosan-TPP.....	26
4.2 Uji Swelling .....	28
4.3 Uji Partisi dalam Larutan Buffer .....	30
4.4 Uji Permeabilitas .....	32
4.5 Koefisien Permeabilitas dan Koefisien Difusi Membran Terhadap Model Obat .....	34
4.6 Morfologi Membran.....	35
<b>V. PENUTUP.....</b>	<b>38</b>
5.1 Kesimpulan .....	38
5.2 Saran .....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>40</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>43</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kualitas standar kitosan .....	6
2. Aplikasi kitosan dan turunannya dalam industri pangan.....	8
3. Karakteristik kitosan hasil sintesis dari cangkang rajungan.....	26
4. Hasil Uji Swelling dalam media yang berbeda-beda.....	29
5. Hasil koefisien permeabilitas (P) dan koefisien difusi (D).....	34



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur kitosan .....	5
2. Struktur tripolifosfat .....	9
3. Proses (A) deprotonasi dan (B) ikatan silang ionik kitosan dengan TPP ....	9
4. Ikatan silang ionik kitosan dengan TPP.....	28
5. Hasil uji partisi dengan larutan buffer pH 7,5 dan pH 9.....	31
6. Diagram hubungan koefisien Rejeksi terhadap waktu .....	33
7. (a) foto Penampang lintang membran kitosan tanpa TPP, (b) foto permukaan membran kitosan tanpa TPP dengan perbesaran 5000x, (c) foto Penampang lintang membran kitosan TPP 0,1%, (d) foto permukaan membran kitosan TPP 0,1% dengan perbesaran 5000x.....	36

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Diagram Kerja Pembuatan Membran Kitosan dan Kitosan-TPP.....	43
2. Diagram Kerja Penentuan Swelling Indeks.....	44
3. Diagram Kerja Penentuan Panjang Gelombang Maksimum .....	45
4. Diagram Kerja Uji Partisi .....	46
5. Diagram Kerja Uji Permeabilitas .....	47
6. Perhitungan Uji Swelling.....	48
7. Spektrum Absorpsi Penentuan Panjang Gelombang Maksimum.....	51
8. Tabel Absorbansi Larutan Standar Albumin pada pH 7,5 dengan $\lambda$ 577 nm .....	52
9. Tabel Absorbansi Larutan Standar Albumin pada pH 9 dengan $\lambda$ 577 nm .....	53
10. Perhitungan Uji Partisi.....	54
11. Tabel Absorbansi Larutan Standar Albumin .....	58
12. Data BET .....	67
13. Dokumentasi Penelitian .....	69

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kontrol terhadap pelepasan obat dapat meningkatkan efektifitas kerja obat. Pelepasan obat yang dikontrol akan mengurangi frekuensi pemberian, meningkatkan kenyamanan pasien dan menjaga konsentrasi obat dalam darah tetap dalam fungsi terapeutik. Misalnya propranolol HCl yang digunakan dalam pengobatan hipertensi mempunyai waktu paruh eliminasi pendek, sekitar 3 jam. Dengan waktu eliminasi yang pendek ini maka propranolol HCl dibuat dalam bentuk sediaan lepas lambat dengan mengontrol proses pelepasannya. (Saifullah, *et al.* 2007)

Kemajuan ilmu dan teknologi memberikan peluang penggunaan dan pengembangan material untuk penghantaran obat ke target atau mengontrol pelepasannya, salah satu material yang dapat digunakan adalah kitosan. Suatu material yang dapat diterapkan dalam sistem penghantaran obat ke dalam tubuh harus mempertimbangkan kemampuannya untuk dapat melewati penghalang (*barrier*) dalam sistem metabolisme tubuh dan dapat mencapai target dan melepaskan zat aktif pada tempat yang spesifik di dalam tubuh sebagai sasaran pengobatan. Untuk memenuhi persyaratan itu dapat dilakukan modifikasi terhadap material yang akan digunakan.

Kitosan sebagai hasil deasetilasi kitin yang dapat diperoleh dari kepiting dan udang memiliki sifat yang tidak beracun, *biocompatible*, *biodegradable* dan mudah dimodifikasi secara kimia. Kemudahan dimodifikasi ini karena adanya gugus hidroksil dan amino yang reaktif. Kitosan dapat dimodifikasi secara kimia dan dapat digunakan secara luas untuk berbagai keperluan. Salah satunya adalah sebagai bahan pembuat membran. Membran kitosan ini telah digunakan untuk hemodialisa (Kaban *et al.* 2006).

Kitosan dapat dimodifikasi melalui penambahan hidrokoloid alami, misalnya dengan alginat membentuk gel kitosan-alginat. Sejauh ini, kitosan telah dimodifikasi dengan alginat membentuk membran kompleks polielektrolit (PEC) (Cardenas and Waldo, 2003). Alginat dapat memperbaiki struktur dasar makromolekul kitosan dengan membentuk ikatan silang pada proses gelasi sehingga dihasilkan sifat gel kitosan yang berbeda. Kaban *et al* (2006) membuat membran kompleks polielektrolit alginat-kitosan untuk dimanfaatkan sebagai membran hemodialisa. Pada penelitian Ariwanda (2006), membran kitosan dimodifikasi dengan menambahkan PVA (poli vinil alkohol), glutaraldehid dan PEG (poli etilenglikol) dan dipelajari perilaku serta karakter membran kitosan termodifikasi pada proses dialisis larutan garam.

Selain itu, modifikasi kitosan juga dapat dilakukan dengan pembentukan ikatan silang ionik dengan menggunakan senyawa tripolifosfat. Tripolifosfat dianggap sebagai zat pengikat silang yang paling baik. Shu dan Zhu (2002) melaporkan bahwa penggunaan tripolifosfat untuk pembentukan gel kitosan dapat

meningkatkan kekuatan mekanik dari gel yang terbentuk. Hal ini karena tripolifosfat memiliki rapat muatan negatif yang tinggi sehingga interaksi dengan polikationik kitosan akan lebih besar.

Pada penelitian ini akan dibuat membran kitosan yang dimodifikasi dengan tripolifosfat. Selanjutnya membran yang dihasilkan akan dikaji keunggulannya dalam kontrol pelepasan obat. Keberhasilan suatu proses pelepasan dengan menggunakan membran tergantung pada kualitas membran yang dihasilkan. Untuk mengetahui kualitas membran dilakukan karakterisasi yang meliputi *swelling indeks*, analisis morfologi, permselektivitas dan uji partisi.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian di atas, permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana mensintesis membran kitosan-tripolifosfat dengan melibatkan variabel konsentrasi natrium-tripolifosfat?
2. Bagaimana karakteristik membran kitosan-tripolifosfat yang dihasilkan meliputi: *swelling indeks* (SI), morfologi, permselektivitas dan uji partisi?
3. Bagaimana kinerja membran kitosan-tripolifosfat sebagai pengontrol pelepasan obat?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan utama penelitian ini adalah sebagai berikut :

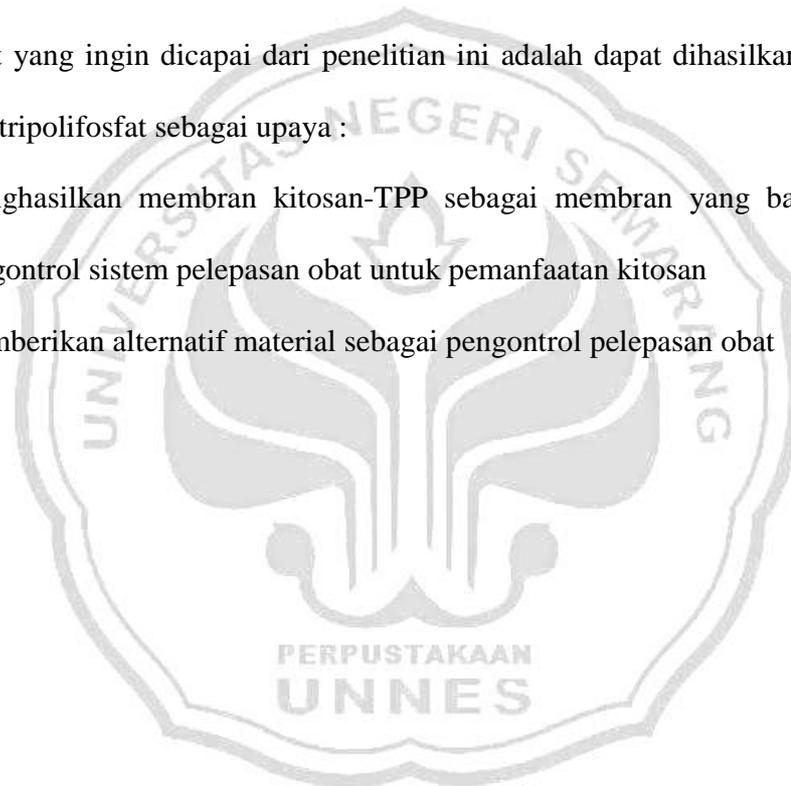
1. Mensintesis membran kitosan-tripolifosfat dengan melibatkan variabel konsentrasi tripolifosfat.

2. Mengetahui karakteristik membran kitosan-tripolifosfat yang dihasilkan meliputi: *swelling indeks* (SI), morfologi, permselektivitas dan uji partisi.
3. Mengetahui kinerja membran kitosan-tripolifosfat sebagai pengontrol pelepasan obat secara *in vitro*

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah dapat dihasilkan membran kitosan-tripolifosfat sebagai upaya :

1. Menghasilkan membran kitosan-TPP sebagai membran yang baik sebagai pengontrol sistem pelepasan obat untuk pemanfaatan kitosan
2. Memberikan alternatif material sebagai pengontrol pelepasan obat

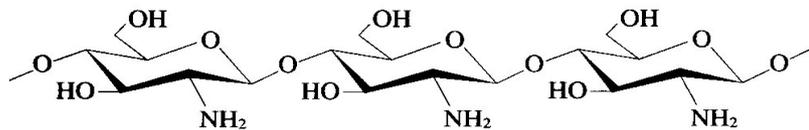


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Kitosan

Kitosan adalah kitin yang telah dihilangkan gugus asetilnya menyisakan gugus amina bebas yang menjadikannya bersifat polikationik. Senyawa (1,4)-2-amino-2-deoksi-D-Glukopiranosida dalam dunia industri dikenal sebagai kitosan. Adanya gugus fungsi  $\text{NH}_2$  ini menyebabkan kitosan mempunyai aktivitas kimia yang tinggi (Tokura and Nishi, 1995). Kitosan mengandung amino bebas yang bermuatan positif, sehingga dapat berikatan dengan senyawa lain yang mempunyai muatan negatif. Struktur kitosan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur kitosan

Kitosan merupakan senyawa yang tidak larut dalam air, sedikit larut dalam  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ , dan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  dan tidak larut dalam  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Kitosan tidak beracun, mudah mengalami biodegradasi dan bersifat polielektrolitik. Di samping itu kitosan dapat dengan mudah berinteraksi dengan zat-zat organik lainnya seperti protein (Mardiah, *et al*, 2006).

Asam asetat dapat melarutkan kitosan, sebagai kation kitosan mempunyai potensi untuk mengikat banyak komponen, seperti protein, pektin, alginat dan polielektrolit anorganik (Sarjono, *et al.* 2008). Oleh karena itu, kitosan relatif lebih banyak digunakan pada berbagai bidang industri terapan dan industri kesehatan (Muzzarelli, 1986).

Besarnya nilai parameter standar yang dikehendaki untuk kitosan dalam dunia perdagangan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kualitas standar kitosan

Sifat-sifat kitosan	Nilai yang dikehendaki
Bentuk	Serbuk atau serpihan
Warna	Putih sampai krem
Bau	Tidak berbau
Rasa	Tidak berasa
Kadar abu	$\leq 2\%$
Kadar air	$\leq 10\%$
Derajat deasetilasi	$\geq 70\%$
Kadar N	$>7\%$

(Sumber : Basmal, 2007)

### 2.1.1. Sifat Fisik dan Kimia Kitosan

Sifat dan penampilan produk kitosan dipengaruhi oleh perbedaan kondisi, seperti jenis pelarut, konsentrasi, waktu, dan suhu proses ekstraksi. Kitosan berwarna putih kecoklatan. Kitosan dapat diperoleh dengan berbagai macam bentuk morfologi diantaranya struktur yang tidak teratur, kristalin atau semikristalin. Selain itu dapat juga berbentuk padatan amorf berwarna putih dengan struktur kristal tetap dari bentuk awal kitin murni. Kitosan mempunyai rantai yang lebih pendek daripada rantai kitin. Kelarutan kitosan dalam larutan

asam serta viskositas larutannya tergantung dari derajat deasetilasi dan derajat degradasi polimer. Terdapat dua metode untuk memperoleh kitin, kitosan dan oligomernya dengan berbagai derajat deasetilasi (DD), polimerisasi, dan berat molekulnya (BM) yaitu secara kimia dan enzimatik. Dan dikatakan kitosan bila nitrogen yang terkandung pada molekulnya lebih besar dari 7% berat dan DD lebih dari 70% (Muzzarelli, 1985). Kitosan kering tidak mempunyai titik lebur. Bila disimpan dalam jangka waktu yang relatif lama pada suhu sekitar 100 °F maka sifat keseluruhannya dan viskositasnya akan berubah. Bila kitosan disimpan lama dalam keadaan terbuka maka akan terjadi dekomposisi warna menjadi kekuningan dan viskositasnya berkurang.

### **2.1.2. Manfaat Kitosan**

Kitosan diketahui mempunyai kemampuan untuk membentuk gel, film dan fiber, karena berat molekulnya yang tinggi dan solubilitasnya dalam larutan asam encer (Hirano, *et al.* 1999). Kitosan telah digunakan secara luas di industri makanan, kosmetik, kesehatan, farmasi dan pertanian serta pada pengolahan air limbah. Di industri makanan, kitosan dapat digunakan sebagai suspensi padat, pengawet, penstabil warna, penstabil makanan, bahan pengisi, pembentuk gel, tambahan makanan hewan dan sebagainya. Aplikasi kitosan dalam bidang pangan dapat dilihat pada Tabel 2.

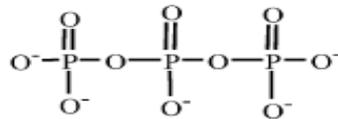
Tabel 2. Aplikasi kitosan dan turunannya dalam industri pangan

Aplikasi	Contoh
Antimikroba	Bakterisidal, fungisidal, pengukur kontaminasi jamur pada komoditi pertanian
Edible film	Mengatur perpindahan uap antara makanan dan lingkungan sekitar, menahan pelepasan zat – zat antimikroba, antioksidan, nutrisi, flavor, dan obat, mereduksi tekanan parsial oksigen, pengatur suhu, menahan proses browning enzimatis pada buah.
Bahan adiktif	Mempertahankan flavor alami, bahan pengontrol tekstur, bahan pengemulsi, bahan pengental, stabilizer, dan penstabil warna.
Nutrisi	Sebagai serat diet, penurun kolesterol, persediaan dan tambahan makanan ikan, mereduksi penyerapan lemak, memproduksi protein sel tunggal, bahan anti gastritis (radang lambung) dan sebagai makanan bayi

(Sumber : Shahidi,1999)

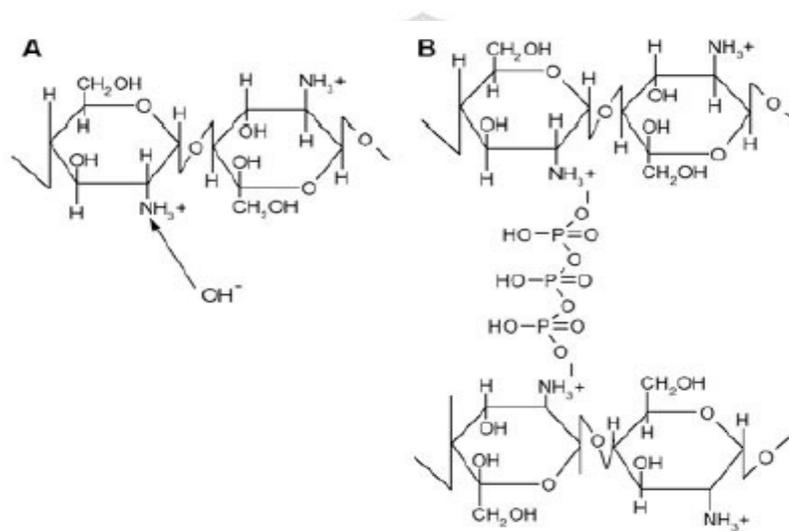
## 2.2. Tripolifosfat (TPP)

Pembentukan ikatan silang ionik salah satunya dapat dilakukan dengan menggunakan senyawa tripolifosfat. Tripolifosfat dianggap sebagai zat pengikat silang yang paling baik. Shu dan Zhu (2002) melaporkan bahwa penggunaan tripolifosfat untuk pembentukan gel kitosan dapat meningkatkan mekanik dari gel yang terbentuk. Hal ini karena tripolifosfat memiliki rapat muatan negatif yang tinggi sehingga interaksi dengan polikationik kitosan akan lebih besar. Natrium tripolifosfat ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) larut dalam air akan menghasilkan ion hidroksil dan ion fosfor. Struktur tripolifosfat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur tripolifosfat

Mekanisme ikatan silang kitosan dan TPP dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses (A) deprotonasi dan (B) ikatan silang ionik kitosan dengan TPP

Ketika pH dari TPP adalah 3, yang ada hanya ion fosfor sedangkan pada pH 9 ion hidrksil ( $\text{OH}^-$ ) dan fosfor berikatan silang dengan ion  $\text{NH}_3^+$  dari kitosan (Bhumkar dan Pokharkhar, 2006).

### 2.3. Membran

Membran adalah suatu lapisan yang memisahkan dua fasa dimana perpindahan massanya dapat diatur dan hanya dapat dilewati oleh ion-ion tertentu. Komponen aktif membran adalah suatu senyawa bermuatan atau netral yang mampu membentuk kompleks dengan ion-ion secara reversibel dan

membawanya melalui membran organik. Senyawa seperti ini disebut ionofor atau pembawa ion (*ion carrier*). Membran dapat berupa padatan atau campuran dan berfungsi sebagai media pemisah yang selektif berdasarkan perbedaan koefisien difusitas, muatan listrik maupun perbedaan kelarutan.

Membran banyak digunakan dalam proses pemisahan, pemurnian, dan pemekatan suatu larutan. Banyak jenis membran yang kita kenal sehingga dapat diklasifikasikan menjadi beberapa golongan. Misalnya ada membran berukuran tipis atau tebal, strukturnya bisa homogen atau heterogen, membran alami atau buatan dan lain sebagainya. Secara makro membran merupakan pembatas antara dua fasa yang berjalan secara selektif sedangkan proses pemisahannya merupakan skala mikro yang meliputi difusi, pelarutan, osmosis, ultrafiltrasi, dialisis, pertukaran ion, dan elektrodialisa (Stephenson *et al*, 2000).

Membran dapat dibagi berdasarkan beberapa hal (Mulder, 1991) yaitu :

1. Jenis membran berdasarkan bahan dasar pembuatannya

Membran biologis, yaitu membran yang terdapat dalam sel makhluk hidup dan membran sintetis, dapat dibedakan menjadi membran organik (bahan penyusun utamanya adalah polimer atau cairan), membran anorganik (bahan penyusun utamanya logam atau non logam, kaca), atau campuran keduanya.

2. Jenis membran berdasarkan fungsi

Membran dapat diklasifikasikan dalam beberapa golongan yang secara tidak langsung berhubungan dengan ukuran diameter yang akan dipisahkan, membran mikrofiltrasi memiliki ukuran pori 0,02–10  $\mu\text{m}$  dan tebal antara 10–

150  $\mu\text{m}$ . Mikrofiltrasi digunakan pada berbagai macam aplikasi di industri terutama untuk pemisahan partikel ukuran 0,1  $\mu\text{m}$  dari larutannya, membran mikrofiltrasi dapat dibedakan dari membran reverse osmosis (RO) dan ultrafiltrasi (UF) berdasarkan ukuran partikel yang dapat dipisahkan. Membran ultrafiltrasi ukuran porinya berkisar antara 0,05–1  $\mu\text{m}$  terutama untuk pemisahan partikel ukuran 0,001  $\mu\text{m}$  dari larutannya. Sedangkan proses *reverse osmosis* menggunakan membran dengan ukuran pori 0,1 nm – 1 nm. Membran *reverse osmosis* digunakan untuk memisahkan zat terlarut yang memiliki berat molekul rendah seperti garam anorganik atau molekul organik kecil seperti glukosa dan sukrosa dari larutannya.

3. Jenis membran berdasarkan prinsip pemisahan akibat ukuran pori

Berdasarkan ukuran porinya untuk proses pemisahan, membran dapat diklasifikasikan sebagai membran berpori, prinsip pemisahannya berdasarkan ukuran partikel zat yang akan dipisahkan dengan ukuran pori-pori membran. Membran jenis ini biasa digunakan dalam proses pemisahan mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi. Membran tak berpori, prinsip pemisahannya berdasarkan perbedaan kelarutan dan kemampuan berdifusi suatu zat terhadap membran tersebut. Membran ini digunakan untuk pemisahan gas dan penguapan. Membran cair (berbentuk emulsi), dimana di dalam membran terdapat zat pembawa yang menentukan selektivitas terhadap komponen tertentu yang akan dipisahkan. Pemisahan menggunakan membran cair sering dilakukan

dengan teknik difusi berfasilitas dengan memilih jenis emulsi dan zat pembawa yang spesifik untuk zat tertentu.

## 2.4. Karakterisasi Membran

Karakterisasi perlu dilakukan agar diperoleh membran yang baik yang meliputi pengukuran terhadap fungsi dan efisiensi membran yaitu permeabilitas dan permselektivitas membran. Selain itu karakteristik sifat mekanik juga diperlukan untuk mengetahui kekuatan membran, seperti uji kekuatan tarik dan daya jebol. Morfologi mikrostruktur membran dapat dilihat dengan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

### 1. Permeabilitas

Permeabilitas merupakan ukuran kecepatan dari suatu spasi untuk menebus membran. Sifat ini dipengaruhi oleh jumlah dan ukuran pori, tekanan yang diberikan, serta ketebalan membran. Permeabilitas dinyatakan sebagai suatu besaran fluks yang didefinisikan sebagai jumlah volume permeat yang melewati satu satuan luas membran dalam suatu waktu tertentu dengan adanya gaya penggerak berupa tekanan (Mulder, 1991).

### 2. Permselektivitas

Permselektivitas dapat digunakan untuk mengetahui daya membran dalam menahan dan melewatkan suatu partikel. Sifat ini tergantung pada interaksi antara membran dengan partikel tersebut, ukuran pori membran, dan ukuran partikel yang akan melewati pori membran. Permselektivitas dinyatakan

sebagai koefisien rejeksi, dilambangkan dengan  $R$ , yaitu fraksi konsentrasi zat yang tertahan oleh membran. Semakin besar  $R$  berarti semakin selektif membran tersebut dalam melewatkan partikel-partikel dalam larutan umpan (Mulder, 1991).

### 3. Sifat mekanik

Karakterisasi sifat mekanik perlu dilakukan untuk mengetahui kekuatan membran terhadap gaya yang berasal dari luar yang dapat merusak membran. Semakin rapat struktur membran, berarti jarak antara molekul dalam membran semakin rapat sehingga mempunyai kekuatan tarik dan jebol yang kuat.

### 4. Morfologi

Untuk mengetahui morfologi membran, digunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), yang dapat memberikan informasi mengenai permukaan dan penampang lintang. Dengan SEM juga dapat diperoleh data, sehingga dari hasil ini dapat ditentukan standar keseragaman struktur membran yang dapat digunakan (Mulder, 1991).

## **2.5. Pelepasan Obat Melalui Sediaan Lepas Lambat**

Sediaan Lepas lambat merupakan bentuk sediaan yang dirancang untuk melepaskan obatnya ke dalam tubuh secara perlahan-lahan atau bertahap supaya pelepasannya lebih lama dan memperpanjang aksi obat. Beberapa bentuk sediaan padat dirancang untuk melepaskan obatnya ke dalam tubuh agar diserap secara cepat seluruhnya (Ansel, 1989). Sediaan lepas lambat sering disebut juga

*controlled release, delayed release, sustained action, prolonged action, sustained release, prolonged release, timed release, slow release, extended action* atau *extended release* (Ansel, 1989).

Sediaan lepas lambat mempunyai beberapa keuntungan, antara lain :

1. Mengurangi frekuensi pemakaian obat
2. Meningkatkan kepatuhan pasien
3. Mengurangi terjadinya efek samping
4. Aktifitas obat diperpanjang di siang dan malam hari
5. Mampu membuat lebih rendah biaya harian bagi pasien karena lebih sedikit satuan dosis yang digunakan (Ansel, 1989).

Disamping itu, juga ada beberapa kerugian-kerugian bentuk sediaan lepas lambat yaitu:

1. Biaya yang lebih besar dibanding bentuk sediaan konvensional
2. Jika penderita mendapat suatu reaksi samping obat atau secara tiba-tiba mengalami keracunan, maka menghilangkan obat dari sistem menjadi lebih sulit dari pada dengan suatu produk obat dengan pelepasan cepat (Ansel, 1989).

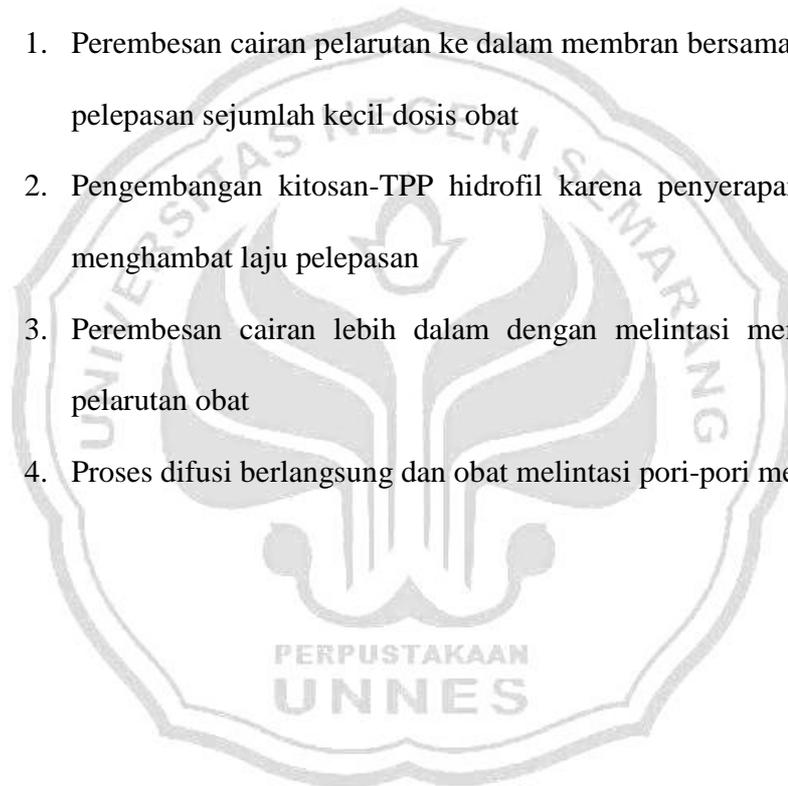
## **2.6. Mekanisme Antaraksi Obat dengan Membran**

Pelepasan obat dari membran tergantung pada membran yang dihasilkan, komposisi dan morfologi polimer, serta sifat fisiokimia dari obat yang dimasukkan ke dalamnya. Profil pelepasan obat dari membran tergantung

pada sifat dari sistem penghantaran. Dalam bentuk matriks, obat terdistribusi secara seragam dan pelepasan terjadi dengan cara difusi. Proses pelepasan obat yang umum terjadi pada membran adalah proses difusi (Krowczynsk, 1987)

Proses pelepasan obat melalui mekanisme difusi dapat terjadi melalui empat tahap (Janot, 1982) :

1. Perembesan cairan pelarutan ke dalam membran bersamaan dengan pelepasan sejumlah kecil dosis obat
2. Pengembangan kitosan-TPP hidrofil karena penyerapan air yang menghambat laju pelepasan
3. Perembesan cairan lebih dalam dengan melintasi membran dan pelarutan obat
4. Proses difusi berlangsung dan obat melintasi pori-pori membran.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Variabel Penelitian**

Variabel – variabel dalam penelitian ini adalah:

##### 3.1.1 Variabel bebas

Variabel bebas yaitu variabel yang akan diselidiki pengaruhnya terhadap variabel terikat. Dalam hal ini adalah konsentrasi TPP 0,1%, konsentrasi TPP 0,2%, konsentrasi TPP 0,3% dan tanpa TPP

##### 3.1.2 Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung dari variabel bebas yang diberikan dan diukur untuk menentukan ada tidaknya pengaruh (kriteria dari variabel bebas). Dalam hal ini adalah *swelling indeks*, morfologi, permselektivitas, permeabilitas, dan koefisien partisi.

##### 3.1.3 Variabel terkendali

Variabel terkendali yaitu variabel yang dijaga atau dikendalikan agar selalu konstan. Variabel ini meliputi alat penelitian, cara kerja, kecepatan pengadukan, dan temperatur.

## 3.2. Alat dan Bahan

### 3.2.1. Alat

Seperangkat alat gelas, sel uji membran (difusi), spektrofotometer UV mini-1240, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) JEOL JSM-6360LA, neraca analitik OHAUS (Ketelitian = 0,0001 gram, Max Cap = 110 gram), dan pH meter Eutech Instruments

### 3.2.2. Bahan

Kitosan dari IPB (Institut Pertanian Bogor), natrium tripolifosfat (Teknis), CH<sub>3</sub>COOH (E. Merck) (berat jenis = 1,05 kg/L, kadar = 96 %), HCl (E. Merck) (berat jenis = 1,19 kg/L, kadar = 37-38 %), CH<sub>3</sub>COONa (E. Merck) (M = 82,03 gram/mol), Sodium Tetraborat (E. Merck) (M = 381,38 gram/mol, kadar = 98 %), Albumin (E. Merck), NaOH (M = 40,00 gram/mol, kadar = 99 %), CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O (E. Merck) (M = 249,68 gram/mol), Natrium kalium tartrat (Na.KC<sub>4</sub>O<sub>6</sub>4H<sub>2</sub>O) (E. Merck) (M = 282,23 gram/mol)

## 3.3. Cara Kerja

### 3.3.1 Pembuatan larutan buffer pH 5

Pembuatan buffer pH 3,8-5,6 (buffer CH<sub>3</sub>COOH-CH<sub>3</sub>COONa)

pH	A (mL)	B (mL)
5,0	30	70

Larutan A : larutan 1,2 mL asam asetat dalam 100 mL akuades

Larutan B : larutan 2,7 gram  $\text{CH}_3\text{COONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$  dalam 100 mL akuades

Catat : tambahkan dulu beberapa kristal kamfor pada kedua larutan.

(Mulyono, 2005)

### 3.3.2 Pembuatan larutan buffer pH 7,5

Pembuatan buffer pH 5,3-8,0 (buffer  $\text{Na}_2\text{HPO}_4\text{-NaH}_2\text{PO}_4$ )

pH	A (mL)	B (mL)
7,5	84,1	15,9

A adalah larutan  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  0,1 M

B adalah larutan  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  0,1 M

Larutan A : timbang 17,799 gram  $\text{Na}_2\text{HPO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; masukkan ke labu takar 1 L; tuangi akuades  $\frac{1}{4}$  labu dan homogenkan; tambah lagi akuades sampai tanda batas.

Larutan B : timbang 15,601 gram  $\text{NaH}_2\text{PO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; masukkan ke labu takar 1 L; tuangi akuades  $\frac{1}{4}$  labu dan homogenkan; tambah lagi akuades sampai tanda batas.

(Mulyono, 2005)

### 3.3.3 Pembuatan larutan buffer pH 9

Pembuatan buffer borat- HCl dengan pH 8,0-9,1

Pembuatan buffer pH 8,0-9,1

pH	A (mL) +	
	X (mL)	Y (mL)
9	4,6	45,5

A (50 mL  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  0,025 M); B (x mL HCl 0,1 M)

A: 50 mL  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  0,025M

B : x mL HCl 0,1 M

Y : mL akuades

Larutan A : timbang 4,768 g  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  masukkan ke labu takar 500 mL, tuangi akuades  $\frac{1}{4}$  labu ukur dan homogenkan tambah lagi aquades sampai tanda batas.

Larutan B : encerkan larutan baku HCl sedemikian sehingga diperoleh larutan HCl 0,1 M.

(Mulyono, 2005)

#### 3.3.4 Pembuatan membran kitosan dan kitosan-TPP dengan variasi konsentrasi

Larutan kitosan dibuat dengan cara menimbang kitosan sebanyak 2 gram kemudian dilarutkan dalam 100 mL asam asetat 2 % (v/v). Kemudian pH dari larutan TPP diatur pada pH 3 dengan menggunakan HCl 0,1 N. Lalu larutan kitosan ditambah larutan TPP 0,1 % dengan pengadukan secara perlahan sampai diperoleh suspensi yang transparan. Suspensi transparan dari *cross-linked* kitosan maupun tanpa *cross-link* dicetak menjadi membran dengan bentuk disk/flat dengan diameter 4 cm. Perlakuan ini diulang sama seperti diatas dengan konsentrasi TPP 0,2%, 0,3% dan tanpa TPP.

### 3.3.5 Karakterisasi dan Uji Pelepasan Obat

#### 3.3.5.1 Uji *Swelling*

Pada uji *swelling* ini membran kering ditimbang setelah itu direndam dalam 250 mL deionized water pada temperatur kamar sampai kondisi setimbang (berat akhir konstan). Kemudian membran yang telah direndam ditimbang. Percobaan dilakukan sebanyak 3 kali.

*Swelling indeks* (SI) dihitung dengan persamaan berikut:

$$SI = \left( \frac{W_s - W_d}{W_d} \right) \times 100\%$$

$W_d$  adalah berat awal dan  $W_s$  adalah berat akhir/berat hasil *swelling*.

Perlakuan ini diulang dengan langkah yang sama seperti di atas pada variasi pH menggunakan medium larutan buffer bernilai pH 5; 7,5 dan 9.

#### 3.3.5.2 Uji Partisi

Uji partisi dilakukan untuk menentukan koefisien partisi ( $K_d$ ) terhadap model obat albumin. Membran direndam dalam larutan buffer dengan pH 7,5 yang mengandung 2 mg/mL albumin selama 40 menit. Setelah itu, membran diambil dan konsentrasi obat diukur dengan spektrofotometri UV-Visibel.

Koefisien partisi ( $K_d$ ) adalah perbandingan kesetimbangan konsentrasi solute (albumin) dalam membran dengan konsentrasi solute dalam larutan.

$$Kd = \frac{Vs(Ci - Cs)}{VmCs}$$

Cs adalah konsentrasi solute dalam larutan pada keadaan setimbang dan Ci adalah konsentrasi awal solute, Vs dan Vm adalah volum larutan dan volum membran.

Perlakuan ini diulang dengan langkah yang sama seperti diatas dengan larutan buffer bernilai pH 9.

### 3.3.5.3 Uji permselektivitas dan penentuan koefisien permeabilitas (P)

Permselektivitas membran dilakukan terhadap model obat albumin menggunakan sel difusi yang terbuat dari gelas. Pada sel terdapat dua bagian yaitu bagian umpan dan bagian permeat. Permeabilitas diukur dalam aquadest dan larutan buffer dengan pH 7,5. Sebelum pengujian, sel terlebih dahulu diisi larutan buffer sampai diperoleh kondisi kesetimbangan (mengacu pada hasil penentuan swelling). Setelah itu, bagian umpan diganti dengan larutan yang sama dengan 4,0 mg/mL model obat albumin. Proses dilakukan selama 12 jam dan konsentrasi obat diukur pada selang waktu 4 jam menggunakan spektrofotometri UV-Visibel.

Koefisien permeabilitas (P) dapat dihitung dengan persamaan

$$\ln \left( 1 - \frac{2C_t}{C_o} \right) = \frac{2A}{V} Pt$$

C<sub>t</sub> adalah konsentrasi obat pada bagian permeat setelah t detik dan C<sub>o</sub> adalah konsentrasi obat pada bagian umpan, V adalah volum larutan

pada kedua bagian sel, dan A adalah luas permukaan permeasi (membran). Dengan plotting  $-(V/2A)\ln(1-2C_t/C_o)$  terhadap waktu, koefisien permeabilitas dapat dihitung dari slope.

Konsentrasi obat pada t detik juga digunakan untuk menentukan koefisien rejeksi (R) dengan persamaan:

$$R = \frac{C_o - C_t}{C_o} \times 100\%$$

#### 3.3.5.4 Penentuan koefisien difusi (D)

Koefisien difusi (D) model obat dihitung dari data koefisien permeabilitas (P), ketebalan membran (h) dan koefisien partisi ( $K_d$ ).

$$D = \frac{Ph}{Kd}$$

#### 3.3.5.5 Analisis morfologi

Permukaan dan penampang melintang membran dilakukan menggunakan SEM. Pengamatan dilakukan untuk pembesaran 2500x dan 5000x menggunakan tegangan 20 kV. Sampel membran yang akan digunakan untuk analisis dipatahkan dalam nitrogen cair dan dilapisi dengan emas (Au).

### 3.3.5.6 Analisis Albumin dengan menggunakan Spektrofotometri UV-Vis

#### 1) Pembuatan Larutan Standar Albumin

Larutan serum albumin murni atau kasein dibuat dalam akuades yang berkadar sekitar 5 mg/mL. Untuk memudahkan kelarutan ditambahkan beberapa tetes 3% NaOH.

#### 2) Mencari Panjang Gelombang Maksimum Larutan Albumin

Larutan induk albumin dibuat dengan konsentrasi 5 mg/mL. Kemudian larutan induk dimasukkan ke dalam labu takar ukuran 10 mL sebanyak 1 mL dan ditambahkan 4 mL reagen biuret dan ditambahkan aquadest sampai tanda batas. Setelah itu larutan induk albumin diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang yang divariasikan dari 560-580 nm, hasilnya akan didapat  $\lambda$  yang maksimum.

#### 3) Pembuatan Kurva Kalibrasi Albumin

Larutan standar albumin disiapkan dengan konsentrasi 0 mg/mL, 2 mg/mL, 4 mg/mL, 6 mg/mL, 8 mg/mL dan 10 mg/mL. Kemudian larutan-larutan standar dimasukkan ke dalam 5 buah labu takar ukuran 10 mL (masing-masing 1 mL) dan ditambahkan 4 mL reagen biuret dan ditambahkan aquadest sampai tanda batas. Lalu dikocok dan didiamkan selama 30

menit pada suhu kamar. Setelah itu dimasukkan ke dalam kuvet dan di ukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Visible pada panjang gelombang 577 nm. Kurva kalibrasi dibuat berdasarkan data pembacaan spektrofotometer UV-Visible pada larutan standar protein

#### 4) Uji Partisi

Pembuatan kurva kalibrasi larutan buffer dengan pH 7,5 yang mengandung 2 mg/mL obat albumin. Langkah yang pertama disiapkan larutan standar larutan buffer dengan pH 7,5 yang mengandung 2 mg/mL obat albumin. Kemudian larutan standar dimasukkan ke dalam labu takar 10 mL sebanyak 1 mL ditambahkan 4 mL reagen biuret dan ditambahkan aquadest sampai tanda batas dan dikocok serta didiamkan selama 30 menit pada suhu kamar. Lalu dimasukkan ke dalam kuvet dan di ukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Visible pada panjang gelombang 577 nm.

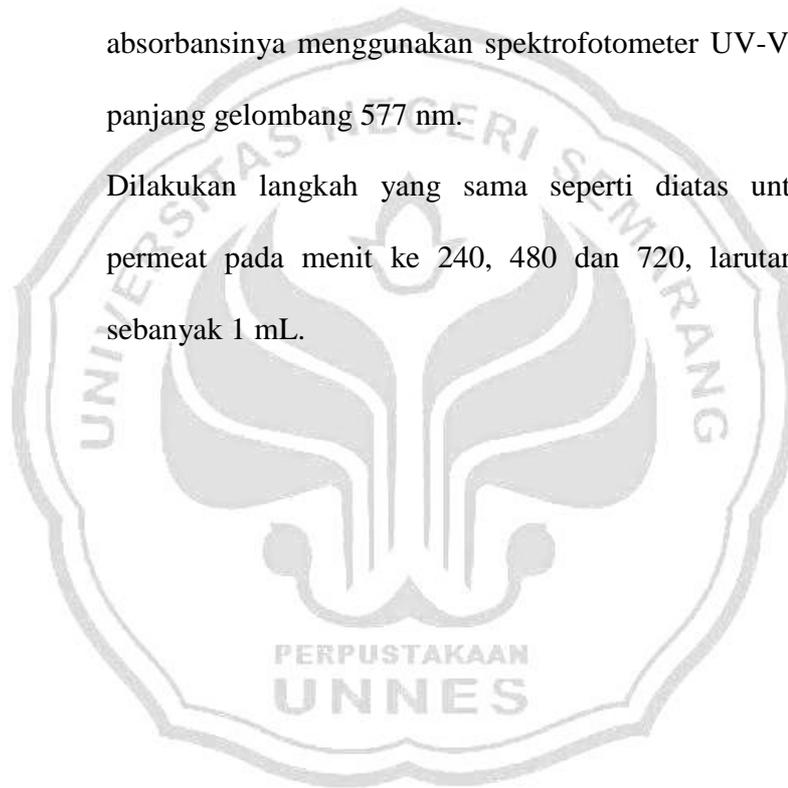
Perlakuan ini diulang dengan langkah yang sama untuk larutan buffer dengan pH 9.

#### 5) Uji Permselektivitas

Pembuatan kalibrasi larutan buffer dengan pH 7,5 yang mengandung 4 mg/mL obat albumin. Langkah yang pertama disiapkan larutan standar larutan buffer dengan pH 7,5 yang

mengandung 4 mg/mL albumin. Kemudian larutan standar dimasukkan ke dalam labu takar 10 mL sebanyak 1 mL ditambahkan 4 mL reagen biuret dan ditambah aquadest sampai tanda batas. Setelah itu dikocok dan didiamkan selama 30 menit pada suhu kamar. Lalu dimasukkan ke dalam kuvet dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Visible pada panjang gelombang 577 nm.

Dilakukan langkah yang sama seperti diatas untuk bagian permeal pada menit ke 240, 480 dan 720, larutan di ambil sebanyak 1 mL.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Sintesis Membran Kitosan-TPP

Kitosan sebagai bahan utama dalam penelitian ini diperoleh dari Laboratorium Kimia, Institut Pertanian Bogor dengan spesifikasi yang diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik kitosan hasil sintesis dari cangkang rajungan

Parameter	Kitosan
Bahan dasar	Cangkang rajungan
Ukuran partikel	Serbuk (60 mesh)
Kadar air	< 8%
Kadar abu (%)	< 0,5%
Kelarutan dalam asam asetat 1%	> 99%
Derajat deasetilasi	> 80%
Total mikroba	< 10 <sup>2</sup> cfu/gram
Koliform.	Negatif
Staphyococcus aureus	Negatif
Salmonella	Negatif
Vibrio cholera	Negatif
Logam (ppm)	
Pb	< 0,1
Cu	3,38
Zn	6,48
Hg	Tidak terdeteksi
As	Tidak terdeteksi
Cd	Tidak terdeteksi

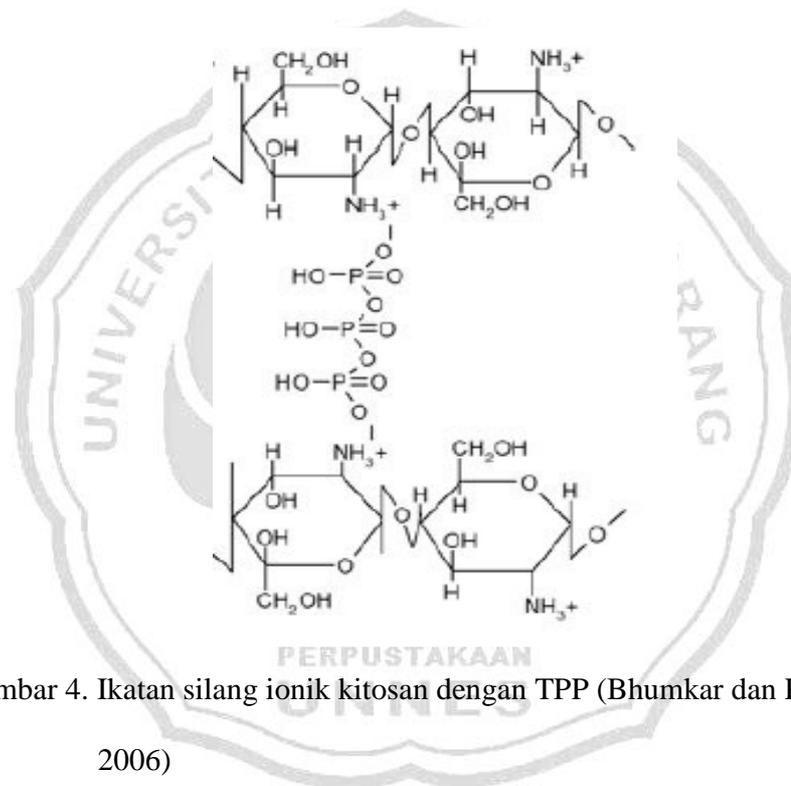
(Sumber : IPB)

Sintesis membran kitosan-tripoliosfat diawali dengan pembuatan larutan kitosan dan larutan tripolifosfat dengan berbagai variasi konsentrasi. Pada pembuatan larutan kitosan, kitosan dilarutkan dalam larutan asam asetat 2% (v/v).

Larutan kitosan yang diperoleh berwarna jernih kekuningan, kental dan masih berbau asam. Setelah itu dilakukan pencampuran antara larutan kitosan dan larutan TPP 0,1 %. Setelah kedua campuran tadi homogen, dilakukan tahap pencetakan membran pada cetakan POT berdiameter 4 cm. Sebanyak 5 mL campuran larutan kitosan dan tripolifosfat dituangkan ke dalam cetakan dan kemudian diratakan. Volume larutan kitosan dan tripolifosfat diseragamkan agar diperoleh membran dengan ketebalan yang sama. Setelah dicetak campuran larutan itu dikeringkan selama 3 hari pada suhu ruangan, kemudian direndam dalam larutan NaOH 4 % selama 24 jam untuk proses koagulasi. Tahap selanjutnya membran yang sudah jadi dicuci dengan menggunakan akuades dan dikeringkan. Membran yang diperoleh berbentuk seperti lingkaran dengan ketebalan 13,0  $\mu\text{m}$  dan diameter 4 cm. Selain itu, membran juga dibuat dengan konsentrasi TPP 0,2 dan 0,3 %.

Kitosan-tripolifosfat merupakan hasil dari proses ikatan silang ionik kitosan dengan senyawa tripolifosfat. Proses modifikasi kitosan dengan natrium tripolifosfat bergantung pada beberapa faktor, yaitu konsentrasi kitosan, pH natrium tripolifosfat dan waktu terjadinya ikatan silang (Ko, 2003). Bhumkar dan Pokharkar (2006) menyatakan bahwa derajat ikatan silang kitosan dengan NaTPP dipengaruhi oleh keberadaan kation dan anion sehingga pH dari natrium tripolifosfat memiliki peran penting selama proses ikatan silang. Pada penelitian ini pH dari larutan tripolifosfat diatur pada pH 3. Reaksi ikatan silang kitosan dengan tripolifosfat secara ionik terjadi lebih banyak pada pH rendah

dibandingkan pada pH tinggi. Pada pH rendah atau asam, tripolifosfat lebih banyak terionisasi dalam bentuk ion  $-P_3O_{10}^{5-}$  dibandingkan bentuk ion  $-OH$ . Ion fosfat ini akan berinteraksi dengan  $-NH_4^+$  dari kitosan sehingga pada kondisi tersebut didapatkan kitosan-TPP yang didominasi oleh interaksi ionik. Ikatan silang kitosan dan TPP dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Ikatan silang ionik kitosan dengan TPP (Bhumkar dan Pokharkar, 2006)

#### 4.2 Uji Swelling

Uji swelling membran dilakukan dengan cara merendam membran kering pada media yang berbeda-beda yaitu akuades, buffer pH 5, buffer pH 7,5 dan buffer pH 9, kemudian membran yang telah direndam ditimbang. Uji swelling ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penyerapan air oleh membran, seberapa

besar membran akan mengalami penggembungan (swelling). Hasil uji swelling masing-masing membran dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Swelling dalam media yang berbeda-beda

Sampel Membran	<i>SI</i>			
	Akuades	pH 5	pH 7,5	pH 9
Kitosan-Tanpa TPP	119,28 %	Larut	129,29 %	90,65 %
Kitosan-TPP 0,1 %	100,61 %	Larut	87,54 %	80,63 %
Kitosan-TPP 0,2 %	108,22 %	Larut	86,84 %	95,04 %
Kitosan-TPP 0,3 %	96,41 %	Larut	82,59 %	97,63 %

Berdasarkan Tabel 4, pada media akuades dan buffer pH 7,5 terlihat persen swelling membran kitosan-TPP yang berbanding terbalik dengan konsentrasi TPP. Semakin banyak konsentrasi TPP yang digunakan maka persen swelling membran kitosan-TPP cenderung menurun. Hal ini disebabkan karena reaksi TPP dengan kitosan melalui ikatan silang menjadikan membran semakin rapat sehingga molekul air sulit untuk berdifusi masuk ke dalam struktur membran kitosan-TPP. Sedangkan dalam buffer pH 9 terlihat bahwa semakin banyak konsentrasi TPP yang ditambahkan maka persen swelling membran kitosan-TPP cenderung naik.

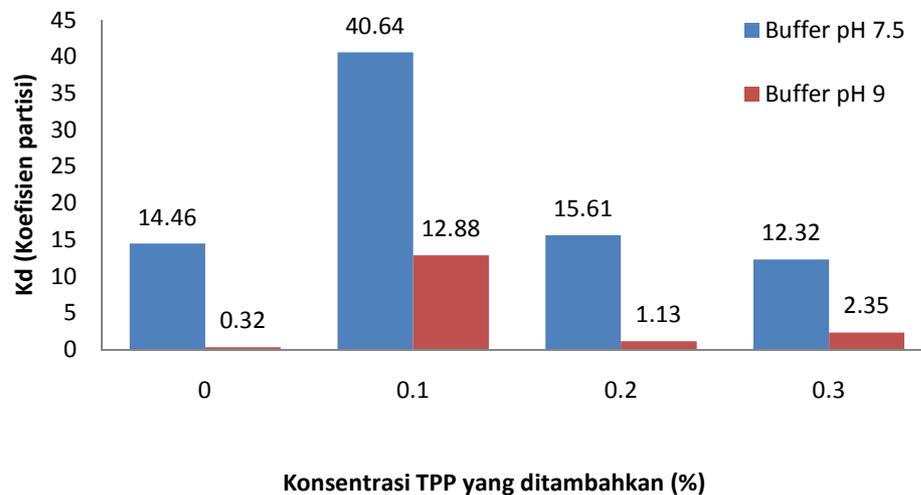
Pada uji swelling membran dalam buffer pH 5, ternyata membran yang direndam larut. Hal ini disebabkan karena sifat kimia dari kitosan yang larut dalam pelarut asam dengan pH dibawah 6. Kitosan merupakan polimer hidrofilik yang memiliki pKa sekitar 6,5. Pengikatan silang oleh TPP yang dilakukan belum mampu mengubah kelarutan kitosan dalam media asam.

Menurut Pierog, *et al* (2009) salah satu faktor yang mempengaruhi derajat swelling adalah hidrofilitas. Membran kitosan-tanpa TPP memiliki derajat swelling yang paling besar yaitu 119,28% dalam akuades dan 129,2 % dalam buffer pH 7,5. Membran kitosan-TPP 0,3 % memiliki nilai derajat swelling paling rendah diantara membran kitosan-TPP yang lain. Hal ini mengindikasikan bahwa pengikatan silang oleh TPP dapat mengurangi hidrofilitas membran karena gugus amino yang reaktif bereaksi dengan tripolifosfat.

#### **4.3 Uji Partisi dalam Larutan Buffer**

Uji partisi dilakukan dengan cara merendam membran dalam larutan buffer dengan pH 7,5 dan pH 9 yang mengandung 2 mg/mL albumin selama 40 menit, kemudian konsentrasi albumin yang tertinggal diukur dengan spektrofotometer UV-Vis. Sebelumnya ditentukan terlebih dahulu panjang gelombang maksimum larutan albumin dan didapatkan pada 577 nm. Uji partisi ini bertujuan untuk menentukan koefisien partisi ( $K_d$ ) membran terhadap model obat albumin.

Deret larutan standar juga disiapkan untuk membuat kurva kalibrasi larutan albumin dan didapat persamaan garis  $y = 0,024x + 0,006$  dengan  $R^2 = 0,992$ . Persamaan linier yang didapat digunakan untuk menentukan konsentrasi albumin setelah proses partisi. Hasil uji partisi membran dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil uji partisi dengan larutan buffer pH 7,5 dan pH 9

Koefisien partisi ( $K_d$ ) adalah perbandingan kesetimbangan konsentrasi solut (albumin) dalam membran dengan konsentrasi solute dalam larutan. Gambar 5. menunjukkan bahwa membran kitosan-TPP 0,1 % dalam buffer pH 7,5 dan pH 9 mempunyai nilai  $K_d$  paling besar diantara membran yang lain yaitu sebesar 40,64 dan 12,88. Semakin besar nilai  $K_d$  berarti semakin mudah solute (albumin) untuk masuk dan tinggal di dalam membran. Nilai koefisien partisi dapat dipengaruhi oleh hidrofilitas dan porositas membran serta struktur atau gugus-gugus fungsi yang ada pada membran maupun solute.

Secara umum, membran kitosan-TPP memiliki  $K_d$  lebih besar dibandingkan membran kitosan. Hal ini dimungkinkan karena pembentukan ikatan silang diantara polimer kitosan oleh TPP menghalangi molekul-molekul solute yang telah berdifusi ke dalam membran untuk lepas kembali. Menurut Ko, *et al* (2002)

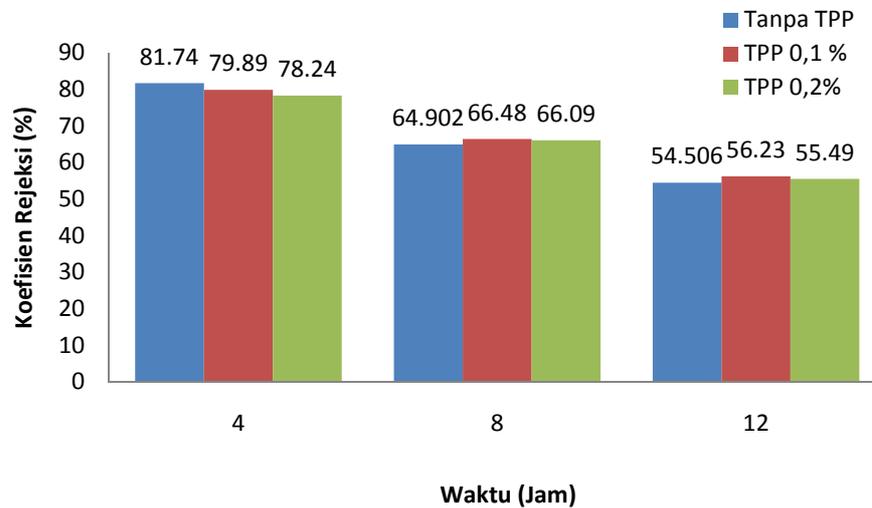
pengikatan silang ini dapat terjadi antara anion tripolifosfat dengan gugus amin bebas bermuatan positif pada kitosan. Dengan larutan tripolifosfat pada pH asam, menyebabkan muatan negatif tripolifosfat yang bereaksi dengan gugus positif dari kitosan semakin banyak.

#### 4.4 Uji Permselectivitas

Permselectivitas membran dapat dinyatakan dengan satuan koefisien rejeksi (R) yaitu satuan ukuran untuk menyatakan kemampuan membran untuk menahan spesi tertentu berdasarkan ukuran partikel. Uji permselectivitas membran kitosan-TPP dilakukan terhadap larutan albumin sebagai model obat menggunakan sel difusi yang terbuat dari gelas. Pada sel terdapat dua bagian yaitu bagian umpan dan bagian permeat yang dipisahkan oleh membran. Proses dilakukan selama 12 jam dengan selang waktu pengukuran setiap 4 jam. Larutan umpan dan permeat diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 577 nm, selanjutnya dihitung koefisien rejeksinya dengan persamaan

$$R = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \%$$

dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram hubungan koefisien Rejeksi terhadap waktu

Permselectivitas dinyatakan sebagai koefisien rejeksi ( $R$ ), semakin besar  $R$  berarti semakin selektif membran dalam melewatkan partikel-partikel zat terlarut dalam larutan umpan. Berdasarkan Gambar 6. dapat dilihat bahwa koefisien rejeksi membran cenderung menurun seiring dengan bertambahnya waktu. Hal ini disebabkan karena pada saat 4 jam pertama membran masih dapat bekerja dengan baik. Semakin lama partikel-partikel yang melewati membran dari bagian umpan ke bagian permeat semakin menurun karena terdapat solute yang tertahan dalam pori-pori membran. Partikel-partikel yang tertahan ini akan menghalangi partikel solute lainnya untuk menuju ke bagian permeat. Meskipun demikian, sampai dengan 12 jam, lebih dari 50% solute masih dapat ditahan secara selektif oleh membran. Pada pemakaian selama 8 jam, membran kitosan tanpa TPP menunjukkan penurunan nilai  $R$  yang lebih tajam dibanding membran kitosan-

TPP. Hal ini dimungkinkan oleh adanya pembentukan ikatan silang oleh TPP yang dapat memperkuat membran dan menyeragamkan pori-pori membran. Dengan demikian, dilihat dari nilai R-nya membran kitosan-TPP memiliki kinerja yang lebih baik dibanding membran kitosan tanpa TPP.

#### 4.5 Koefisien Permeabilitas dan Koefisien Difusi Membran Terhadap Model Obat

Proses difusi dipengaruhi oleh struktur dan porositas membran serta sifat, ukuran dan konsentrasi larutan. Koefisien permeabilitas dan koefisien difusi membran diukur terhadap albumin sebagai model obat. Albumin yang memiliki berat molekul 65 kD dapat berdifusi melalui membran yang dibuat. Kinerja membran dapat ditunjukkan antara lain dari nilai koefisien permeabilitas (P), koefisien difusi (D) dan persen rejeksi (R). Kinerja membran akan semakin baik jika P, D dan R semakin besar.

Tabel 5. Hasil koefisien permeabilitas (P) dan koefisien difusi (D)

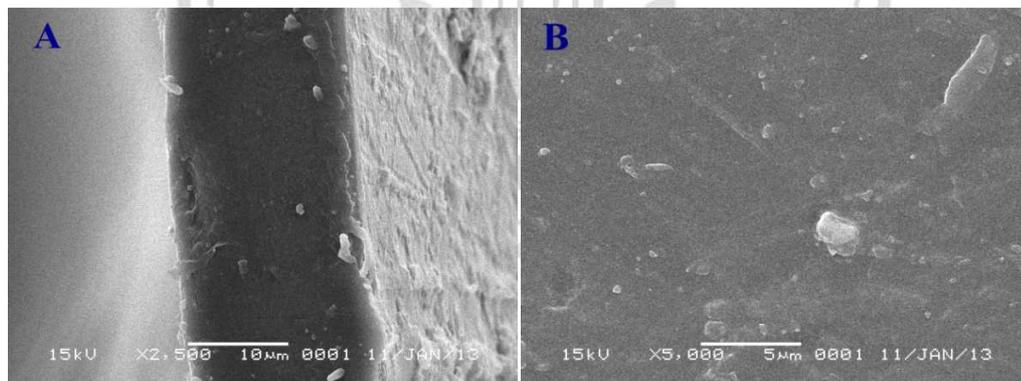
Membran	P	D
Kitosan tanpa TPP	2,428	0,0035
Kitosan-TPP 0,1 %	2,006	0,0010
Kitosan-TPP 0,2 %	2,031	0,0027

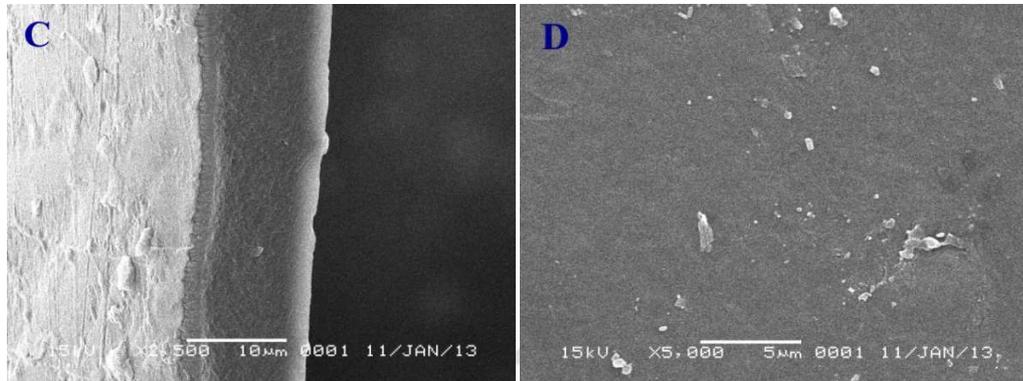
Berdasarkan Tabel 5, membran kitosan-tanpa TPP memiliki nilai P dan D yang paling besar diantara membran yang lain yaitu 2,428 dan 0,0035. Data tersebut didukung oleh data hasil uji BET yang menunjukkan rata-rata radius pori membran kitosan tanpa TPP lebih besar dibandingkan rata-rata radius pori membran kitosan-TPP. Rata-rata radius pori membran kitosan tanpa TPP sebesar

36,755 Å, sedangkan membran kitosan-TPP sebesar 36,487 Å. Dengan adanya ikatan silang akan mengurangi permeabilitas membran karena pori membran semakin rapat. Pori-pori membran yang semakin rapat juga akan mengurangi laju difusi model obat sehingga membran kitosan-TPP memiliki nilai P yang lebih kecil daripada membran kitosan tanpa TPP. Dengan demikian membran kitosan-TPP memiliki karakteristik lepas lambat terhadap albumin yang lebih lama daripada membran kitosan tanpa TPP.

#### 4.6 Morfologi Membran

Morfologi permukaan dan penampang lintang membran dianalisis dengan SEM. Kenampakan membran kitosan dan kitosan-TPP hasil analisis SEM dapat dilihat pada Gambar 7.





Gambar 7. (a) foto Penampang lintang membran kitosan tanpa TPP, (b) foto permukaan membran kitosan tanpa TPP dengan perbesaran 5000x, (c) foto Penampang lintang membran kitosan TPP 0,1%, (d) foto permukaan membran kitosan TPP 0,1% dengan perbesaran 5000x

Gambar 7.a dan 7.b merupakan foto SEM membran kitosan tanpa TPP. Gambar 7.a menunjukkan penampang melintang membran kitosan tanpa TPP. Pada penampang lintang membran kitosan tanpa TPP tampak tidak terlalu berpori. Gambar 7.b menunjukkan permukaan membran kitosan tanpa TPP bertekstur kurang halus dan tidak homogen.

Sebagaimana tampak pada Gambar 7.c yaitu foto SEM penampang melintang membran kitosan-TPP, pada penampang melintang membran terlihat sedikit berpori. Gambar 7.d merupakan gambar permukaan membran kitosan-TPP 0,1 %. Pada permukaan membran kitosan-TPP memiliki tekstur yang halus dan terdapat gumpalan kecil yang merata. Dari foto SEM membran kitosan-TPP 0,1 % dapat disimpulkan bahwa membran kitosan-TPP 0,1 % bertekstur lebih halus dan lebih homogen.

Porositas membran juga dianalisis dengan metode BET untuk mengetahui rata-rata radius pori membran. Hasil karakterisasi BET menunjukkan bahwa membran kitosan tanpa TPP memiliki rata-rata radius pori lebih besar daripada membran kitosan TPP. Rata-rata radius pori membran kitosan tanpa TPP sebesar 36,755 Å, sedangkan membran kitosan-TPP sebesar 36,487 Å.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

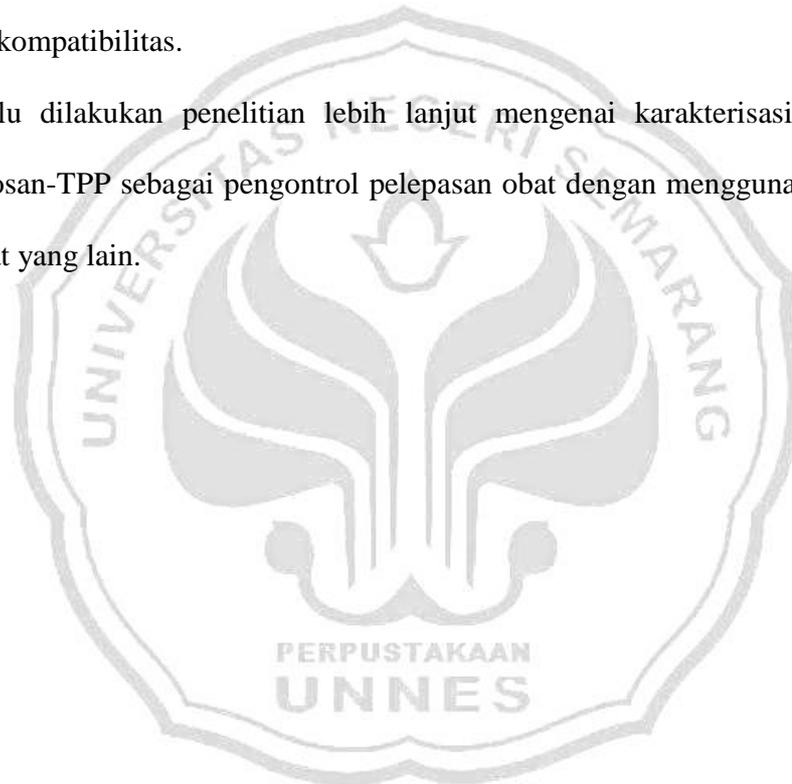
Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Sintesis membran kitosan-TPP dapat dilakukan dengan mereaksikan kitosan dengan TPP sehingga terbentuk ikatan silang ionik antara kitosan dengan TPP. Membran yang dibuat berbentuk seperti lingkaran dengan diameter 4 cm.
2. Hasil karakterisasi membran menunjukkan bahwa membran kitosan tanpa TPP memiliki derajat swelling yang lebih besar daripada membran kitosan-TPP. Sementara itu, membran kitosan-TPP memiliki koefisien rejeksi yang lebih baik dibanding membran kitosan tanpa TPP.
3. Permeabilitas dan koefisien difusi membran kitosan-TPP terhadap model obat albumin lebih kecil dibandingkan dengan membran kitosan tanpa TPP sehingga membran kitosan-TPP memiliki karakteristik lepas lambat yang lebih lama daripada membran kitosan tanpa TPP.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, penulis dapat memberikan saran sebagai berikut.

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mendukung membran kitosan-TPP sebagai agen pengontrol pelepasan obat dengan uji biodegradabilitas dan biokompatibilitas.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai karakterisasi membran kitosan-TPP sebagai pengontrol pelepasan obat dengan menggunakan model obat yang lain.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ansel, H.C. 1989. *Pengantar Bentuk sediaan Farmasi*. Edisi 4. UI Press. Jakarta. Halaman 96,147.
- Ariwanda, Riki. 2006. *Dialisis larutan garam menggunakan membran kitosan termodifikasi poli (vinil alkohol) dengan poli (etilena glikol) sebagai porogen [skripsi]*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor
- Aryanto AY. 2002. *Pemanfaatan kitosan dari limbah kulit udang (crustacea) sebagai bahan untuk pembuatan membran [skripsi]*. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
- Basmal, Jamal, Agung Prasetyo, dan Yunahara Farida. 2007. Pengaruh Suhu Eterifikasi Terhadap Kualitas dan Kuantitas Kitosan Larut Air yang Dibuat dari Cangkang Rajungan. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. Vol. 2. Hal 99-106
- Bhumkar, R Devika dan Varsha B Pokharkar. 2006. *Studies on Effect of pH on Cross-linking of Chitosan With Sodium Tripolyphosphate*. India: Bharati Vidyapeeth Deemed University.
- Cardenas, A. and Waldo A.M. 2003. Diffusion Through Membranes of the Polyelectrolyte Complex of Chitosan and Alginate. *Macromol. Biosci*. Vol 10. Page 535-539
- Dalwoo BLS. 2002. Specification of technical grade chitosan. url: <http://Dalwoo.com/chitosan/spec8.htm>
- Hirano, S., Nakahira, T., Nakagawa, M., Kim, S.K. 1999. The preparation and applications of functional fibers from crab shell chitin. *Journal of Biotechnology*. 70, 373-7
- Janot. 1982. *Farmasetika 2 Biofarmasi*. Edisi ke-2, Penerbit Airlangga University Press.
- J.A. Ko, H.J. Park, Y.S. Park, S.J. Hwang, and J.B. Park. 2003. Chitosan Microparticle Preparation for Controlled Drug Release by Response Surface Methodology. *J. Microencapsulation* Vol. 20, No. 6, 791-797

- J.A. Ko, Hwang, S. J., Park, J. B., Lee, J. S., 2002. Preparation and characterization of chitosan microparticles intended for controlled drug delivery. *Int. J. Pharm.*, Page. 165-174.
- Kaban, Jamaran., Bangun, Hakim., Dawolo, Asteria K., Daniel. 2006. Pembuatan Membran Kompleks Polielektrolit Alginat Kitosan. *Jurnal Sains Kimia*, 10: 10-16
- Krowczynski, L. 1987. *Extended-release Dosage Forms*. CRC Press, Inc
- Mardiah; Agus Widodo; Andy Prasetyo. 2006. Potensi Kitosan Dari Sisa Udang Sebagai Koagulan Logam Berat Limbah Cair Industri Tekstil. *Jurnal Sains*. Surabaya: ITS.
- Mulder, M. 1991. *Basic Principles of Membrane Technology*. Kluwer Academic Publisher, Netherlands
- Mulyono, HAM. 2005. *Membuat Reagen Kimia di Laboratorium*. Bandung: PT Bumi Aksara
- Muzzarelli, R.A.A., Rochetti, R. 1985. *Journal of Carbohydrate Polymers*. 5, 461-72.
- Muzzarelli, R.A.A. 1986. *Chitin*. Faculty of Medicine University of Ancona Italy. Pergamon Press. 81-87
- Pierog, Milena, Magdalena Gierszewska-Druzynska, Jadwika Ostrowska-Czubenko. 2009. "Effect of Ionic Crosslinking Agents on Swelling Behavior of Chitosan Hydrogel Membranes". *Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivates*. Volume XIV, Page 75-82. Poland: Nicolaus Copernicus University
- Sarjono, P.R; N.S Mulyani; N Wulandari. 2008. *Uji Antibakteri Kitosan dari Kulit Udang Windu (Peneaus monodon) Dengan metode Difusi Cakram Kertas*. Universitas Diponegoro
- Shahidi. 1999. Application of Chitin and Chitosan. *Trends in Food Science and Technology*. vol 10, no 2
- Shargel, L., Yu, Andrew B.C., dan Wu-Pong, S., 2005, *Applied Biopharmaceutics and Pharmacokinetics*, 5 nd Ed., 25-35,167, 184 The Mc Graw-Hill Medical Publishing Division, New York.

- Shu X Z and Zhu K J. 2002. Controlled Drug Release Properties of Ionically Cross-linked Chitosan beads: The Influence of Anion Structure. *International Journal of Pharmaceutics* 233: 217-225
- Stephenson, T, Judd, S, Jeffresin, B, and Brindle, K. 2000. *Membran Bioreactor for Wastewater Treatment*. IWA Publishing Company. UK
- Saifullah. S, Yandi Syukri dan Rini Utami. 2007. Profil pelepasan propanolol HCl dari tablet lepas lambat dengan sistem *floating* menggunakan matriks methocel K15M
- Tokura, S. and N. Nishi. 1995. *Specification and characterization of Chitin and Chitosan*. Collection of Working Papers. 28. Universiti Kebangsaan Malaysia 8 : 67-68



## LAMPIRAN

### LAMPIRAN 1

#### Diagram Kerja Pembuatan Membran Kitosan dan Kitosan-TPP

Variasi Kosentrasi TPP

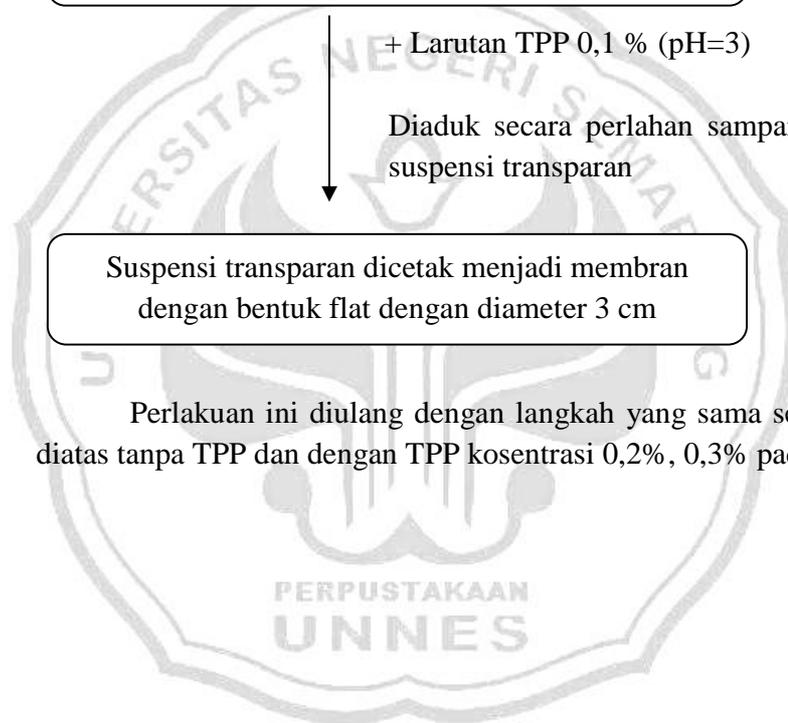
2 gram kitosan dilarutkan dalam 100 mL asam  
asetat 2% (v/v)

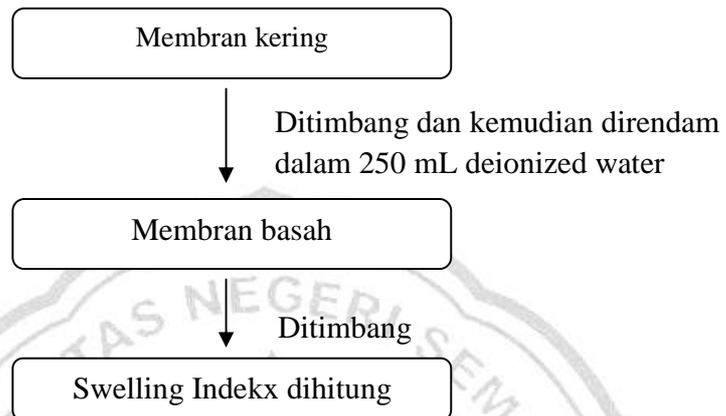
+ Larutan TPP 0,1 % (pH=3)

Diaduk secara perlahan sampai diperoleh  
suspensi transparan

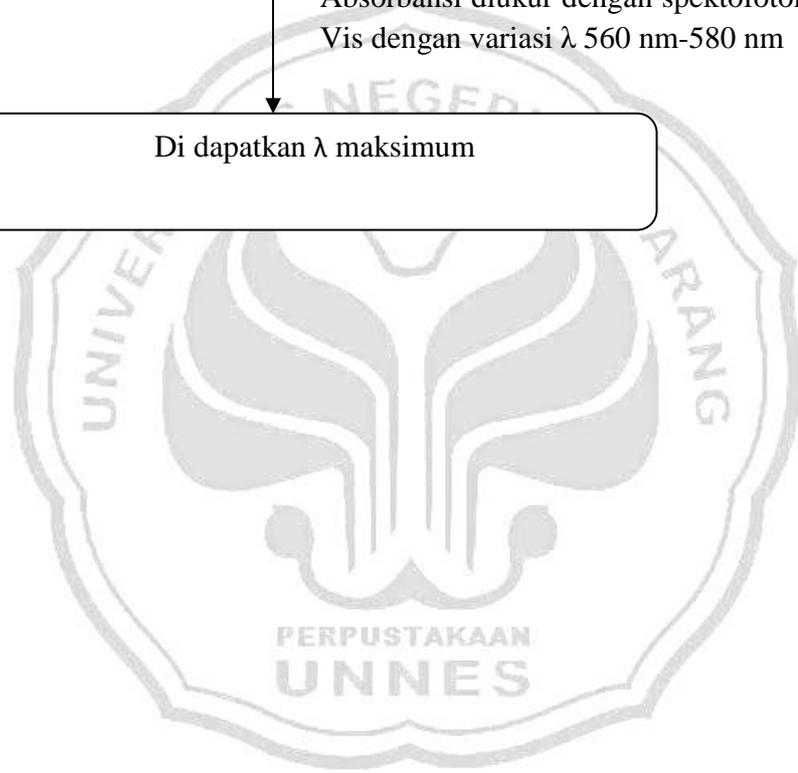
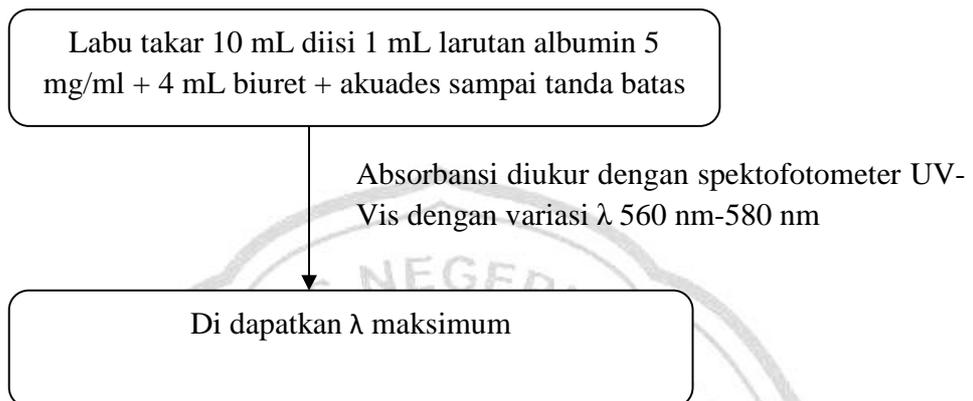
Suspensi transparan dicetak menjadi membran  
dengan bentuk flat dengan diameter 3 cm

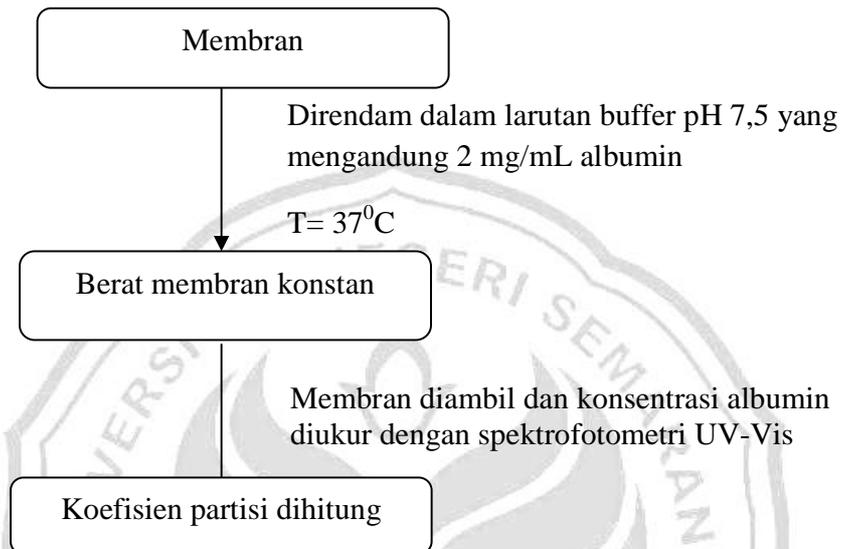
Perlakuan ini diulang dengan langkah yang sama seperti yang  
diatas tanpa TPP dan dengan TPP kosentrasi 0,2%, 0,3% pada pH 3.



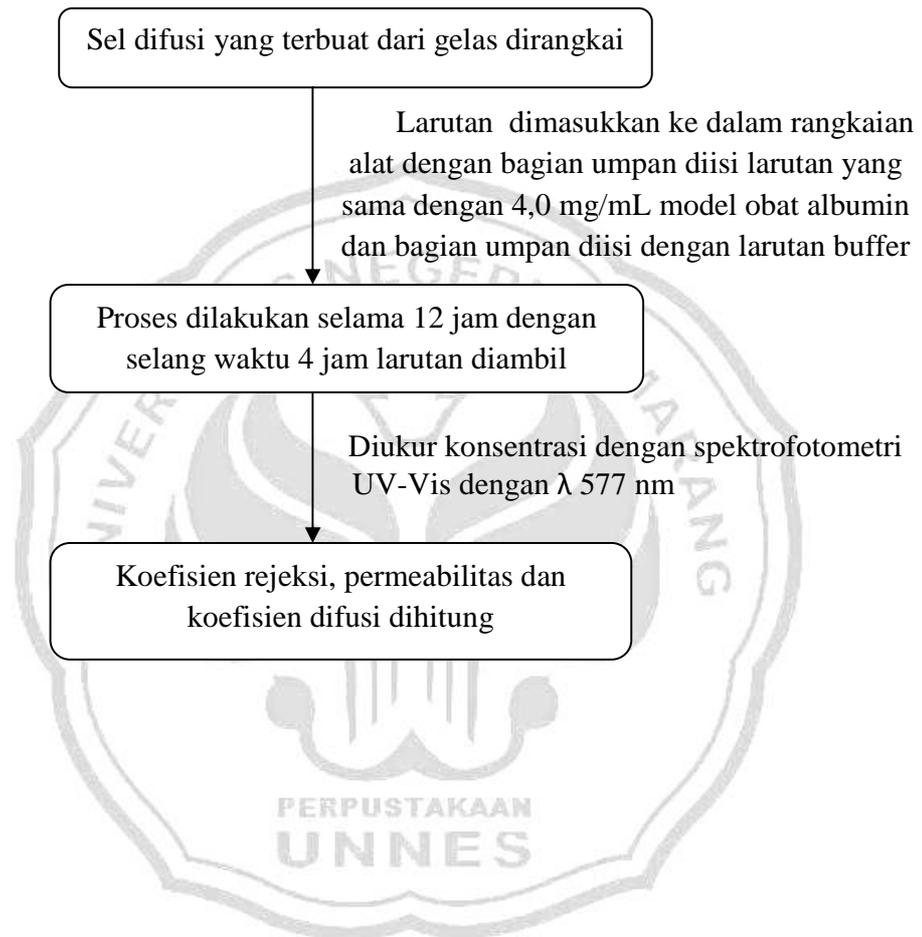
**LAMPIRAN 2****Diagram Kerja Penentuan Swelling Indeks**

Untuk uji swelling dengan variasi pH dilakukan dengan menggunakan medium larutan buffer dengan pH 5 ; 7,5 ; dan 9.

**LAMPIRAN 3****Diagram Kerja Penentuan Panjang Gelombang Maksimum**

**LAMPIRAN 4****Diagram Kerja Uji Partisi**

Perlakuan ini diulang dengan langkah yang sama seperti di atas dengan larutan buffer bernilai pH 9.

**LAMPIRAN 5****Diagram Kerja Uji Permeabilitas**

## LAMPIRAN 6

### Perhitungan Uji Swelling

#### 1. Akuades

$$SI = \left( \frac{Ws - Wd}{Wd} \right) \times 100\%$$

Keterangan :

Ws : berat akhir hasil swelling

Wd : berat awal

Untuk Membran kitosan Tanpa TPP

$$SI = \left( \frac{Ws - Wd}{Wd} \right) \times 100\%$$

$$SI = \left( \frac{0,1888 - 0,0861}{0,0861} \right) \times 100\%$$

$$SI = 119,2799 \%$$

Perhitungan ini diulang dengan langkah yang sama seperti diatas untuk TPP 0,1 %, 0,2 % dan 0,3 % dan diperoleh hasil sebagai berikut:

Sampel Membran Kitosan	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	SI
Kitosan-Tanpa TPP	0,0861	0,1888	119,28 %
Kitosan-TPP 0,1 %	0,0817	0,1639	100,61 %
Kitosan-TPP 0,2 %	0,0803	0,1672	108,22 %
Kitosan-TPP 0,3%	0,0836	0,1642	96,41 %

## 2. Buffer pH 5

Sampel Membran Kitosan	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	SI
Kitosan-Tanpa TPP	0,0936	Membran larut	-
Kitosan-TPP 0,1 %	0,0792	Membran larut	-
Kitosan-TPP 0,2 %	0,0787	Membran larut	-
Kitosan-TPP 0,3%	0,078	Membran larut	-

## 3. Buffer pH 7,5

$$SI = \left( \frac{Ws - Wd}{Wd} \right) \times 100\%$$

Keterangan :

Ws : berat akhir hasil swelling

Wd : berat awal

Untuk Membran kitosan Tanpa TPP

$$SI = \left( \frac{Ws - Wd}{Wd} \right) \times 100\%$$

$$SI = \left( \frac{0,2575 - 0,1123}{0,1123} \right) \times 100\%$$

$$SI = 129,2965 \%$$

Perhitungan ini diulang dengan langkah yang sama seperti diatas untuk

TPP 0,1 %, 0,2 % dan 0,3 % dan diperoleh hasil sebagai berikut:

Sampel Membran Kitosan	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	SI
Kitosan-Tanpa TPP	0,1123	0,2575	129,29 %
Kitosan-TPP 0,1 %	0,0907	0,1701	87,54 %
Kitosan-TPP 0,2 %	0,0813	0,1519	86,84 %
Kitosan-TPP 0,3%	0,0879	0,1605	82,59 %

## 4. Buffer pH 9

$$SI = \left( \frac{W_s - W_d}{W_d} \right) \times 100\%$$

Keterangan :

Ws : berat akhir hasil swelling

Wd : berat awal

Untuk Membran kitosan Tanpa TPP

$$SI = \left( \frac{W_s - W_d}{W_d} \right) \times 100\%$$

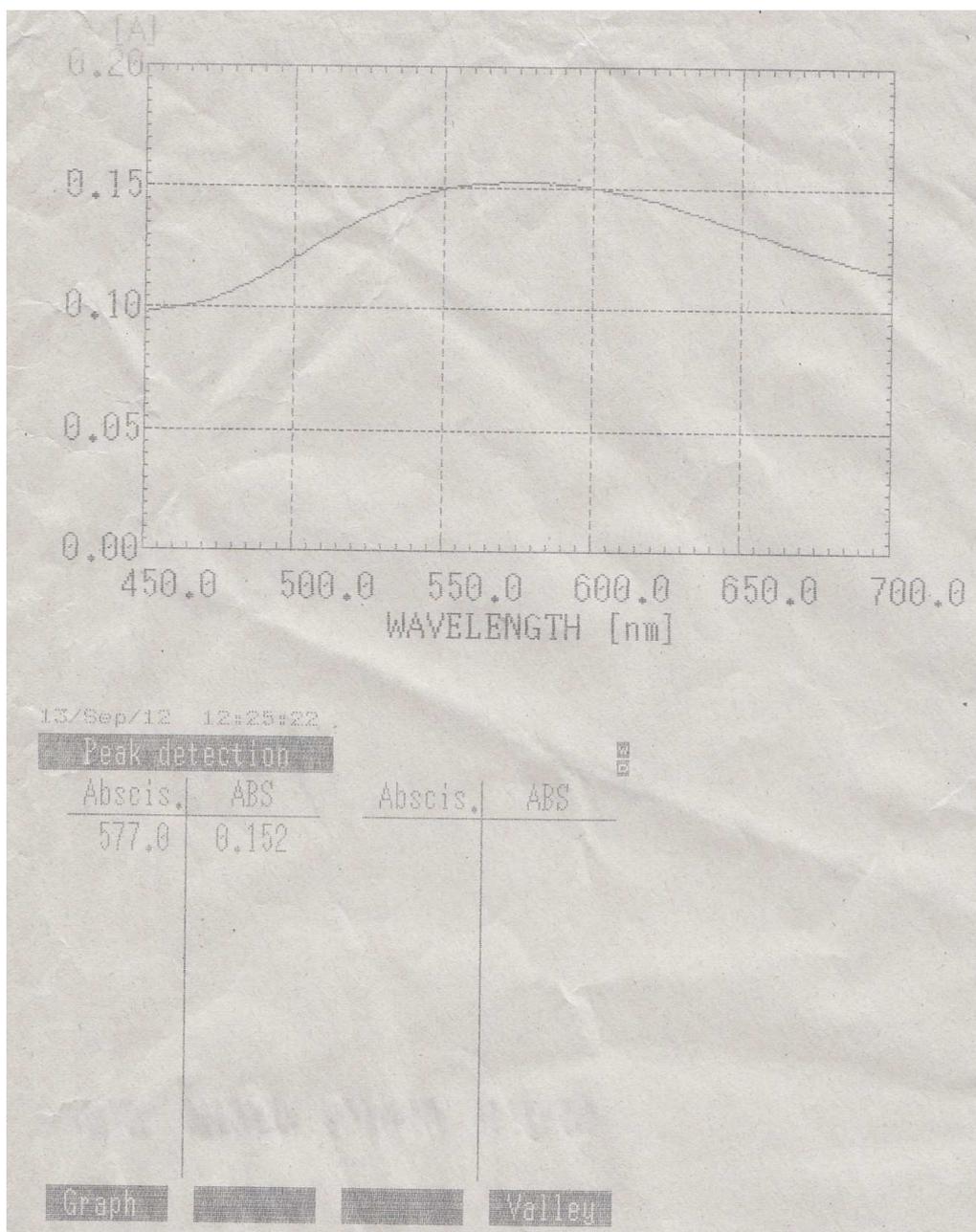
$$SI = \left( \frac{0,2448 - 0,1284}{0,1284} \right) \times 100\%$$

$$SI = 90,6542 \%$$

Perhitungan ini diulang dengan langkah yang sama seperti diatas untuk

TPP 0,1 %, 0,2 % dan 0,3 % dan diperoleh hasil sebagai berikut:

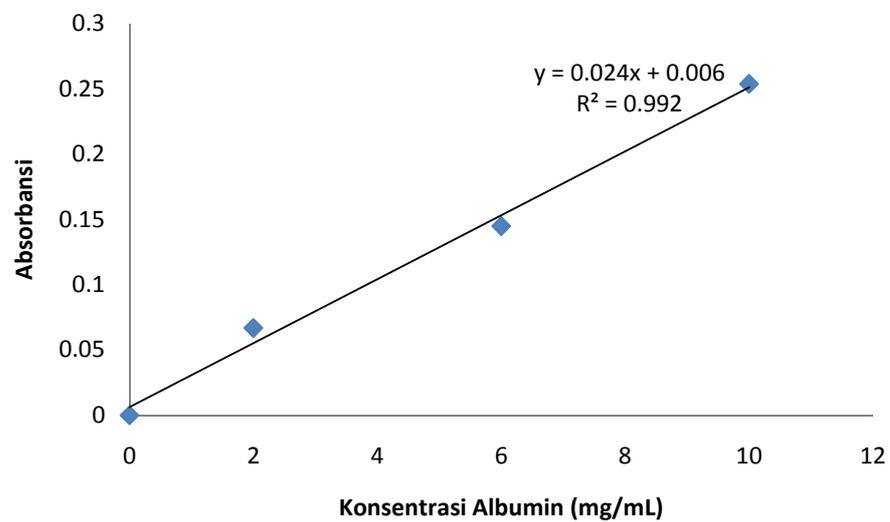
Sampel Membran Kitosan	Berat Awal (Wd)	Berat Akhir (Ws)	SI
Kitosan-Tanpa TPP	0,1284	0,2448	90,65 %
Kitosan-TPP 0,1 %	0,1172	0,2117	80,63 %
Kitosan-TPP 0,2 %	0,1108	0,2161	95,04 %
Kitosan-TPP 0,3%	0,1137	0,2247	97,63 %

**LAMPIRAN 7****Spektrum Absorpsi Penentuan Panjang Gelombang Maksimum**

## LAMPIRAN 8

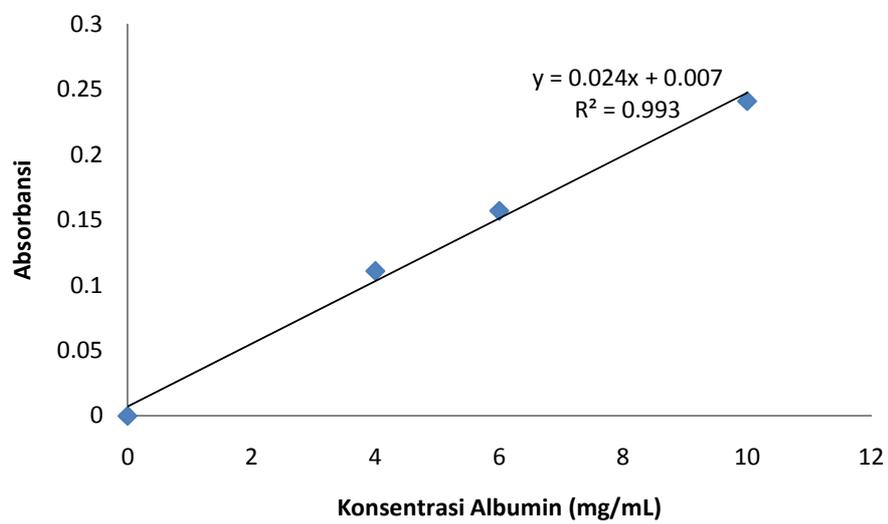
Tabel . Absorbansi larutan standar Albumin pada pH 7,5 dengan  $\lambda$  577 nm

Konsentrasi (mg/mL)	Absorbansi
0	0
2	0,067
6	0,145
10	0,254



**LAMPIRAN 9****Tabel Absorbansi larutan standar Albumin pada pH 9 dengan  $\lambda$  577 nm**

Konsentrasi (mg/mL)	Absorbansi
0	0
4	0,111
6	0,157
10	0,241

PERPUSTAKAAN  
UNNES

**LAMPIRAN 10****Perhitungan Uji Partisi**

Buffer pH 7,5

$$Kd = \frac{Vs(Ci - Cs)}{VmCs}$$

Keterangan :

Cs : konsentrasi solute dalam larutan pada keadaan setimbang

Ci : konsentrasi awal solute

Vm : volume membran

Vs : volume larutan

Persamaan kurva kalibrasi :  $y = 0,024x + 0,006$ 

## 1. Membran kitosan Tanpa TPP

Diket : Vs = 3 mL

$$Vm = \Pi \times r^2 \times t = 3,14 \times 1,5 \times 1,5 \times 0,021 = 0,148365 \text{ mL}$$

A sesudah direndam = 0,097 → 10x pengenceran

A sebelum direndam = 0,162 → 10x pengenceran

Ditanya : Kd = ?

Jawab :

$$Y = 0,024x + 0,006$$

A sebelum direndam = 0,162

$$Y = 0,024x + 0,006$$

$$0,162 = 0,024x + 0,006$$

$$0,156 = 0,024x$$

$$X = 6,5 \rightarrow Ci = 6,5 \text{ mg/mL} \rightarrow 10x \text{ pengenceran}$$

A sesudah direndam = 0,097

$$Y = 0,024x + 0,006$$

$$0,097 = 0,024x + 0,006$$

$$0,091 = 0,024x$$

$$X = 3,79 \rightarrow C_s = 3,79 \text{ mg/mL} \rightarrow 10x \text{ pengenceran}$$

$$Kd = \frac{Vs(Ci - Cs)}{VmCs}$$

$$Kd = \frac{3(6,5 - 3,79)}{0,148365(3,79)}$$

$$Kd = \frac{3(2,71)}{0,562}$$

$$Kd = 14,46$$

Perhitungan ini diulang dengan langkah yang sama seperti di atas untuk membran kitosan-TPP 0,1 %, 0,2 % dan 0,3 %

Sampel	Menit ke 40		Kd
	A	Cs (mg/mL)	
Kitosan-Tanpa TPP	0,097	3,79	14,46
Kitosan-TPP 0,1 %	0,058	2,16	40,64
Kitosan-TPP 0,2 %	0,094	3,67	15,61
Kitosan-TPP 0,3%	0,103	4,04	12,32
Ci (mg/mL)		6,5	

Buffer pH 9

$$Kd = \frac{Vs(Ci - Cs)}{VmCs}$$

Keterangan :

Cs : konsentrasi solute dalam larutan pada keadaan setimbang

Ci : konsentrasi awal solute

Vm : volume membran

Vs : volume larutan

Persamaan kurva kalibrasi :  $y = 0,024x + 0,007$

#### 1. Membran kitosan Tanpa TPP

Diket : Vs = 3 mL

$$Vm = \Pi \times r^2 \times t = 3,14 \times 1,5 \times 1,5 \times 0,021 = 0,148365 \text{ mL}$$

A sesudah direndam = 0,083 → 10x pengenceran

A sebelum direndam = 0,084 → 10x pengenceran

Ditanya : Kd = ?

Jawab :

$$Y = 0,024x + 0,007$$

A sebelum direndam = 0,084

$$Y = 0,024x + 0,007$$

$$0,084 = 0,024x + 0,007$$

$$0,077 = 0,024x$$

$$X = 3,21 \rightarrow Ci = 3,21 \text{ mg/mL} \rightarrow 10x \text{ pengenceran}$$

A sesudah direndam = 0,083

$$Y = 0,024x + 0,007$$

$$0,083 = 0,024x + 0,007$$

$$0,076 = 0,024x$$

$X = 3,16 \rightarrow C_s = 3,16 \text{ mg/mL} \rightarrow 10x \text{ pengenceran}$

$$Kd = \frac{V_s(C_i - C_s)}{V_m C_s}$$

$$Kd = \frac{3(3,21 - 3,16)}{0,148365(3,16)}$$

$$Kd = \frac{3(0,05)}{0,468}$$

$$Kd = 0,32$$

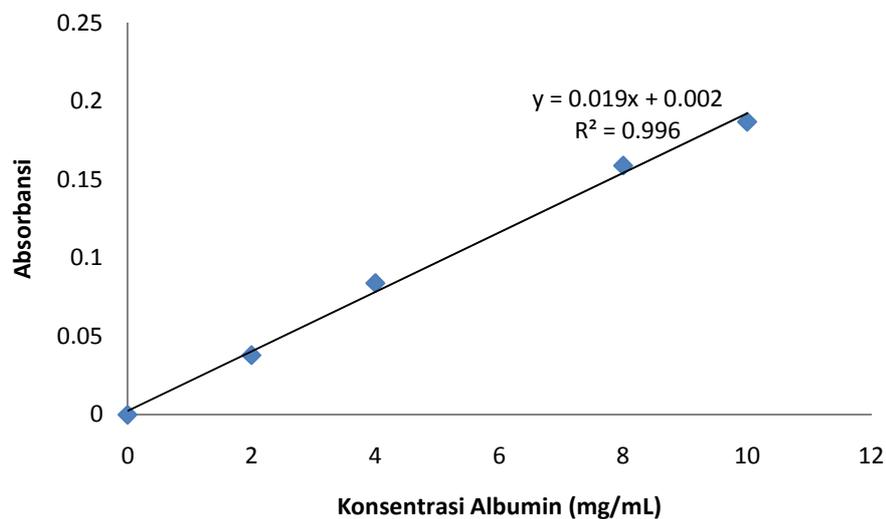
Perhitungan ini diulang dengan langkah yang sama seperti diatas untuk TPP 0,1 %, 0,2 % dan 0,3 % dan diperoleh data sebagai berikut :

Sampel	Menit ke 40		Kd
	A	Cs (mg/mL)	
Kitosan-Tanpa TPP	0,083	3,16	0,32
Kitosan-TPP 0,1 %	0,054	1,96	12,88
Kitosan-TPP 0,2 %	0,080	3,04	1,13
Kitosan-TPP 0,3%	0,076	2,875	2,35
Ci (mg/mL)		3,21	

## LAMPIRAN 11

**Tabel Absorbansi Larutan Standar Albumin**

Konsentrasi (mg/mL)	Absorbansi
0	0
2	0,038
4	0,084
8	0,159
10	0,187



Persamaan kurva kalibrasi :  $y = 0,019x + 0,002$

### 1. Membran kitosan Tanpa TPP

waktu	Co	Ct	R	P
4 jam I	10,95	2	81,74 %	
4 jam II	13,79	4,84	64,902 %	2,428
4 jam III	16,42	7,47	54,506 %	

#### ❖ 4 jam I

Diket : Absorbansi permeat 4 jam I = 0,040

Absorbansi umpan buffer obat 4 jam  $I = 0,210$

$V = 140 \text{ mL}$

$A = \Pi r^2 = 3,14 \times 1,5 \times 1,5 = 7,065 \text{ cm}^2$

Ditanya : P dan R = ?

Jawab :

Persamaan kurva kalibrasi :  $y = 0,019x + 0,002$

Absorbansi 4 jam  $I = 0,040$

$y = 0,019x + 0,002$

$0,040 = 0,019x + 0,002$

$0,038 = 0,019x$

$X = 2 \rightarrow C_t = 2 \text{ mg/mL}$

Absorbansi buffer obat 4 jam  $I = 0,210$

$y = 0,019x + 0,002$

$0,210 = 0,019x + 0,002$

$0,208 = 0,019x$

$X = 10,95 \rightarrow C_o = 10,95 \text{ mg/mL}$

$$\ln \left( 1 - \frac{2C_t}{C_o} \right) = \frac{2A}{V} Pt$$

$$- \left( \frac{V}{2A} \right) x \ln \left( 1 - \frac{2C_t}{C_o} \right)$$

$$- \left( \frac{140}{2 \times 7,065} \right) x \ln \left( 1 - \frac{2 \times 2}{10,95} \right)$$

$$- \left( \frac{140}{14,13} \right) x \ln \left( 1 - \frac{4}{10,95} \right)$$

$$- (9,91) x \ln (1 - 0,36)$$

$$- (9,91) x \ln (0,64)$$

$$- (9,91) x (-0,45)$$

$$4,4595$$

$$R = \frac{C_o - C_t}{C_o} \times 100 \%$$

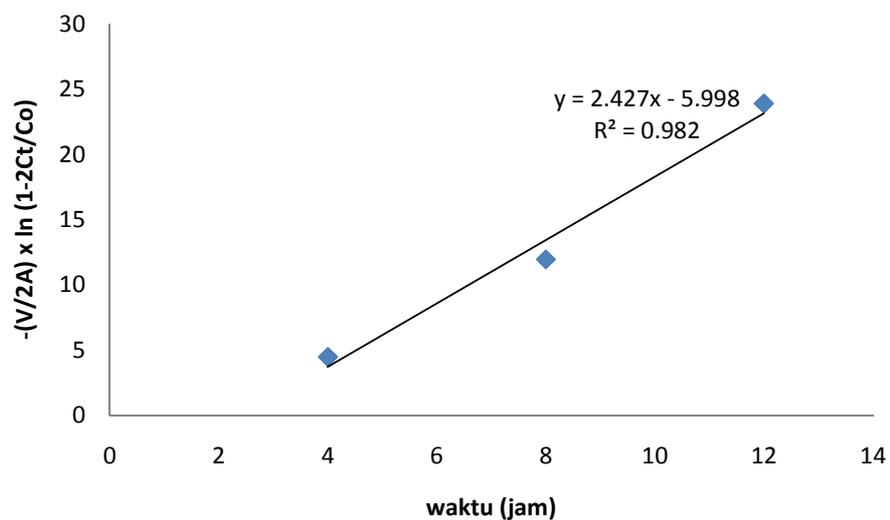
$$R = \frac{10,95 - 2}{10,95} \times 100 \%$$

$$R = \frac{8,95}{10,95} \times 100 \%$$

$$R = 81,74 \%$$

Perhitungan ini diulang dengan langkah yang sama seperti yang diatas untuk 4 jam ke II dan 4 jam ke III

x	y
4	4,4595
8	11,93164
12	23,8831



$$D = \frac{Ph}{Kd}$$

$$D = \frac{2,428 \times 0,021}{1,63}$$

$$D = \frac{0,050988}{14,46}$$

$$D = 0,0035$$

## 2. Membran kitosan-TPP 0,1 %

waktu	Co	Ct	R	P
4 jam I	10,74	2,16	79,89 %	2,006
4 jam II	12,89	4,32	66,48 %	
4 jam III	15,26	6,68	56,23 %	

### ❖ 4 jam I

Diket : Absorbansi permeat 4 jam I = 0,043

Absorbansi umpan buffer obat 4 jam I = 0,206

V = 140 mL

$A = \Pi r^2 = 3,14 \times 1,5 \times 1,5 = 7,065 \text{ cm}^2$

Ditanya : P dan R = ?

Jawab :

Persamaan kurva kalibrasi :  $y = 0,019x + 0,002$

Absorbansi 4 jam I = 0,043

$y = 0,019x + 0,002$

$0,043 = 0,019x + 0,002$

$0,041 = 0,019x$

$X = 2,16 \rightarrow Ct = 2,16 \text{ mg/mL}$

Absorbansi buffer obat 4 jam I = 0,206

$y = 0,019x + 0,002$

$0,206 = 0,019x + 0,002$

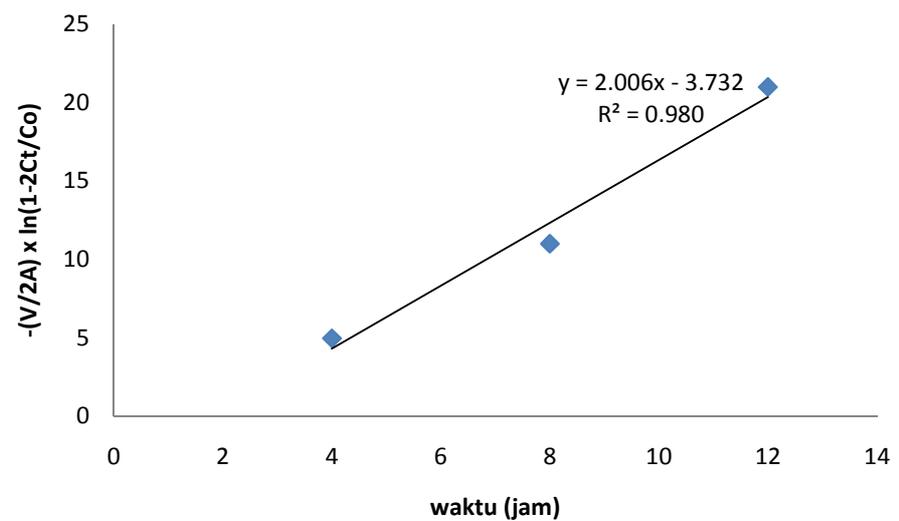
$0,204 = 0,019x$

$X = 10,74 \rightarrow Co = 10,74 \text{ mg/mL}$

$$\begin{aligned}
 \ln\left(1 - \frac{2Ct}{Co}\right) &= \frac{2A}{V}Pt \\
 -\left(\frac{V}{2A}\right) \times \ln\left(1 - \frac{2Ct}{Co}\right) & \\
 -\left(\frac{140}{2 \times 7,065}\right) \times \ln\left(1 - \frac{2 \times 2,16}{10,74}\right) & \\
 -\left(\frac{140}{14,13}\right) \times \ln\left(1 - \frac{4,32}{10,74}\right) & \\
 -(9,91) \times \ln(1 - 0,402) & \\
 -(9,91) \times \ln(0,598) & \\
 -(9,91) \times (-0,5) & \\
 4,955 & \\
 R = \frac{Co - Ct}{Co} \times 100 \% & \\
 R = \frac{10,74 - 2,16}{10,74} \times 100 \% & \\
 R = \frac{8,58}{10,74} \times 100 \% & \\
 R = 79,89 \% &
 \end{aligned}$$

Perhitungan ini diulang dengan langkah yang sama seperti yang diatas untuk 4 jam ke II dan 4 jam ke III

x	y
4	4,955
8	11,0001
12	21,0092



$$D = \frac{Ph}{Kd}$$

$$D = \frac{2,006 \times 0,021}{40,64}$$

$$D = \frac{0,042126}{40,64}$$

$$D = 0,0010$$

## 3. Membran kitosan-TPP 0,2 %

waktu	Co	Ct	R	P
4 jam I	10,89	2,37	78,24 %	
4 jam II	12,89	4,37	66,09 %	2,031
4 jam III	15,37	6,84	55,49 %	

## ❖ 4 jam I

Diket : Absorbansi permeat 4 jam I = 0,047

Absorbansi umpan buffer obat 4 jam I = 0,209

V = 140 mL

$A = \Pi r^2 = 3,14 \times 1,5 \times 1,5 = 7,065 \text{ cm}^2$

Ditanya : P dan R = ?

Jawab :

Persamaan kurva kalibrasi :  $y = 0,019x + 0,002$

Absorbansi 4 jam I = 0,047

$y = 0,019x + 0,002$

$0,047 = 0,019x + 0,002$

$0,045 = 0,019x$

$X = 2,37 \rightarrow Ct = 2,37 \text{ mg/mL}$

Absorbansi buffer obat 4 jam I = 0,209

$y = 0,019x + 0,002$

$0,209 = 0,019x + 0,002$

$0,207 = 0,019x$

$X = 10,89 \rightarrow Co = 10,89 \text{ mg/mL}$

$$\ln\left(1 - \frac{2Ct}{Co}\right) = \frac{2A}{V}Pt$$

$$-\left(\frac{V}{2A}\right)x \ln\left(1 - \frac{2Ct}{Co}\right)$$

$$-\left(\frac{140}{2 \times 7,065}\right)x \ln\left(1 - \frac{2 \times 2,37}{10,89}\right)$$

$$-\left(\frac{140}{14,13}\right) \times \ln\left(1 - \frac{4,74}{10,89}\right)$$

$$-(9,91) \times \ln(1 - 0,435)$$

$$-(9,91) \times \ln(0,565)$$

$$-(9,91) \times (-0,57)$$

$$5,6487$$

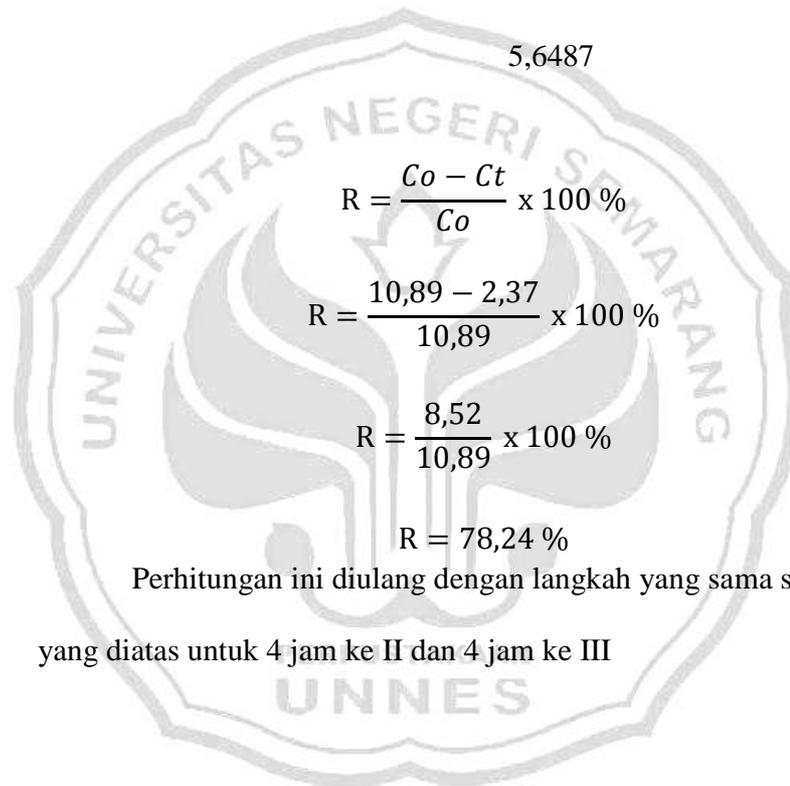
$$R = \frac{C_o - C_t}{C_o} \times 100 \%$$

$$R = \frac{10,89 - 2,37}{10,89} \times 100 \%$$

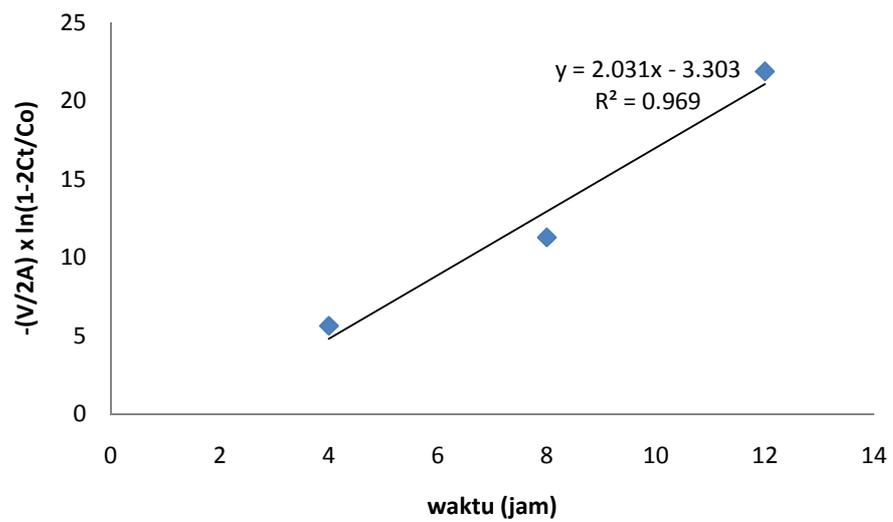
$$R = \frac{8,52}{10,89} \times 100 \%$$

$$R = 78,24 \%$$

Perhitungan ini diulang dengan langkah yang sama seperti yang diatas untuk 4 jam ke II dan 4 jam ke III



x	y
4	5,6487
8	11,2974
12	21,9011



$$D = \frac{Ph}{Kd}$$

$$D = \frac{2,031 \times 0,021}{15,61}$$

$$D = \frac{0,042651}{15,61}$$

$$D = 0,002$$

## LAMPIRAN 12

## Data BET tanpa NaTPP

Quantachrome NovaWin - Data Acquisition and Reduction  
for NOVA instruments  
©1994-2010, Quantachrome Instruments  
version 11.0



<b>Analysis</b>		<b>Report</b>	
Operator: nova	Date: 2012/10/15	Operator: nova	Date: 10/16/2012
Sample ID: Novi	Filename:	C:\QCdata\Physisorb\ 20121015\novi.qps	
Sample Desc: tanpa NaTPP	Comment:		
Sample weight: 0.108 g	Sample Volume: 0.02769 cc	Sample Density: 3.9 g/cc	
Outgas Time: 3.0 hrs	Outgas Temp: 300.0 C		
Analysis gas: Nitrogen	Bath Temp: 77.3 K		
Press. Tolerance: 0.100/0.100 (ads/des)	Equil time: 60/60 sec (ads/des)	Equil timeout: 240/240 sec (ads/des)	
Analysis Time: 63.3 min	End of run: 2012/10/15 22:42:07	Instrument: Nova Station A	
Cell ID: 08		F/W version: 0.00	

**BJH Pore Size Distribution Adsorption****Data Reduction Parameters Data**

f-Method	Po override: 760.00 mmHg		
BJH/DH method	Calc. method: de Rober		
Adsorbate	Moving pt. avg.: off	Ignoring P-tags below 0.35 P/Po	
	Nitrogen	Temperature 77.350K	
	Molec. Wt.: 28.013 g	Cross Section: 16.200 Å <sup>2</sup>	Liquid Density: 0.808 g/cc
	Contact Angle: 0.0 degrees	Surf. Tension: 8.850 erg/cm <sup>2</sup>	

**BJH Pore Size Distribution Adsorption Data**

Radius	Pore Volume	Pore Surf Area	dV(r)	dS(r)	dV(logr)	dS(logr)
[Å]	[cc/g]	[m <sup>2</sup> /g]	[cc/Å/g]	[m <sup>2</sup> /Å/g]	[cc/g]	[cc/g]
15.3509	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
17.1352	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
19.1387	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
21.5123	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
24.3719	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
26.9480	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
28.9356	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
32.5394	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
36.7550	1.3552e-04	9.0068e-02	4.6580e-05	2.5346e-02	3.9390e-03	2.1434e+00
40.6561	1.3552e-04	9.0068e-02	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
47.6236	1.3552e-04	9.0068e-02	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
60.3913	1.3552e-04	9.0068e-02	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
74.5406	1.3552e-04	9.0068e-02	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
89.8328	3.4151e-04	1.2925e-01	9.7047e-06	2.1606e-03	2.0006e-03	4.4540e-01
138.0367	3.4859e-04	1.3028e-01	9.0519e-08	1.3118e-05	2.7977e-05	4.0545e-03
308.7127	3.4859e-04	1.3028e-01	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
585.6344	4.3683e-04	1.3329e-01	3.0347e-07	1.0363e-05	4.0072e-04	1.3684e-02

**BJH adsorption summary**

Surface Area = 0.133 m<sup>2</sup>/g  
Pore Volume = 0.000 cc/g  
Pore Radius Dv(r) = 36.755 Å

## Data BET dengan 0,2 % NaTPP

Quantachrome NovaWin - Data Acquisition and Reduction  
for NOVA instruments  
©1994-2010, Quantachrome Instruments  
version 11.0

**Quantachrome**  
INSTRUMENTS

Optimizing particle performance

<b>Analysis</b>		<b>Report</b>	
Operator:nova	Date:2012/10/15	Operator:nova	Date:10/16/2012
Sample ID: Novi	Filename:	C:\QC\data\Physisorb\ 20121016\novi.qps	
Sample Desc: 0,2% NaTPP	Comment:		
Sample weight: 0.1093 g	Sample Volume: 0.02803 cc	Sample Density: 3.9 g/cc	
Outgas Time: 3.0 hrs	Outgas Temp: 300.0 C		
Analysis gas: Nitrogen	Bath Temp: 77.3 K		
Press. Tolerance:0.100/0.100 (ads/des)	Equil time: 60/60 sec (ads/des)	Equil timeout: 240/240 sec (ads/des)	
Analysis Time: 63.5 min	End of run: 2012/10/15 1:52:55	Instrument: Nova Station A	
Cell ID: 99		F/W version: 0.00	

**BJH Pore Size Distribution Adsorption****Data Reduction Parameters Data**

t-Method	Po override: 760.00 mmHg		
BJH/DH method	Calc. method: de Boer	Ignoring P-tags below 0.35 P/Po	
Adsorbate	Moving pt. avg.: off	Temperature 77.350K	Liquid Density: 0.808 g/cc
	Nitrogen	Cross Section: 16.200 Å²	
	Molec. Wt.: 28.013 g	Surf. Tension: 8.850 erg/cm²	
	Contact Angle: 0.0 degrees		

**BJH Pore Size Distribution Adsorption Data**

Radius	Pore Volume	Pore Surf Area	dV(r)	dS(r)	dV(logr)	dS(logr)
[Å]	[cc/g]	[m²/g]	[cc/Å/g]	[m²/Å/g]	[cc/g]	[cc/g]
17.0865	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
19.1052	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
21.4895	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
24.3669	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
26.8815	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
28.9304	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
32.4841	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
36.4867	5.1013e-05	2.7962e-02	1.6496e-05	9.0423e-03	1.3851e-03	7.5922e-01
40.0883	5.1013e-05	2.7962e-02	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
46.8593	5.2377e-05	2.8545e-02	1.4462e-07	6.1727e-05	1.5552e-05	6.6376e-03
59.3085	5.5224e-05	2.9505e-02	1.8406e-07	6.2068e-05	2.4992e-05	8.4279e-03
73.6416	5.5224e-05	2.9505e-02	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
88.7441	1.9716e-04	6.1493e-02	8.3463e-06	1.8810e-03	1.7002e-03	3.8318e-01
134.4397	1.9716e-04	6.1493e-02	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
280.1695	3.3984e-04	7.1679e-02	6.5727e-07	4.6919e-05	4.0188e-04	2.8688e-02
527.4609	4.9503e-04	7.7563e-02	5.5923e-07	2.1204e-05	6.6323e-04	2.5148e-02

**BJH adsorption summary**

Surface Area = 0.078 m²/g  
Pore Volume = 0.000 cc/g  
Pore Radius Dv(r) = 36.487 Å

## LAMPIRAN 13

### Dokumentasi Penelitian



**Proses Pembuatan Larutan Kitosan      Proses Pencetakan Membran Kitosan-TPP**



**Proses Uji Swelling**



**Proses Uji Permselectivitas**

