

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KITOSAN DARI SISA KULIT UDANG  
DAN CENGERANG KETAM**

**NOOR WAHIDAYU BINTI HUSSAIN**

**Laporan ini dikemukakan bagi memenuhi sebahagian daripada syarat  
penganugerahan Ijazah Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur dan Bahan)**

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal  
Universiti Teknikal Malaysia Melaka**

**JUN 2012**

### **PENGESAHAN PENYELIA**

“Saya akui bahawa saya telah membaca laporan ini dan pada pandangan saya laporan ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Struktur dan Bahan)”

Tandatangan : .....

Penyelia : DR. HADY EFENDY

Tarikh : .....

## PENGAKUAN

“Saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya”

Tandatangan : .....

Nama Penulis : NOOR WAHIDAYU BINTI HUSSAIN

Tarikh : .....

Khas buat keluarga dan sahabat tercinta.

## PENGHARGAAN

Pertama sekali syukur kepada Allah yang Esa kerana dengan izin-Nya saya dapat menyempurnakan laporan kajian projek sarjana muda di UteM. Saya amat berbesar hati untuk menyampaikan rasa terima kasih untuk segala bentuk sokongan, motivasi dan inspirasi yang telah saya dapat sepanjang proses menyiapkan projek ini.

Saya ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang tertinggi buat penyelia saya iaitu Dr. Hady Efendy untuk segala nasihat, bimbingan dan kesabaran beliau dalam memberi idea-idea bernas yang membawa kepada kejayaan projek ini. Segala sumbangan beliau hanya mampu saya dahului dengan ucapan ribuan terima kasih.

Ucapan terima kasih juga ditujukan khas kepada pihak UTeM kerana telah berjaya menyediakan kemudahan dan persekitaran kondusif untuk saya menjalankan projek. Tidak dilupakan juga kepada semua staf Fakulti Kejuruteraan Mekanikal yang berusaha keras membantu dari segi pelaksanaan dan pengurusan semua pelajar tahun 4, terutama sekali penyelarass Projek Sarjana Muda iaitu Encik Fudhail bin Abdul Munir.

Akhir sekali, setinggi-tinggi ucapan terima kasih ditujukan kepada semua rakan-rakan seperjuangan, ahli keluarga dan kedua ibu bapa saya. Maaf dipohon andai terdapat nama-nama yang tidak dinyatakan yang telah membantu saya secara langsung atau tidak langsung. Sekian terima kasih.

## ABSTRAK

Kitosan merupakan polimer yang bebas toksik dan terhasil dari proses deasetilasi kitin. Ianya merupakan bahan industri yang memiliki nilai komersial dan ekonomi yang sangat baik. Aplikasi kitosan adalah sangat meluas merangkumi aplikasi dalam bidang perubatan dan kesihatan, bidang kosmetik, industri pengawetan makanan, industri jana kuasa dan lain-lain lagi. Namun, sifat-sifat dan kualiti kitosan dipengaruhi kuat oleh kaedah semasa fasa pembuatannya. Parameter seperti suhu, kepekatan larutan kimia, saiz partikel bahan asas dan beberapa faktor lain menyumbang kepada kualiti kitosan yang beragam dan tidak tetap. Tujuan penelitian ini adalah bagi menghasilkan produk kitosan dengan kaedah kimia dan menjalankan karakterisasi ke atas sifat-sifat produk kitosan merangkumi sifat fizikal, mekanikal, terma dan pencirian secara elemental. Kaedah kimia digunakan bagi penghasilan produk kitosan di mana bahan asas (kulit udang dan cengkerang ketam) menjalani dua tahap reaksi kimia iaitu tahap pendahuluan (isolasi kitin) dan tahap lanjutan (deasetilasi kitin). Karakterisasi dibuat bagi mendapatkan data perubahan produk kitosan sepanjang dan selepas selesai proses pembuatannya. Misalannya, perubahan struktur kimia untuk kitosan akan dikenalpasti dengan menggunakan instrumen FTIR. Perbezaan kualiti dari kitosan yang terhasil dari kedua-dua jenis bahan mentah akan dianalisis. Analisis sifat-sifat kitosan adalah sesuatu yang kritikal di mana melalui hasil pencirian ini, kesimpulan akan dibuat sama ada produk kitosan yang dihasilkan ini boleh digunakan ataupun tidak.

## ***ABSTRACT***

Chitosan is a free toxic polymer which produces by the process of deacetylation of chitin. It is an industrial material with a very good commercial and economy value. Application of chitosan was broad including the medicine and health industry, cosmetics, food preservation industry, power industry and so much more. Yet, the properties and quality of chitosan product was strongly influence by the method use during its production phase. Parameters such as temperature, chemical concentration, particle size of raw material and others factors contribute to the variety and unfixed of chitosan quality. The focus of this research was to produce chitosan product by using chemical method and characterization of its properties were perform including physical, mechanical, thermal and elemental characterization. Chemical method was used for the production process where the raw material (shrimp and crab shell) undergoes two phase of chemical reaction which is preface stage (Isolation of chitin) and advance stage (Deacetylation of chitin). Characterizations were performing in order to establish data of chitosan product changes during and after its production process. For example, changes in chemical structure were determined by using FTIR instrument. The differences in the quality of chitosan derived from both types of raw material will be analyzed. Analysis of properties of chitosan is very critical as to proof whether the produced chitosan is secure to use or not. The conclusion will be made after the analysis of both chitosan products is done.

## ISI KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	<b>PENGAKUAN</b>	ii
	<b>DEDIKASI</b>	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
	<b>PENGHARGAAN</b>	iv
	<b>ABSTRAK</b>	v
	<b><i>ABSTRACT</i></b>	vi
	<b>ISI KANDUNGAN</b>	vii
	<b>SENARAI JADUAL</b>	x
	<b>SENARAI RAJAH</b>	xi
	<b>SENARAI SINGKATAN</b>	xiii
	<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	xiv
<b>BAB 1</b>	<b>Pengenalan</b>	
	1.1 Latar Belakang Projek	1
	1.2 Peryataan Masalah	2
	1.3 Objektif	3
	1.4 Skop Projek	3
	1.5 Kepentingan Projek	3
<b>BAB 2</b>	<b>KAJIAN ILMIAH</b>	



2.1	Kitin dan Kitosan	4
2.1.1	Struktur Molekul	5
2.1.2	Sumber Kitosan	6
2.2	Sifat-sifat Kitin dan Kitosan	6
2.2.1	Berat Molekul Kitosan	8
2.2.2	Sifat-sifat kimia kitosan	9
2.2.3	Darjah Deasetilasi (DD)	10
2.3	Pengolahan Kitosan	11
2.3.1	Klasifikasi Kaedah Pengolahan	11
2.3.2	Faktor dan parameter pengolahan	14
2.3.3	Deproteinasi	16
2.3.4	Demineralisasi	17
2.3.5	Deasetilasi	17
2.4	Aplikasi Kitosan	17
2.4.1	Bidang Kesihatan dan Perubatan	18
2.4.2	Bidang Kosmetik	18
2.4.3	Industri Pengawetan Makanan	19
2.4.4	Industri Jana Kuasa	19
<b>BAB 3</b>	<b>KAEDAH KAJIAN</b>	
3.1	Bahan dan alat	20
3.2	Carta Alir Proses PSM	21
3.3.1	Penyediaan Kulit udang dan cengkerang ketam	22
3.3.2	Pengeringan dan Penyediaan serbuk	22
3.4.1	Konsep Asas Pembuatan Kitosan	26

3.4.2	Penyediaan Larutan Kimia	27
3.4.3	Cara Kerja Deproteinasi	29
3.4.4	Cara Kerja Demineralisasi	30
3.4.5	Cara Kerja Deasetilasi	32
3.5.1	Analisis Mikrostruktur (Optikal Mikroskop)	32
3.5.2	Analisis FTIR	33
<b>BAB 4</b>	<b>KEPUTUSAN &amp; PERBINCANGAN</b>	
4.1	Data pengurangan jisim	36
4.2	Analisis Optikal Mikroskop	37
4.2.1	Struktur Mikroskop Hasil	39
4.3	Analisis FT-IR	42
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN</b>	61
<b>BAB 6</b>	<b>SARANAN</b>	62
	<b>RUJUKAN</b>	63
	<b>LAMPIRAN</b>	68

**SENARAI JADUAL**

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2. 1	Sumber-sumber Kitosan	6
2. 2	Bentuk-bentuk fizikal kitosan dan sifatnya.	8
4.1	Data Pengurangan Jisim setiap Proses	36
4.2	Analisis Perbandingan Kualitatif Kitin & Kitosan	43

## SENARAI RAJAH

BIL.	TAJUK	MUKA SURAT
2. 1	Gambar bentuk fizikal kitin dan kitosan	5
2. 2	Struktur Molekul (a) Kitin dan (b) Kitosan	5
2. 3	Spektra FTIR bagi analisis kemurnian kitosan.	11
2. 4	Skema proses pengolahan kitosan	13
2. 5	Variasi saiz partikel serbuk bahan asas	14
2. 6	Kepelbagaian sumber bahan mentah.	16
3. 1	Carta alir PSM.	21
3. 2	Sumber bahan asas.	22
3. 3	<i>Oven</i> bagi proses pengeringan.	23
3. 4	Gambar proses pengadukan dengan alatan <i>ball milling</i> .	23
3. 5	Carta alir prosedur tahap pendahuluan.	24
3. 6	Carta alir proses tahap lanjutan.	25
3. 7	Konsep Asas Pembuatan Kitosan	26
3. 8	NaOH dalam bentuk pelet	28
3. 9	Penyediaan radas bagi proses deproteinasi.	29
3. 10	Perbezaan warna sebelum dan selepas pencucian dan peneutralan.	30
3. 11	Campuran proses demineralisasi.	31
3. 12	Sampel hasil demineralisasi	31
3. 13	Mikroskop cahaya dan komponen.	33
3. 14	Alatan FTIR spektrum 100	35
4. 1	Contoh profil permukaan tidak rata	38

4. 2	(a) Udang Mentah (b) Cengkerang ketam	39
4. 3	Hasil deproteinasi	39
4. 4	Hasil demineralisasi	40
4. 5	Hasil deasetilasi (kitosan)	40
4. 6	Struktur kitin dan kitosan.	42
4.7	KU vs KK (C=O)	44
4.8	KU vs KK (-NH)	45
4.9	KU vs KK (Sakarida)	46
4.10	KU vs KK vs KT (C=O)	47
4.11	KU vs KK vs KT (-NH)	48
4.12	KU vs KK vs KT (Sakarida)	49
4.13	U1 vs U2 vs U3 (C=O)	50
4.14	U1 vs U2 vs U3 (-NH)	51
4.15	U1 vs U2 vs U3 (Sakarida)	52
4.16	K1 vs K2 vs K3 (C=O)	53
4.17	K1 vs K2 vs K3 (-NH)	54
4.18	K1 vs K2 vs K3 (Sakarida)	55
4.19	Kitin vs Kitosan Ketam (Amida)	56
4.20	Kitin vs kitosan Ketam (Sakarida)	57
4.21	Kitin vs Kitosan Udang (Amida)	58
4.22	Kitin vs kitosan Udang ( Sakarida)	59
4.23	Ketam mentah vs Udang mentah	60

**SENARAI SINGKATAN**

HCl	-	Hidroklorik Asid
NaOH	-	Natrium Hidroksida
DD	-	Darjah Deasetilasi
XRD	-	<i>X-Ray Diffraction</i>
SEM	-	<i>Scanning Electron Microscope</i>
FT-IR	-	<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>
ATR	-	Attenuated total reflectance
U1	-	Udang hasil deproteinasi
U2	-	Udang hasil demineralisasi
U3	-	Udang hasil deasetilasi (Kitosan dari udang)
K1	-	Ketam hasil deproteinasi
K2	-	Ketam hasil demineralisasi
K3	-	Ketam hasil deasetilasi (Kitosan dari ketam)

**SENARAI LAMPIRAN**

<b>BIL.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
1	Carta Gantt PSM I	69
2	Carta Gantt PSM II	70
3	Serapan Tipikal Frekuensi Inframerah	71
4	Penyediaan Sampel Atr Analisis FTIR	72
5	Perbezaan Struktur Warna (Kitosan Udang)	73
6	Perbezaan Struktur Warna (Kitosan Ketam)	74
7	Perbezaan Struktur Warna (Hasil Kitosan dan Kitosan Tulen)	75

## **BAB 1**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 Latar Belakang Projek**

Pada umumnya, kitin yang terkandung dalam limpahan sisa marin seperti kulit udang dan cengkerang ketam merupakan sumber semulajadi kedua terbesar yang tidak dimanfaatkan selepas selulosa ( Kusumaningsih,T et al. 2004). Sisa ini jika tidak diolah secara maksima, ianya berpotensi menyumbang kepada pencemaran alam sekitar khususnya pencemaran bau dari sisa tersebut.

Kandungan kitin dalam cengkerang ketam (50-60%) adalah lebih tinggi daripada kandungan kitin dalam kulit udang (15-20%). Manakala, kitosan pula terhasil daripada proses deasetilasi kitin. Menurut Yunizal (2001), pengekstrakan kitosan dari kulit udang akan mencapai hasil yang optimum jika deproteinasi dengan NaOH 3%, demineralisasi dengan HCl dan akhirnya deasetilasi dengan NaOH 50% pada suhu sekitar 80°C hingga 140°C.

Di Malaysia, penghasilan kitosan mula berkembang maju. Namun masih banyak pihak yang tidak menyedari akan kelebihan produk kitosan ini. Aplikasi kitosan adalah mencakupi bidang farmasi, kesihatan, bidang industri seperti industri membran, biokimia, bioteknologi, pemprosesan makanan, pengolahan sisa, kosmetik, agro industri, industri perikanan, polimer dan industri kertas. (Sugita,P. 2009). Oleh itu, kajian



mengenai kitosan mestilah dipergiatkan kerana ianya memberi banyak manfaat seperti mewujudkan peluang pekerjaan, memberi nilai tambah kepada sisa marin di samping mengatasi masalah pencemaran.

Penghasilan kitosan boleh dilakukan dengan dua kaedah iaitu melalui kaedah kimia atau pun kaedah enzim. Dalam projek ini, produk kitosan akan dihasilkan dengan menggunakan kaedah kimia yang meliputi dua tahap iaitu tahap pendahuluan (isolasi kitin) dan tahap lanjutan (deasetilasi kitin). Kepekatan reagen, tempoh reaksi kimia, suhu dan saiz partikel merupakan faktor dominan yang mempengaruhi kualiti produk akhir kitosan. Maka, daripada kitosan yang terhasil dalam projek ini, karakterisasi akan dijalankan dan cadangan modifikasi produk akan dibincangkan dengan lebih mendalam pada PSM 2. Adalah diharapkan projek ini mencapai objektif dan sekaligus menyumbang kepada kajian kitosan di Malaysia.

## **1.2 Peryataan Masalah**

Dewasa ini, permintaan terhadap kajian sumber alam yang boleh diperbaharui adalah amat menggalakkan di setiap negara. Kitosan merupakan salah satu bahan yang berpotensi menjadi bahan industri yang memiliki nilai ekonomi yang baik. Namun, kualiti kitosan yang dihasilkan mempunyai sifat dan kualiti yang berbeza-beza bergantung kepada bahan mentah dan teknik pemprosesan yang digunakan.

Sehubungan dengan itu, kajian ini dijalankan bagi memperkenalkan kaedah penghasilan kitosan. Kemudian, hasil kitosan akan dikaji sifat-sifat mekanikal dan fizikalnya dengan menghubungkan teori dengan aplikasi instrumentasi. Misalannya, morfologi produk kitosan akan diperincikan menggunakan mikroskop pengimbas.

### **1.3 Objektif**

Projek ini mengandungi objektif seperti berikut:-

- a) Untuk menghasilkan kitosan.
- b) Mengekstrak dan sintesis kitosan daripada kulit udang dan cengkerang ketam.
- c) Menjalankan karakterisasi ke atas sifat-sifat fizikal dan mekanikal produk kitosan.

### **1.4 Skop Projek**

Skop bagi projek ini adalah seperti berikut:-

- a) Menghasilkan produk kitosan.
- b) Menjalankan proses isolasi kitin dari kulit udang dan cengkerang ketam.
- c) Karakterisasi dan ujikaji ke atas sifat-sifat fizikal hasil iaitu kitosan.

### **1.5 Kepentingan Projek**

Antara kepentingan projek ini dijalankan adalah :-

- a) Mengurangkan limpahan sisa-sisa marin yang berpotensi menyumbang kepada pencemaran alam.
- b) Memberi nilai tambah kepada sisa-sisa marin di samping dapat mewujudkan peluang pekerjaan yang baru.
- c) Memperkenalkan kaedah penghasilan produk kitosan yang memiliki nilai komersial industri yang baik.
- d) Sebagai memenuhi permintaan kajian dan pembangunan dalam kajian tenaga hijau.

## BAB 2

### KAJIAN ILMIAH

#### 2.1 Kitin dan Kitosan

Merujuk kepada Tokura dan Tamura (2007), kitin dan kitosan adalah bahan yang terdapat dalam kebanyakan hidupan akuatik, hidupan bumi dan malah wujud juga dalam sesetengah mikro organisma. Secara istilah kimia, kitin disebut sebagai 2-asetamida-2-deoksi-D-glukopiranososa.

Manakala, kitosan pula adalah polimer bebas toksik yang terhasil dari proses deasetilasi kitin. Merujuk kepada Purvanita dan Rahayu (2007), kitin secara semulajadi adalah tidak lengkap darjah deasetilasinya sedangkan kitosan biasanya mengadungi rantaian asetil yang bervariasi. Kitin mengandungi peringkat asetil kira-kira 10% sahaja berbanding kitosan secara puratanya bermula dengan peringkat asetil 60% dan boleh mencapai 100% iaitu deasetilasi penuh.

Menurut Djaeni (2003), harga kitosan dengan peringkat deasetilasi 70% dapat mencapai harga US \$ 750/kg. Bahan ini wujud melimpah ruah dan merupakan sumber yang boleh diperbaharui. Kitosan memiliki sifat-sifat yang sangat baik seperti boleh terbiodegradasi, serasi dengan tubuh, tidak bertoksik, dan bersifat menyerap. Kitin dan kitosan secara amnya berbentuk lembaran atau kepingan nipis yang tidak berbau dan berwarna putih kekuningan seperti yang tampak pada **Rajah 2.1**.



(a)

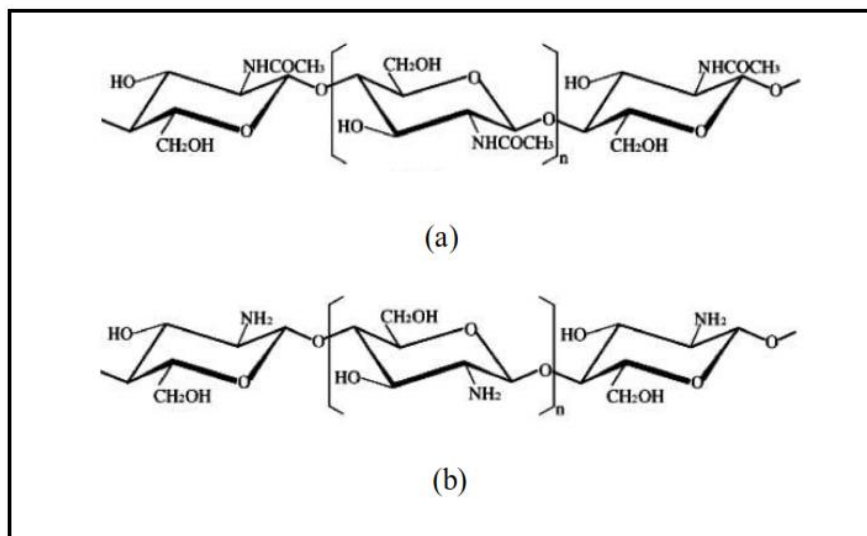
(b)

**Rajah 2.1:** Gambar bentuk fizikal kitin dan kitosan

(a) Kepingan kitin dan (b) Kepingan kitosan

### 2.1.1 Struktur Molekul

Kitosan memiliki rumus molekul  $(C_6H_{11}NO_4)_n$  dan mempunyai rantaian kumpulan amino yang reaktif kepada banyak jenis reaksi kimia. Struktur molekul kitin dan kitosan adalah seperti pada **Rajah 2.2**.



**Rajah 2.2:** Struktur Molekul (a) Kitin dan (b) Kitosan

### 2.1.2 Sumber Kitosan

Kitosan terhasil daripada kitin iaitu karbohidrat polimer yang wujud secara semulajadi. Kitin boleh diperolehi dari cengkerang-cengkerang hidupan krustasia misalannya ketam, udang kecil, udang karang, termasuk juga karangan dan obor-obor (Shahidi dan Abuzaytoun, 2005).

Selain daripada hidupan akuatik, hidupan bumi seperti serangga dan cendawan juga dipertimbangkan sebagai bahan yang berpotensi menjadi sumber alternatif kepada penghasilan kitosan. Serangga seperti kupu-kupu, dan kumbang adalah contoh organisma yang memiliki kandungan kitin pada struktur lapisan luar kulitnya. Dinding sel pada yeast, cendawan dan kulat juga memiliki kandungan kitin. Merujuk **Jadual 2.1** di bawah, sumber kitosan paling banyak adalah terdapat pada sumber udang-udangan (70%).

**Jadual 2.1:** Sumber-sumber Kitosan

Jenis Bahan Dasar	Peratusan Kadar Kitosan
Cendawan	5- 20%
Sotong	3-20%
Kala jengking	30%
Labah-labah	38%
Kumbang	35%
Ulat sutera	44%
Ketam	69%
Udang	70%

Sumber : (Manurung, M, 2005)

## 2.2 Sifat-sifat Kitin dan Kitosan

Menurut Synowiecki dan Al-Kateeb (2003), kitin memiliki sifat utama iaitu sukar untuk larut dalam air dan beberapa pelarut organik. Ini menyebabkan keterlarutan dan reaktiviti kimianya menjadi rendah. Namun, kitin boleh larut dalam beberapa jenis medium seperti HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Kitin juga larut dalam larutan garam semulajadi yang pekat dan dipanaskan. Sumber kitin adalah berlimpahan dari sumber

alam akan tetapi komposisinya terikat juga dengan unsur lain seperti protein, mineral dan pigmen.

Kitin berwarna putih atau kekuningan, keras, tidak elastik dan merupakan sejenis polisakarida yang mengandungi unsur Nitrogen. Kitin memiliki sifat-sifat baik yang lain seperti boleh diperbaharui (*renewable*), boleh terurai secara alami dan tidak mencemarkan alam, tidak bertoksik dan memiliki struktur molekul yang mudah dimodifikasikan. Oleh sebab itulah penggunaan kitin dalam industri boleh diperkembangkan dengan kaedah modifikasi yang memaksimumkan kepelbagaian sifat-sifat bahan dari kitin dan seterusnya menjadikan bahan ini sebagai biopolimer yang bernilai tinggi dan pelbagai guna. (Taranathan dan Kittur, 2003).

Kitosan pula merupakan terbitan dari kitin yang paling banyak dihasilkan di seluruh dunia. Ini kerana, tidak seperti kitin, keterlarutan kitosan adalah lebih baik. Menurut Tolaimate et al (2003), kitosan boleh larut dalam larutan asid lemah dan berubah menjadi bahan yang bersifat polikationik. Secara lazimnya, deasetilasi kitin menjadi kitosan dilakukan dengan larutan alkali dan larutan yang selalu dipakai adalah NaOH. Darjah deasetilasi kitosan juga jauh lebih baik jika dibandingkan dengan kitin. Tahap deasetilasi pula dipengaruhi kuat oleh konsentrasi alkali, suhu dan waktu reaksi. (Yaghobi dan Mirzadeh 2004).

Berhubung dengan darjah deasetilasi yang lebih tinggi berbanding kitin, bentuk fizikal kitosan boleh dipelbagaikan penghasilannya. Sifat mudah dibentuk ini merupakan sifat fizik utama yang dimiliki oleh kitosan berbanding kitin. Merujuk kepada Kaban (2009), kitosan mudah dibentuk menjadi larutan, gel, membran dan termasuk bentuk serat (fiber) yang memainkan peranan yang penting dalam aplikasinya. **Jadual 2.2** di bawah menyenaraikan bentuk-bentuk fizikal kitosan yang boleh dihasilkan dan sifat-sifat bagi setiap bentuk fizikal.

**Jadual 2.2:** Bentuk-bentuk fizikal kitosan dan sifatnya.

<b>Bentuk Kitosan</b>	<b>Sifat-sifat</b>
Serbuk( <i>powder</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bervariasi dari saiz yang kasar sehingga halus</li> <li>• Bersifat boleh melapisi permukaan bahan lain (coating)</li> <li>• Bersifat boleh tersebar pada permukaan bahan lain (spray)</li> <li>• Cepat larut</li> <li>• Memiliki tahap kemurniaan yang tinggi</li> </ul>
Lapisan tipis ( <i>film</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boleh dimodifikasi sifat keras sehingga fleksibel</li> <li>• Dapat ditembusi gas O<sub>2</sub></li> <li>• Dapat menempel terhadap permukaan yang bercas negatif</li> </ul>
Kepingan ( <i>Sheet or shape</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sesuai bagi aplikasi dalam bidang ortopedik</li> <li>• Mudah terbentuk (<i>readily molded</i>)</li> </ul>
Serat ( <i>fiber</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kuat</li> <li>• Fleksibel atau kenyal</li> <li>• Terurai secara semulajadi</li> </ul>
Gel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gel yang mempunyai kekuatan tinggi</li> <li>• Gel yang mudah dibentuk dengan poli-anion</li> </ul>
Butiran ( <i>Beads</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ukuran yang pelbagai dan mudah dipilih</li> <li>• Sifat porositinya mudah divariasikan</li> </ul>
Pasta atau losen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tahan air</li> <li>• Mudah untuk diformulasi (diproses)</li> <li>• Daya pelembab yang baik</li> </ul>
Larutan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variasi kelikatan dari tinggi hingga rendah</li> <li>• Sifat kejernihan larutan yang tinggi</li> <li>• Menghasilkan bentuk garam</li> </ul>

Sumber : Hirano, 1984

### 2.2.1 Berat Molekul Kitosan

Polimer kitosan mempunyai berat molekul yang tinggi dan menunjukkan kadar kelikatan (*viscosity*) yang baik di dalam asid. Berat molekul kitosan berkait rapat dengan jenis bahan mentah yang digunakan dan juga kaedah pembuatannya. Kitosan mendapat perhatian sebagai biopolimer pelbagai fungsi bagi aplikasi yang luas. Kepelbagaian

fungsi ini bergantung bukan sahaja pada struktur kimia, tetapi juga pada saiz molekul (Qin et al , 2003).

Dalam pada itu, suhu juga memainkan peranan dalam perubahan berat molekul kitosan. Misalannya, pada suhu melebihi 280°C ,degradasi haba kitosan berlaku dan rantaian ikatan polimer mula terpisah dengan kadar yang pantas sekaligus mengurangkan berat molekul. Maka, penghasilan kitosan yang dijalankan pada suhu yang tinggi atau dengan menggunakan asid pekat boleh menyumbang kepada perubahan berat molekul. Analisis berat molekul sesuatu bahan boleh ditentukan oleh kaedah-kaedah seperti kromatografi, penyerakan cahaya dan viskometri.

### **2.2.2 Sifat-sifat kimia kitosan**

Kitosan memiliki sifat kimia yang stabil, reaktif dan mudah dimodifikasi. Merujuk kepada Dutta (2004), kitosan merupakan polimer yang memiliki struktur poliamina linear (*linear polyamine*), kumpulan amino dan hidrosil yang reaktif, dan juga bertindak sebagai agen mengelat (*chelating agent*) kepada kebanyakan ion logam. Kumpulan dan rantaian amino adalah reaktif dan boleh membentuk garam bila berinteraksi dengan asid.

Kumpulan hidroksil dan amina yang wujud pada kitosan pula dapat membina ikatan hidrogen secara intermolekular atau intramolekular. Dengan demikian, terbentuk jaringan hidrogen yang kuat dan membuatkan kitosan tidak larut dalam air. Kumpulan fungsi dari kitosan (kumpulan hidroksil primer pada C-6, kumpulan hidroksil sekunder pada C-3 dan kumpulan amino pada posisi C-2) membuatkan kitosan mudah dimodifikasi secara kimia (Kaban 2009).

Elektron dari Nitrogen yang terdapat pada kumpulan amina membuat ikatan kovalen dengan ion-ion logam. Dalam situasi ini, kitosan memainkan peranan sebagai penderma elektron kepada ion-ion logam. Kitosan memiliki kemampuan untuk mengikat