

Isolasi dan Karakterisasi Kitosan dari Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*)

Irza Dewi Sartika¹, Moch. Amin Alamsjah² Noor Erma Nasution Sugijanto^{3*}

¹Program Studi Bioteknologi Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga, Surabaya

²Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga, Surabaya

³Fakultas Farmasi, Universitas Airlangga, Surabaya

e-mail: [1irza.dewisartika20@gmail.com](mailto:irza.dewisartika20@gmail.com), [3*ermasugianto@yahoo.co.id](mailto:ermasugianto@yahoo.co.id),

Abstrak

Rajungan (*Portunus pelagicus*) merupakan spesies (Crustacean), cangkangnya tidak dimanfaatkan sehingga menimbulkan limbah yang dapat mencemari lingkungan untuk itu perlu diolah menjadi bahan yang bernilai ekonomi seperti kitosan.

Penelitian ini bertujuan mengisolasi dan melakukan karakterisasi kitin dan kitosan dari cangkang Rajungan.

Hasil penelitian menunjukkan rendemen kitin diperoleh $23,9873 \pm 5,5573$ % kitosan dari cangkang Rajungan diperoleh $13,2724 \pm 1,9338$ % dengan derajat deasetilasi $70,73 \pm 2,9143$ %. Hasil penelitian ini menunjukkan kitosan dapat diisolasi dari cangkang rajungan .

Kata kunci: Rajungan (*Portunus pelagicus*), Kitosan, Isolasi

Abstract

Portunus pelagicus is Crustacean species, the shells polluted the environment, so it can be processed to the valuable materials such as chitosan.

The aims of the study is to isolate and characterization of the chitosan from *Portunus pelagicus*

The results showed that the the yield obtained for extracted chitin was $23,9873 \pm 5,5573$ % , chitosan was $13.2724 \pm 1,9338$ % with degree of deacetylation $70.73 \pm 2,9143$ % from *Portunus pelagicus*. The result showed that chitosan can be isolated from *Portunus pelagicus*

Keywords: *Portunus pelagicus*, Chitosan, Heavy metals, Cu^{2+}

1. PENDAHULUAN

Sumber daya laut yang sangat melimpah dan beragam dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin bagi kesejahteraan manusia. Organisme laut berpotensi tinggi sebagai bahan berkhasiat. Pandangan ini cukup beralasan, karena lingkungan laut dicirikan dengan kisaran kondisi yang sangat luas dan beragam, mulai dari suhu, tekanan, nutrien hingga intensitas cahaya matahari (Rumengan, 2014). Laut merupakan sumber bahan alami dengan organisme invertebrata dari kelompok *Molusca* sp, *Coelenterata* sp, *Annelida* sp, *Nematoda* sp dapat dimanfaatkan manusia sebagai sumber protein maupun bahan berkhasiat yang lain. Salah satu sumber protein hewani yang berasal dari laut adalah rajungan, proteinnya cukup lengkap, karena asam amino esensialnya tinggi, mudah dicerna tubuh,

serta merupakan sumber vitamin yang larut lemak dan air. Di daging kerang darah (*Anadara granosa*) didapatkan vitamin larut lemak berupa A, D, E, dan K, sedangkan vitamin larut air terutama B-kompleks seperti B-1, B-2, B-6 (piridoxin), B-12, dan niasin.

Rajungan hidup pada semua tipe perairan yaitu air tawar, estuari dan laut. terdistribusi dari daerah intertidal, laut dangkal dan ada yang mendiami perairan laut dalam (Nurdin, 2009).

Di Indonesia cangkang rajungan masih menjadi limbah yang dibuang dan menimbulkan masalah bagi lingkungan. Data statistik menunjukkan negara yang memiliki industri pengolahan hasil laut menghasilkan sekitar 56.200 ton limbah pertahun (Departemen Kelautan dan

Perikanan, 2000). Limbah cangkang ini sangat berpotensi menjadi produk yang lebih bernilai, yaitu kitin dan kitosan dibandingkan pemanfaatan yang selama ini hanya sebagai bahan penimbun tanah dan asesoris serta hiasan dinding.

Salah satu bahan berkhasiat dari laut adalah kitin dan kitosan. Sumber utama kitin dan kitosan ialah cangkang *Crustaceae sp*, yaitu udang, lobster, kepiting, kerang-kerangan, rajungan serta hewan yang bercangkang lainnya, terutama yang berasal dari laut (Hawab, 2005). Pasar dunia untuk produk turunan kitin menunjukkan bahwa oligomer kitosan adalah produk yang termahal, yaitu senilai \$ USD 60.000/ton.

Penggunaan kitosan pernah dilaporkan antara lain oleh Dedeh *et al.*, (2012) dan Zury *et al.*, (2014) kitosan sebagai carrier untuk elektroda. Moftah *et al.*, (2013), Akhmad dan Motomizu (2013), Hanandayu *et al.*, (2013), dan Darjito *et al.*, (2014) menggunakan kitosan dan kitosan termodifikasi sebagai adsorben logam berat. Dalam penelitian penurunan kadar logam berat yang dilakukan Rahayu (2007) menyatakan bahwa kitosan dari limbah cangkang rajungan dapat menjadi adsorben pada logam berat merkuri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi pH adsorpsi semakin besar penurunan jumlah ion merkuri (%). pH yang paling optimal adalah pH 5.

Cangkang rajungan juga mengandung kitin dan kitosan yang merupakan senyawa biopolimer paling banyak kedua ditemukan di alam setelah selulosa, atau biopolimer yang mengandung nitrogen (N) terbanyak yang ada di alam. Adanya N yang tinggi dalam polimer inilah yang membuat kitin dan kitosan sangat diminati industri. Adanya atom nitrogen dan oksigen pada kitosan dapat membentuk kompleks dengan logam berat. Kitosan memiliki sifat-sifat yang dapat digunakan antara lain untuk pengolahan limbah cair terutama meminimalisasi logam-logam berat, mengkoagulasi minyak/lemak, serta mengurangi kekeruhan atau sebagai penstabil minyak, rasa dan lemak dalam produksi industri pangan (Rismana, 2004). Secara definitif, kitosan merupakan kitin yang telah mengalami deasetilasi dan menyisakan gugus asetil tidak lebih dari 40-45% (Lina *et al.*, 2001). Namun demikian, di industri lazim digunakan batasan deasetilasi hingga 70%. Tingkat deasetilasi ini

penting, sebab merupakan parameter yang mempengaruhi karakteristik seperti kelarutan, reaktivitas kimia, dan biodegradabilitas kitosan yang diperoleh (Lamarque *et al.*, 2005). Tingkat deasetilasi dapat berkisar antara 30 hingga 95 % tergantung pada sumber bahan baku dan prosedur dalam proses pengolahannya (Martino *et al.*, 2005).

Mengolah cangkang menjadi kitosan dapat dilakukan melalui tiga proses yaitu deproteinasi yang bertujuan untuk menghilangkan sisa protein dari daging kerang, demineralisasi untuk mengurangi kadar mineral (CaCO₃) dengan menggunakan asam konsentrasi rendah untuk mendapatkan kitin. Selanjutnya deasetilasi untuk menghilangkan gugus asetil dari kitin melalui pemanasan dalam larutan alkali kuat dengan konsentrasi tinggi (Yunizal *et al.*, 2001).

Berkaitan dengan hal tersebut diatas pada penelitian ini dikaji limbah cangkang Rajungan (*Portunus pelagis*) yang ada di Indonesia khususnya di Pantai Kenjeran agar dapat dimanfaatkan sebagai sumber kitin dan kitosan. Sumber untuk isolasi kitin dan kitosan ini diutamakan dari bahan dengan nilai ekonomi rendah disamping mengolah limbah cangkang menjadi produk kitosan yang bernilai jual.

Perairan Pantai Kenjeran ditengarai terkontaminasi oleh logam berat (Sudarmaji *et al.*, 2004) untuk itu perlu dicari solusi bagaimana mengatasinya. Kitosan dilaporkan dapat menurunkan kadar logam berat (Rahayu, 2007) untuk itu kitosan yang dihasilkan dari Rajungan diuji kemampuannya dalam menurunkan atau mengadsorpsi larutan logam berat yang dalam hal ini sebagai model digunakan Cu²⁺.

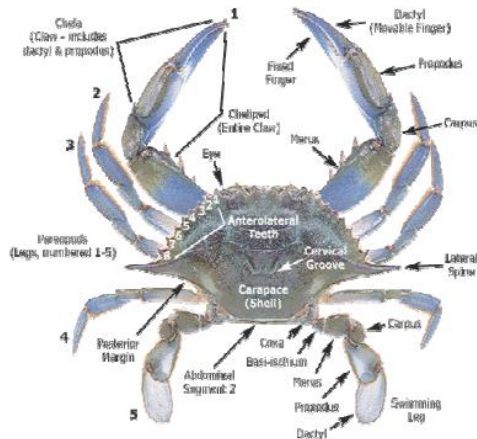
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rajungan (*Portunus pelagis*)

Taksonomi Rajungan menurut Saanin (1984) sebagai berikut :

Filum	: Arthropoda
Kelas	: Crustacea
Sub kelas	: Malacostraca
Ordo	: Eucaridae
Sub ordo	: Decapoda
Famili	: Portunidae
Genus	: Portunus
Spesies	: Portunus pelagis

Morfologi Rajungan dapat dilihat pada Gambar 1. Suku Portunidae mempunyai karapas atau cangkang lebar sekali, lebarnya dapat mencapai 2/3 kali panjangnya. Dahi bergigi empat buah, gigi sebelah luar lebih besar dan lebih menonjol, gigi ini lebih rendah dan lebih membulat pada individu yang belum dewasa. Capit memanjang, kokoh, mempunyai duri sebanyak 9, 6, 5, atau 4 pada sisi depan.



Gambar 1. Deskripsi Rajungan (*Portunus pelagis*)

Menurut Prianto (2007), walaupun rajungan mempunyai bentuk dan ukuran yang beragam tetapi seluruhnya mempunyai kesamaan pada bentuk tubuh. Chelipeds terletak di depan kaki pertama dan setiap jenis memiliki struktur chelipeds yang berbeda-beda. Chelipeds dapat digunakan untuk memegang dan membawa makanan, menggali, membuka kulit kerang dan juga sebagai senjata dalam menghadapi musuh. Carapace merupakan kulit yang keras atau dengan istilah lain exoskeleton (kulit luar) berfungsi untuk melindungi organ bagian kepala, badan dan insang.

Mulut rajungan terbuka dan terletak pada bagian bawah tubuh. Beberapa bagian yang terdapat di sekitar mulut berfungsi memegang makanan dan juga memompakan air dari mulut ke insang. Rajungan memiliki rangka luar yang keras sehingga mulutnya tidak dapat dibuka lebar.

Menurut Juwana dan Kasijan (2000), rajungan dan kepiting sebenarnya satu famili atau satu suku. Karapasnya mempunyai pinggir samping depan yang bergerigi dan jumlah giginya sembilan buah. Perutnya atau yang biasa disebut abdomen terlipat ke depan di bawah karapas. Abdomen jantan sempit dan meruncing ke depan.



Gambar 2. Morfologi Rajungan Jantan dan Betina (Juwana dan Kasijan, 2000)

Keterangan :

- A = Rajungan jantan dilihat dari atas
- B = Rajungan jantan dilihat dari bawah
- C = Rajungan jantan dengan abdomen dibuka
- D = Rajungan betina dilihat dari atas
- E = Rajungan betina dilihat dari bawah
- F = Rajungan betina dengan embelan (pleopod)

Abdomen betina melebar dan membulat penuh dengan embelan, gunanya untuk menyimpan telur.

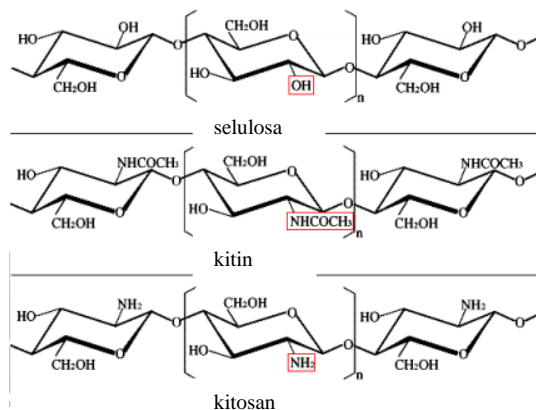
Bagian tubuh kepiting juga dilengkapi bulu dan rambut sebagai indera penerima. Bulu-bulu terdapat hampir di seluruh tubuh tetapi sebagian besar bergerombol pada kaki jalan. Kepiting menemukan makanannya menggunakan rangsangan bahan kimia yang dihasilkan oleh organ tubuh. Antena memiliki indera penciuman yang mampu merangsang kepiting untuk mencari makan. Ketika alat pendeteksi pada kaki melakukan kontak langsung dengan makanan, chelipeds dengan cepat menjepit makanan tersebut dan langsung dimasukkan ke dalam mulut. Mulut kepiting juga memiliki alat penerima sinyal yang sangat sensitif untuk mendeteksi bahan-bahan kimia. Kepiting mengandalkan kombinasi organ perasa untuk menemukan makanan, pasangan dan menyelamatkan diri dari predator (Prianto, 2007).

Kepiting termasuk dalam beberapa suku (familia), Portunidae dan seksi (sectio) Brachyura. Rajungan (*Portunus pelagis*) sering berganti kulit

secara teratur. Kulit kerangka tubuhnya terbuat dari bahan berkapur dan karenanya tak dapat terus tumbuh. Jika ia akan tumbuh lebih besar maka kulitnya akan retak pecah dan dari situ akan keluar individu yang lebih besar dengan kulit yang masih lunak. Rajungan yang baru berganti kulit, tubuhnya masih sangat lunak. Masa selama bertumbuh lunak ini merupakan masa yang sangat rawan dalam kehidupannya, karena pertahanannya sangat lemah. (Juwana, 2000)

2.2 Kitosan

Kitosan merupakan senyawa turunan kitin, memiliki struktur (1,4)-2-Amino-2-Deoksi-β-D-Glukosa. Sumber kitosan yang sangat potensial adalah rangka Crustaceae (Muzzarelli, 1977). Kitosan merupakan polimer alami dengan struktur molekul yang menyerupai selulosa bedanya terletak pada gugus rantai C-2 dimana gugus hidroksi (OH) pada C-2 digantikan oleh amina (NH₂) (Hardjito, 2006).



Gambar 3. Rumus struktur selulosa, kitin dan kitosan

Secara struktural, kitosan merupakan polimer rantai lurus (straight-chain polymer) yang terdiri dari D-glukosamin dan N-asetil-D-glukosamin. Kitosan mempunyai rumus umum (C₆H₁₁NO₄)_n atau disebut sebagai poli(2-amino-2-deoksi-β-D-glukosa) (Fernandez-Kim, 2004). Kitosan memiliki pKa 6,5 sehingga kitosan dapat larut dalam sebagian besar larutan organik yang bersifat asam dan memiliki pH kurang dari 6,5 termasuk format, asetat, tartarat, dan asam sitrat (LeHoux dan Grondin, 1993; Peniston and Johnson, 1980). Kandungan kitin dari beberapa sumber diantaranya di tabelkan pada Tabel 1:

Tabel 1. Beberapa Sumber Organisme Penghasil Kitin dan Kitosan.

Sumber : Shirosi, (1981) dalam Knorr, (1984)

No	Jenis Organisme	Kandungan Kitin (%)
1	Crustanceae	72,1 ^a
	- Kepiting	69,8 ^a
	- Lobster :(Nephops, dan Homarus)	(60,8-77,0) ^a
2	Serangga	
	- Kecoa	18,4 ^a
	- Lebah	(27-35) ^a
	- Ulat sutra	44,2 ^a
3	Molusca	
	- Kulit resmis	6,1
	- Kulit tiram	3,6
4	Jamur	
	- Aspergillus niger	42,0 ^b
	- Penicillium	20,1 ^b
	- Chrysogenium cereviciae	2,9 ^b
	- Lactarius vellerius (Mushroom)	19,0 ^b

Keterangan:

a = Berat organik dari kutikula

b = Berat kering dari dinding sel

Kitosan tidak larut dalam asam fosfat dan asam sulfat. Kelarutan kitosan, kemampuannya terbiodegradasi, reaktivitas, dan adsorpsi oleh banyak substrat tergantung dari jumlah gugus amino yang terprotonasi dalam rantai polimer, selain dari perbandingan jumlah unit D-glukosamin yang terasetilasi dan tidak terasetilasi. Gugus amina (pKa 6,2–7,0) akan terprotonasi dalam asam dengan pKa yang lebih rendah dari 6,2, sehingga kitosan dapat terlarut (Guibal, 2004; Kubota, 2000; Kurita, 2006; Anthonsen dan Smidsroed, 1995; Rinaudo, 2006; Sankaramakrishnan dan Sanghi, 2006). Di dalam asam, gugus amina pada kitosan akan terprotonasi menjadi ammonium kuartener (-NH₃⁺) sehingga kitosan menjadi bermuatan positif.

Kitosan dipilih sebagai polimer yang baik untuk aplikasi biomedis dan farmasetik karena sifat yang dimilikinya yaitu, kemampuannya terbiodegradasi, biokompatibel, memiliki daya antimikroba, dan tidak toksik. Kitosan ditemukan oleh C. Rouget pada tahun 1859. Dia menemukan bahwa kitin yang telah dididihkan pada larutan KOH juga dapat diperlakukan dengan NaOH panas maka akan terjadi pelepasan gugus asetil (proses

deasetilasi) yang terikat pada atom nitrogen menjadi gugus amino bebas yang disebut dengan kitosan (Zakaria, 2002).

Kitin murni mengandung gugus asetamida (NH-COCH₃), dan kitosan murni mengandung gugus amino (NH₂). Perbedaan gugus ini akan mempengaruhi sifat – sifat kimia senyawa tersebut (Roberts,1992).

2.3 Sifat-Sifat Kitosan

Kitosan adalah padatan amorf putih yang tidak larut dalam alkali dan asam mineral kecuali pada keadaan tertentu. Keterlarutan kitosan yang paling baik ialah dalam larutan asam asetat 1%, asam format 10% dan asam sitrat 10%. Kitosan tidak dapat larut dalam asam piruvat, asam laktat, dan asam-asam anorganik pada pH tertentu, walaupun setelah dipanaskan dan diaduk dengan waktu yang agak lama. Keterlarutan kitosan dalam larutan asam format ataupun asam asetat dapat membedakan kitosan dan kitin karena kitin tidak dapat melarut dalam pelarut asam tersebut.

Kitosan bermuatan positif karena kelompok amina pada pH asam, yang besarnya tergantung pada tingkat deasetilasi, dan dengan demikian kitosan diklasifikasikan sebagai polielektrolit kationik, sedangkan polisakarida yang lain memberikan muatan netral ataupun anionik. (Hwang dan Shin, 2001).

2.4 Kegunaan Kitosan

Kitosan merupakan polimer karbohidrat termodifikasi yang diperoleh dari deasetilasi kitin serta memiliki karakteristik yang baik dan unik meliputi kemampuannya yang biodegradable, biokompatibel, bioaktif, dan non-toksik, sehingga kitosan telah banyak dipelajari dan diteliti untuk penggunaan dalam bidang bioteknologi, water treatment, pertanian, farmasi, dan industri makanan (Kumar, 2000; Rinaudo, 2006; Shahidi dkk., 1999). Adanya gugus NH₂ pada kitosan menjadi alasan mengapa kitosan memiliki potensi yang lebih baik dibandingkan kitin pada berbagai aplikasi yang berbeda (Honarkar dan Barikani, 2009).

Pada aplikasi tertentu diperlukan bobot molekul kitosan yang spesifik. Secara umum, kitosan dengan bobot molekul yang tinggi tidak dapat terlarut dalam air. Kitosan yang terdegradasi akan memiliki bobot molekul yang lebih rendah sehingga dapat lebih mudah larut dalam air dan memiliki perbedaan signifikan dalam aktivitasnya sebagai antimikroba, antitumor, dan aktivitas pertumbuhan tanaman dibandingkan kitosan dengan bobot molekul yang lebih tinggi (Hien dkk., 2012).

Kitosan digunakan dalam berbagai industri antara lain farmasi, kesehatan, biokimia, bioteknologi, pangan, pengolahan limbah, kosmetik, agroindustri, industri tekstil, industri perkayuan, industri kertas dan industri elektronika. Aplikasi khusus berdasarkan sifat yang dipunyainya antara lain untuk pengolahan limbah cair terutama bersifat resin penular ion untuk meminimalisasi logam-logam berat, mengkoagulasi minyak / lemak, serta mengurangi kekeruhan, penstabil minyak, rasa dan lemak dalam produksi industri pangan. (Rismana, 2004).

Tabel 2. Aplikasi Kitosan dalam berbagai Bidang: (Suhartono, 2006)

Bidang	Penggunaan
Nutrisi	Suplemen nutrisi Suplemen serat laut
Pangan	Nutrasetikal, senyawa penyerap lemak Perisa Emulsifier Pembentuk tekstur Penjernih minuman
Biomedis	Mengobati luka Lensa kontak Membrane dialysis darah Antitumor
Kosmetik	Krim pelembab Produk perawatan rambut
Lingkungan dan pertanian	Penjernih air Mmenyimpan benih Pupuk dan fungisida
Lain-lain	Proses pembuatan kertas Penyerap warna pada produk cat Bahan tambahan pakan

Kemampuan kitosan untuk mengikat logam dengan cara mengkelat dihubungkan dengan kadar nitrogen yang tinggi pada rantai polimernya. Kitosan mempunyai satu kumpulan amino linier bagi setiap unit glukosa. Kumpulan amino ini mempunyai sepasang elektron yang dapat berkoordinasi atau membentuk ikatan-ikatan aktif dengan kation-kation logam. Unsur nitrogen pada

setiap monomer kitosan dikatakan sebagai gugus yang aktif berkoordinasi dengan kation logam. (Hutahaean, 2001)

Isolasi Kitosan yang dilakukan dengan berbagai sumber bahan baku dan proses dirangkum dalam tabel berikut:

Tabel 3. Isolasi Kitosan dalam berbagai Penelitian :

Isolasi kitosan dari sumber nya & literature	Bekicot (Triana, 2004)	Rajungan (<i>Portunus pelagicus</i>) (Matheis, 2012)	Rajungan (<i>Portunus pelagicus</i>) (Yuliusman, 2010)	Rajungan (<i>Portunus pelagicus</i>) (Sukma,2014)	Rajungan (<i>Portunus pelagicus</i>) (Rahayu, 2007)
Deproteinase	NaOH 3,5% 10:1 (v/b), 65 ⁰ C	NaOH 3,5% 1:10(w/v) 65 ⁰ C 2 jam	NaOH 1 M suhu 70 ⁰ C, 1 jam	NaOH 4% 1:10(b/v) suhu 100 ⁰ C 12 jam	NaOH 2,0 N 1:6 (b/v) suhu 80 ⁰ C waktu 1 jam
Demineralisasi	HCl 1 N (15:1) (v/b), 40 ⁰ C , 30 ¹ , 60 ⁰ C	HCL 1,0 N 1:15 (w/v) waktu 30 ¹ suhu 20-25 ⁰ C, suhu 60 ⁰ C waktu 4 jam	HCl 1 M suhu 60 ⁰ C, waktu 1 jam	HCl 2N 1:4(b/v) 24 jam padatan oven suhu 100 ⁰ C waktu 24 jam	HCl 1,5 N 1:12 (b/v) suhu 20-25 ⁰ C 1 jam , di oven suhu 70-80 ⁰ C waktu 24 jam
Depigmentasi	NaOCl 0,315% 10:1 (v/b) 1 jam suhu 40 ⁰ C	Aseton NaOCl 0,315% 1:10(w/v) 30 ¹ suhu 20-25 ⁰ C	-	Etanol 96% 1:10(b/v) aquades panas:aseton = 1:1	-
Identifikasi	FTIR sebagai kitin	FTIR sebagai kitin	FTIR sebagai kitin	FTIR sebagai kitin	FTIR sebagai kitin
Deasetilasi	NaOH 60%, 20:1 (v/b) 100-140 ⁰ C, 1jam, keringkan80 ⁰ C waktu 24 jam	NaOH 50% Suhu 100-150 ⁰ C waktu 6 jam	NaOH 50%, suhu 100 ⁰ C, 500 rpm, 1:15, waktu 45 menit	4 gr kitin+ 80 mL NaOH 70% suhu 100 ⁰ C waktu 9,16,24 jam	+NaOH 50% 1:20 (b/v) 70-100 ⁰ C waktu 30-120 ¹ , 70-80 ⁰ C 24 jam
Hasil	Hasil kitosan DD 74,78%	Hasil kitosan DD 65,47%	Hasil kitosan DD 52,58%	Hasil kitosan DD 87,96%	Hasil kitosan DD 79,65%
Penggunaan	Isolasi Kitosan sebagai adsorben logam berat	Adsorben zat warna biru metilena	Adsorpsi logam nikel	Isolasi Kitosan sebagai adsorben logam berat	Adsorben ion logam merkuri

2.5 Karakterisasi kitosan

Karakterisasi kitosan meliputi penentuan derajat deasetilasi, kadar air, rendeman, kelarutan (Kyoon No *et al.*, 2000), pH dan viskositas. Spektrum infra merah digunakan untuk penentuan derajat deasetilasi kitosan yang terbentuk. Frekuensi yang digunakan berkisar antara 4000

cm-1 sampai dengan 400 cm-1. Derajat deasetilasi kitosan ditentukan dengan metode base line yang ditentukan Domszy dan Robert serta Baxter (Khan *et al.*, 2002).

Kitosan yang diperoleh dianalisis dengan FTIR untuk mengetahui Derajat Deasetilasi (DD), dengan metode garis oleh Moore dan Robert,

seperti ditunjukkan dalam persamaan. Sampel ditambahkan KBr, dibuat pellet dan kemudian

1,33 = perbandingan A1655 dengan A3450 pada derajat deasetilasi 100%

$$\%DD = 1 - \left[\left(\frac{A_{1655}}{A_{3450}} \right) \times \frac{1}{1,33} \right] \times 100\%$$

ditentukan spektrumnya (Hanafi, dkk, 1999), kemudian derajat deasetilasi dapat dihitung dengan metode baseline dengan cara:

Penetapan derajat deasetilasi kitosan ditentukan dari persentase banyaknya gugus asetil yang hilang dan berubah menjadi gugus amina. Hasil proses deasetilasi senyawa kitin adalah senyawa kitosan yang memiliki sifat dapat larut dalam asam asetat encer. Derajat deasetilasi ditentukan dengan menghitung serapan pada panjang gelombang 1655 cm⁻¹ dan 3450 cm⁻¹.

Keterangan :

A1655 = nilai serapan pada 1655 cm⁻¹

A3450 = nilai serapan pada 3450 cm⁻¹

Dalam formulasi sediaan farmasetik, kitosan harus memiliki persyaratan seperti berwarna putih atau kekuningan, bentuk bubuk, pH 6,5-7,5, derajat deasetilasi 70-100%, Kadar air ≤ 10%, Kadar abu ≤ 2% Kadar nitrogen ≤ 5%, tidak berasa, dan tidak berbau (Protan Laboratories, 1987).

Tabel 4. Standar mutu kitosan (Suhartono, 2006)

Parameter	Standar	
	Daewoo Korea	Lab. Protan Jepang
Penampakan	Bubuk putih atau kuning	Bubuk kuning
Ukuran partikel	25-200 mesh	Serpihan sampai serbuk
Kadar air	≤ 10%	≤ 10%
Kadar abu	≤ 0,5%	≤ 2%
Kadar protein	≤ 0,3%	-
Derajat deasetilasi (DD)	≥ 70%	≥ 70%
Viskositas	50-500 cps	200-2000 cps
Ketidaklarutan	< 1%	-
Kadar logam berat. As. Pb	< 10 ppm	-
pH	7-9	7-8
Bau	Tidak berbau	Tidak berbau

Tabel 5. Aplikasi kitosan berdasarkan derajat deasetilasi dan berat molekul (Suhartono, 2006)

No.	Derajat Destilasi (%)	Berat Molekul (kDa)	Aplikasi	Referensi
1.	85	-	Pengikat kation Co, Ni, Ag, Zn	Lima IS & C. Airoidi, 2004
2.	90	390	Transfeksi gen	Kiang T <i>et al.</i> , 2004
3.	85	-	Wound-healing dressing	Min BM <i>et al.</i> , 2004
4.	80	-	Antikanker	Dhiman HK <i>et al.</i> , 2004
5.	90	-	Antioksidan	Je JY <i>et al.</i> , 2004
6.	75	150	Antitumor, drug delivery	Sakkinen M <i>et al.</i> , 2003
7.	58	5	Antitumor	Qin C <i>et al.</i> , 2002
8.	92	87	Antimikroba	Juma M <i>et al.</i> , 2002
9.	89	-	Stimulator proliferasi fibroblast kulit manusia	Howling GI <i>et al.</i> , 2001

Karakteristik lain dari kitosan yaitu penentuan kadar air. Kadar air dihitung dengan mengukur pengurangan berat sampel sebelum dan setelah pemanasan. Sejumlah sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam, kemudian dikeringkan dalam eksikator (Suhartono, 2006). Selain itu penentuan rendemen kitosan dihitung berdasarkan perbandingan berat kitosan dengan berat sampel limbah cangkang menggunakan rumus:

$$\text{Rendemen} = (\text{Berat kitosan} / \text{Berat Limbah cangkang}) \times 100 \%$$

Karakterisasi kitosan yang lain adalah kelarutan menurut (No *et al.*, 2000). Kitosan sebanyak 0,5 % (b/v) dilarutkan dalam asam asetat 1 % (v/v), lalu difiltrasi. Persentase kelarutan kitosan ditunjukkan dengan kitosan yang tersisa dibandingkan dengan kitosan awal.

Viskositas kitosan (Hwang *et al.*, 1997) diukur menggunakan Ubbelohde dilution viscometer yang dicuci dengan akuades dan dikeringkan terlebih dahulu. Larutan kitosan dibuat

dalam berbagai konsentrasi dalam pelarut asam asetat aqueous 0,1 M dan sodium asetat 0,25 M. Masing-masing sampel ditempatkan di dalam viskometer sebanyak 10 ml. Sampel diambil hingga ke labu di bagian atas viskometer secara perlahan. Waktu yang dibutuhkan sampel untuk mengalir antara dua batas yang mengapit labu tersebut dicatat. Sebagai blanko, digunakan pelarut asam asetat aqueous 0,1 M dan sodium asetat 0,25 M dan ditentukan viskositasnya dengan cara yang sama. Viskositas spesifik dihitung dengan cara berikut:

$$\eta_{sp} = \frac{t - t_0}{t_0}$$

Keterangan:

- η_{sp} = viskositas spesifik (detik)
- t = waktu yang diperlukan untuk mengalirnya larutan sampel (detik)
- t_0 = waktu yang diperlukan untuk mengalirnya larutan solven (detik)

Melalui cara ini akan diperoleh nilai viskositas spesifik, yang tidak mempunyai satuan.

3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan isolasi kitosan dari cangkang rajungan (*Portunus pelagis*) yang diambil di Pantai Kenjeran. Pengolahan cangkang menjadi kitosan dilakukan melalui beberapa tahap yaitu:

3.1 Isolasi kitosan

Isolasi Kitosan dari cangkang rajungan dengan mencuci cangkang dibawah air mengalir hingga bersih disikat serta dihilangkan kotoran ditiriskan, dijemur dibawah matahari, lalu digiling hingga halus menjadi serbuk, diayak dengan ukuran 100 Mesh.

3.2 Deproteinasi

Bahan ditimbang, ditambahkan NaOH 3% 1:6 (w/v) dipanaskan selama 30 menit pada 85 °C dinetralkan dengan air suling hingga pH 7 lalu disaring dengan penyaring Büchner, di oven 35 °C selama 24 jam (Sinardi, 2013). Hasil berupa padatan bebas dari protein.

3.3 Demineralisasi

Sampel ditambahkan HCl 1 N dengan perbandingan 1:10, diaduk pada suhu 75°C dengan waktu 1 jam dinetralkan hingga pH netral pH 7 dan disaring dipanaskan 35°C selama 24 jam. Hasil isolasi berupa kitin (Sinardi, 2013). Pada proses ini dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali untuk menghilangkan CaCO₃ yang masih tersisa.

3.4 Deasetilasi

Sampel ditambahkan NaOH 45% 1:20 (b/v) dipanaskan suhu 110° C dalam waktu 1 jam, lalu dinetralkan hingga pH 7 disaring lalu di oven suhu 80 °C selama 24 jam. Hasilnya berupa kitosan (Yen *et al.*, 2009).

3.5 Identifikasi dengan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

Membuktikan terbentuknya kitin dan kitosan, hasil isolasi dianalisa dengan dibuat pellet dengan KBr dan selanjutnya diamati spektrum IR nya dengan FTIR .

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penimbangan sampel cangkang awal hingga tahapan hasil deasetilasi penelitian ini selengkapnya disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil penimbangan sampel cangkang hingga penimbangan tahapan hasil deasetilasi

Sampel	Penimbanga n awal (g)	Hasil proses Deprotenasi (g)	Hasil proses Deminer alisisasi (g)	Demineralisasi ke - II (g)	Penamba han H ₂ O ₂ (g)	Isolat Hasil Deasetilasi (g)
Rj ₁	100,5960	90,4107	30,1311		16,6975	13,1337
Rj ₂	100,3363	90,3607	25,0302	19,0203	16,0056	11,4947
Rj ₃	100,2473	89,3561	30,1102	23,1102	15,5273	15,3434
Rerata±SD	100±0.18118	90±0.594965	28±2.93899		16±0.58834	13±1.931389

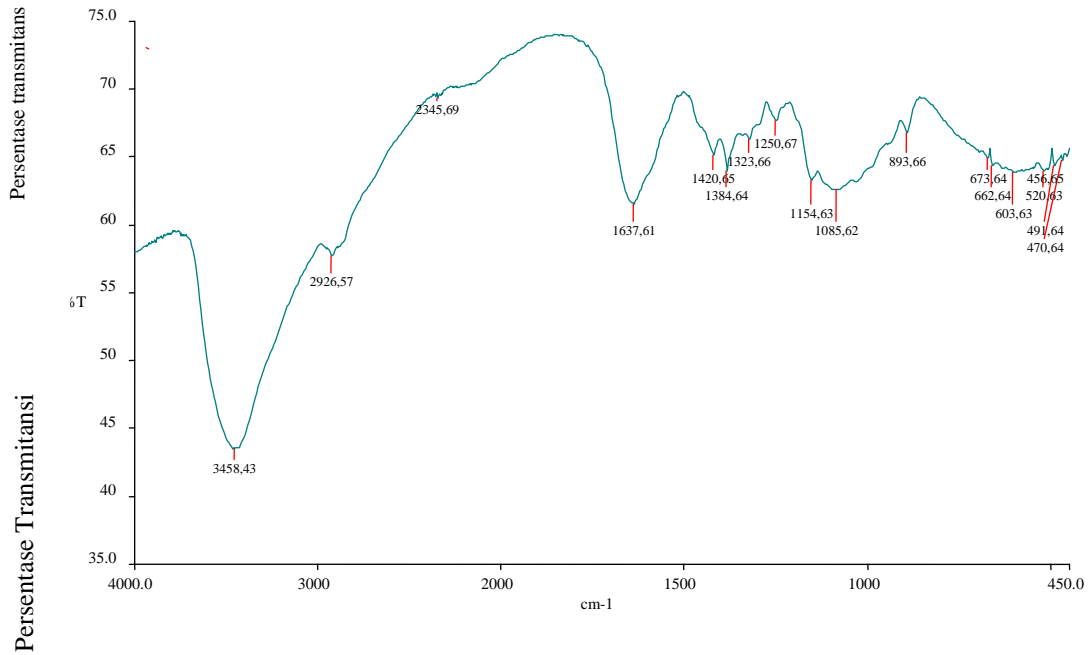
Keterangan:

- Rj1 : cangkang rajungan ulangan ke-1
- Rj2: cangkang rajungan ulangan ke-2
- Rj3: cangkang rajungan ulangan ke-3

4.1 Spektrum FTIR Standar baku kitin dari BPPT

Spektrum FTIR standar baku kitin yang berasal dari BPPT, garis vertikal menunjukkan persentase transmitans dan garis horizontal menunjukkan bilangan gelombang. Karakterisasi kitin pada serapan FTIR kitin standar terlihat pita serapan gugus OH ditunjukkan pada puncak 3458,43, pita serapan C-H ulur terlihat pada

puncak 2926,57, pita serapan C=O ulur terlihat pada puncak 1637,61, pita serapan CH₃ terlihat pada puncak 1420,65, pita serapan C-O-C terlihat pada puncak 1085,62 dan pita serapan N-H kibasan terlihat pada puncak 662,64 seperti ditunjukkan pada Gambar 4 berikut.

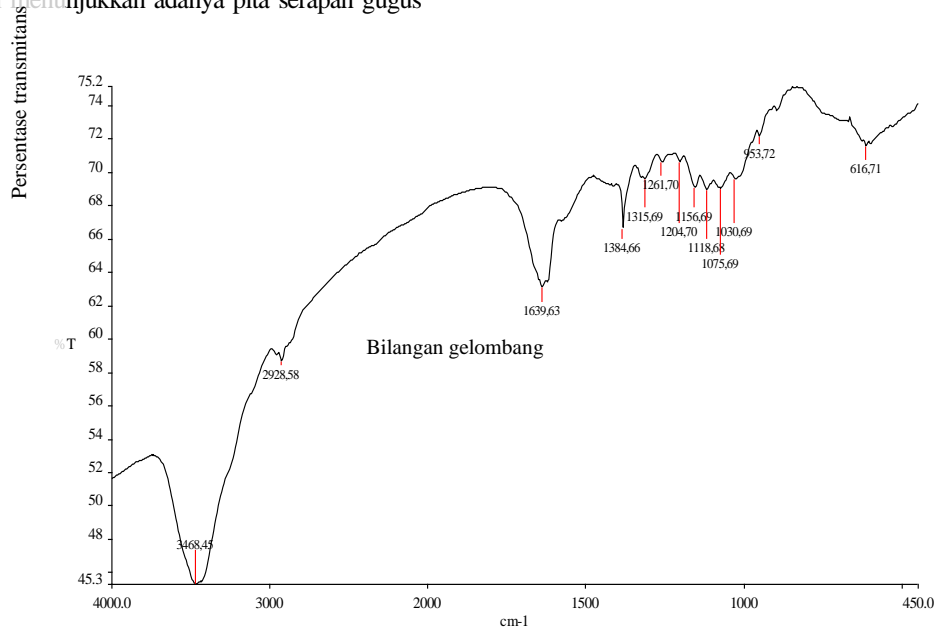


Gambar 4. Spektrum FTIR standar baku kitin dari BPPT

4.2 Spektrum FTIR kitin Cangkang Rajungan

Hasil dari spektrum FTIR kitin sampel rajungan pada garis vertikal menunjukkan persentase transmittansi dan garis horizontal menunjukkan bilangan gelombang. Pada gambar 5 serapan FTIR untuk kitin hasil isolasi dari rajungan menunjukkan adanya pita serapan gugus

OH ditunjukkan pada puncak 3468,45, pita serapan C-H ulur terlihat pada puncak 2928,58 pita serapan C=O ulur terlihat pada puncak 1639,63, pita serapan C-O-C terlihat pada puncak 1075,69 dan pita serapan N-H kibanan terlihat pada puncak 616,71

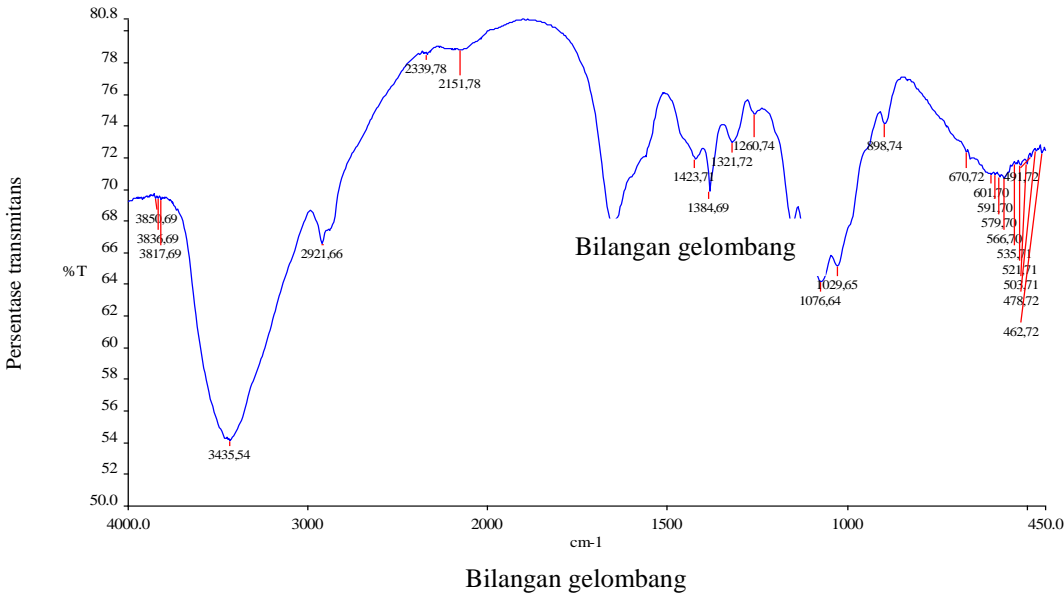


Gambar 5. Spektrum FTIR kitin dari bahan baku cangkang Rajungan

4.3 Spektrum FTIR Standar baku kitosan dari BPPT

Spektrum FTIR standar kitosan yang berasal dari BPPT pada garis vertikal menunjukkan persentase transmitans dan garis horizontal menunjukkan bilangan gelombang. Pada gambar 6 menunjukkan serapan FTIR

kitosan standard dari BPPT terlihat pita serapan gugus N-H amida ditunjukkan pada puncak 3435,54 pita serapan C-N terlihat pada puncak 2339,78 pita serapan N-H amina 1654,67 dan pita serapan C-O alkohol 1076,64.

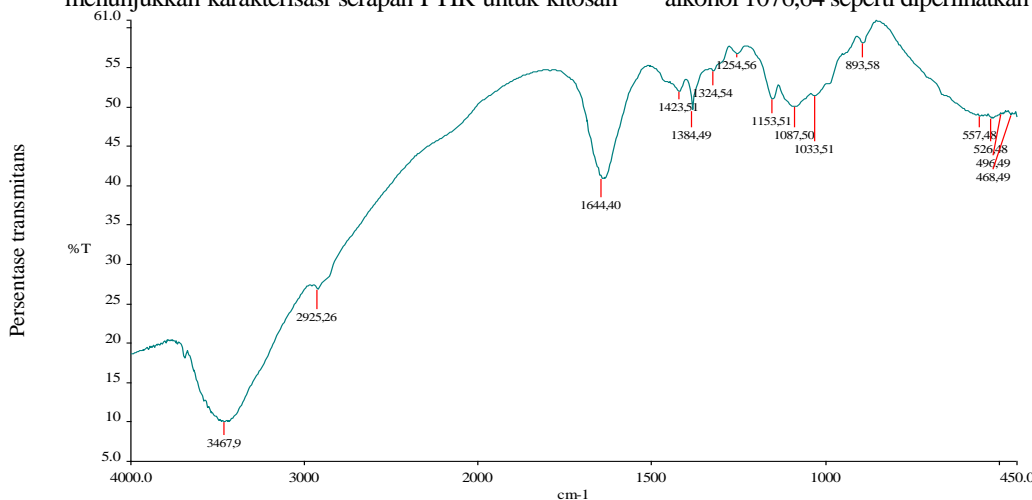


Gambar 6. Spektrum FTIR Standar baku kitosan dari BPPT

4.4 Spektrum FTIR Standar baku kitosan dari bahan baku cangkang Rajungan

Spektrum FTIR kitosan yang berasal dari bahan baku rajungan pada garis vertikal menunjukkan persentase transmitans dan garis horizontal menunjukkan bilangan gelombang. Pada gambar 7 menunjukkan karakterisasi serapan FTIR untuk kitosan

hasil isolasi dari cangkang rajungan terlihat pita serapan gugus N-H amida ditunjukkan pada puncak 3435,54 pita serapan C-N terlihat pada puncak 2339,78 pita serapan N-H amina 1654,67 dan pita serapan C-O alkohol 1076,64 seperti diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Spektrum FTIR kitosan bahan baku cangkang Rajungan

Pada identifikasi hasil ekstraksi kitosan, spektrum FTIR sudah dapat dikatakan identik bila dibandingkan dengan kitosan komersial menurut Sarbon *et al.*, 2014 dan senyawa baku dari BPPT. Kitosan komersial menurut Sarbon *et al.*, 2014 terdapat pita serapan dari N-H amida pada bilangan gelombang 3369,11-3413,07 juga terdapat pada baku pada BPPT dengan nilai 3435,54 sedangkan pada cangkang rajungan terdapat pada 3467,9.

Pita serapan C-O alkohol kitosan komersial menurut Sarbon *et al.*, 2014 pada rentang 1128,21-1129,02 pada baku BPPT bernilai 1076,64, dan kitosan dari rajungan 1087,50. Pada kitosan hasil ekstraksi Sarbon, *et al.*, 2014 pita NH amina didapatkan pada 1622,76-1623,92 cm⁻¹ terlihat pula pada baku BPPT dengan nilai 1654,67, sedangkan pada kitosan dari rajungan ditunjukkan pada 1644,40. Hal ini menunjukkan adanya pita serapan spesifik N-H (bending) pada rentang 1640-1550 cm⁻¹ yang sesuai dengan Pavia *et al.*, 2009.

Pada spektra FTIR diatas menunjukkan bahwa FTIR kitosan yang diisolasi dari rajungan memenuhi kesesuaian spektra sampel dengan baku khususnya pada bilangan gelombang di daerah sidik jari (1500-500). Proses deasetilasi merupakan proses pembentukan kitosan dari kitin menggunakan NaOH untuk mengganti gugus asetamida dengan gugus amino. Pada penggunaan NaOH dengan konsentrasi dibawah 40 % dan suhu dibawah 100⁰ C serta pengadukan yang tidak homogen akan mengakibatkan terbentuknya cairan dengan viskositas yang tinggi (Tsaih, 2003). Hal ini akan mengakibatkan rusaknya sampel yang diisolasi untuk itu diperlukan penggunaan NaOH diatas 40% dan suhu 110⁰ C serta pengadukan yang homogen untuk mendapatkan kitosan yang terbaik dengan viskositas yang stabil sehingga cairan tidak rusak dan mengental. Semakin tinggi konsentrasi NaOH, derajat deasetilasi (DD) semakin besar, namun hal ini tidak selalu memberikan kenaikan DD yang signifikan (Tsaih and Chen, 2002).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan kitin dan kitosan dapat diekstraksi dari cangkang Rajungan yang mana bahan tersebut merupakan limbah yang mencemari lingkungan dan memiliki nilai ekonomi rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Pimpinan Sekolah Pasca Sarjana, terima kasih juga penulis

ucapkan kepada Staf Laboratorium Analisis Fakultas Farmasi atas bantuan penggunaan alat dan bahan, dan teman-teman seperjuangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Mofthah, Ani Mulyasuryani, and Akhmad Sabarudin. 2013. Adsorption of Cadmium By Silica Chitosan. *The Journal of Pure and Applied Chemistry Research*, 2 (2) : 62-66.
- Albeson., Danny., Nybakken, J.W. 1986. *Biologi Laut. Suatu Pendekatan Ekologis*. Gramedia. Jakarta.
- Bachok, Z., P. L. Mfilinge & M. Tsuchiya. 2006. Food Sources of Coexisting Suspension-Feeding Bivalves as Indicated by Fatty Acid Biomarkers, Subjected to the Bivalves Abundance on a Tidal Flat. *Journal of Sustainability Science and Management*. 1 : 92-111.
- Chemam, Y.B., Rohman, A. 2012. Analysis of canola oil in virgin coconut oil using FTIR spectroscopy and chemometrics. *J Food Pharm.Sci* (2013), 5-9
- Dance, S.P., Abbott Cecilia. 2000. *Compendium of Seashells*. Odyssey. Rolling Hills, USA.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran : Hubungannya dengan Toksikologi senyawa Logam*. Universitas Indonesia. UI•Press.jakana.
- Darjito, D., Purwonugroho, D., & Ningsih, R., 2014, The Adsorption of Cr (VI) Using Chitosan-Alumina Adsorbent. *The Journal of Pure and Applied Chemistry Research*. 3 (2)
- Debenay, J. P. & D. L. Tack. 1994. Environmental conditions, growth and production of *Anadara senilis* (Linnaeus, 1758) in a Senegal Lagoon. *Journal Mollusca Study*. 60 : 113-121.
- Departemen Kelautan dan Perikanan. 2000. *Statistik Data Perikanan*. Jakarta:
- Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Fernandez-Kim, S.-O., 2004, Physicochemical and Functional Properties of Crawfish Chitosan as Affected by Different Processing Protocols, A Thesis in Department of Food Science, Seoul National University.

- Hanafi, M., Syahrul A., Efrina D., dan B. Suwandi., 1999. Pemanfaatan Kulit Udang untuk Pembuatan Kitosan dan Glukosamin, LIPI Kawasan PUSPITEK, Serpong.
- Hardjito, L. 2006. Chitosan Sebagai Bahan Pengawet Pengganti Formalin. *Majalah Pangan. Media Komunikasi dan Informasi*.
- Hargono dan M. Djaeni, Pemanfaatan Kitosan dari Kulit Udang sebagai Pelarut Lemak. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia*.
- Huang, K. S., Jeng-Shian Cheng, Fun-Eu Lin, & Shyh-Jer Lin. 2009. Preparation and Properties of PAA-Chitosan/SiO₂ Hybrid Materials. *Kun Shan University Taiwan*. 1-20
- Hien, V. D., D. Q. Huong, dan P. T. N. Bich. 2010. Study of the Formation of Porous Hydroxyapatite Ceramics from Corals via Hydrothermal Process. *Journal of Chemistry*. Vol. 48 (5). P. 591 - 596.
- Honarkar, H. and Barikani, M., (2009), Applications of biopolymers I: chitosan, Published online: SpringerVerlag.
- Hutahaean, I.S. 2001. Penggunaan Kitosan Sebagai Penyerap Logam Zinkum(Zn²⁺) Dan Logam Kromium(Cr³⁺) dengan Metode Spektrofotometri Serapan atom. Skripsi. Medan: Jurusan Kimia FMIPA USU
- Hwang J, Hong S, Kim C. 1997. Effect of molecular weight and NaCl concentration on dilute solution properties of chitosan. *J Food Sci Nutr* 2:1-5.
- Khan TA, Kok K, Hung S. 2002. Reporting degree of deacetylation values of chitosan: the influence of analytical methods. *J Pharm Pharmaceut Sci* 5:205-212.
- Guillen, M.D. dan Cabo, N., 1997, Infrared Spectroscopy in the Study of Edible Oils and Fats, *J. Sci. Food Agri.*, 75:1-11.
- Juwana, S. dan Kasijan Romimohtarto, 2000, *Rajungan Perikanan, Cara Budidaya dan Menu Masakan*. Djambatan, Jakarta.
- Khan T.A., K.K. Peh, S.C. Hung. 2002. Reporting degree of deacetylation values of chitosan: the influence analytical methods. *Journal of Pharmacological Science* 5 (3): 205-212.
- Knorr D. 1982. Function properties of chitin and chitosan. *J Food Sci* 47(36).
- Kobayashi C.C, De Fernandes, K.C. Miranda, De Sonsa, and Silva Mdo R. 2004. Candiduria in Hospital Patients: A Study Prospective *Mycopathologia* 158(1):49-52
- Kumar, Ravi, N., V., Majeti. 2000. A review of chitin and chitosan applications. *Reactive & Functional Polymers* 46, 1-27.
- Kurita, K. 2001. Controlled functionalization of the polysaccharide chitin. *Journal of Polymer Science*. 26, 1921-71.
- Kubota, N., Tastumoto, N., Sano, T. & Toya, K. (2000). A simple preparation of half Nacetylated chitosan highly soluble in water and aqueous organic solvents. *Carbohydrate Research*, Vol. 324, pp. 268-274.
- Kurniasih, D., Atikah, A., & Sulistyarti, H., 2012, The Coated-Wire Ion Selective Electrode (CWISE) of Chromate Using PVC-Membrane Based on Chitosan as A Carrier, *The Journal of Pure and Applied Chemistry Research*, 1 (1) : 33-40.
- Kusningrum, R. S. 2008. Perancangan Percobaan. Universitas Airlangga. Surabaya. hal. 43-63.
- Kyoon No, Meyers SP. 1997. Preparation of Chitin and Chitosan. Di dalam: Muzzarelli RAA, Peter MG (eds.). *Chitin Handbook*. European Chitin Society. Italy.
- Mali, S., M.V.E. Grossmann, M.A. Garcia, M.N. Martino, and N.E. Zaritzky. 2005. Microstructural characterization of yam starch films. *J. Carbohydrate Polymer* 50: 379-386.
- Matheis F. J. D. P. Tanasale, Amos Killay, dan Marsela S. Laratmase, 2011, *Kitosandari Limbah Kulit Kepiting Rajungan (Portunus sanguinolentus L.) sebagai Adsorben Zat Warna Biru Metilena*, *Jurnal Natur Indonesia*, 14 (2) : 165-171.
- Mekawati, Fachriyah, E. dan Sumardjo, D., (2000), Aplikasi Kitosan Hasil transformasi Kitin Limbah Udang (*Penaeus merguensis*) untuk Adsorpsi Ion Logam Timbal, *Jurnal Sains and Matematika, FMIPA Undip, Semarang*, Vol. 8 (2), hal. 51- 54
- Moosa, M.K., I. Aswandi dan A. Kasry. 1985. *Kepiting bakau, Scylla serrata (Forsk.) dari perairan Indonesia*. LON-LIPI, Jakarta.
- Muzzarelli RAA, Rochetti R, Stanic V, Weckx M. 1997. Methods for the determination of the degree of acetylation of chitin and chitosan. Di dalam: Muzzarelli RAA, Peter MG (eds.). *Chitin Handbook*. Grottamare: European Chitin Soc.
- No, H.K. Lee, S.H. Park, N.Y dan Meyers, S.P. 2003. Comparison Of Physicochemical Binding And

- Antibacterial Properties Of Chitosans prepared Without And With Deprotei Ization process. *Journal of agriculture and food chemistry* 51: 7659-7663
- Nontji. A. 2007. *Laut Nusantara*. Penerbit Djambatan : Jakarta
- Nurdin, J., N. Marusin, Izmiarti, A. Asmara, R. Deswandi dan J. Marzuki. 2006. Kepadatan populasi dan pertumbuhan kerang darah *Anadara antiquate L. (Bivalvia: Arcidae)* di Teluk Sungai Pisang, Kota Padang, Sumatra Barat. *Makara Sains*, 10(2). 96-101.
- Prianto, E. 2007. Peran Kepiting sebagai Spesies Kunci (Keystone Spesies) pada Ekosistem Mangrove. *Prosiding Forum Perairan Umum Indonesia IV*. Balai Riset Perikanan Perairan Umum. Banyuasin
- Protan Laboratories. 1987. *Catioal Polymer for Recovering Valuabe by Products from Processing Waste Burgges*. USA
- Peniston, Q.P. and Johnson, E., 1980, Process for the Manufacture of Chitosan, US Patent 4.195.175
- Rahayu, L. H., dan Purnavita, S., (2007), Optimasi Proses Deproteinasi dan Demineralisasi pada Isolasi Kitin dari Limbah Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*), *Prosiding: Teori Aplikasi Teknologi Kelautan*, ITS Surabaya, hal. III.8 – III.11.
- Rakhmawati, E., (2007), Pemanfaatan Kitosan Hasil Deasetilasi Kitin Cangkang Bekicot Sebagai Adsorban Zat Pewarna Remazol Yellow, Surakarta, Universitas Sebelas Maret.
- Rahmadani. 2011. Pemanfaatan kitoan dari limbah cangkang bekicot sebagai adsorben logam tembaga. Medan. Universitas Negeri Medan
- Reid, L. M., O'Donnell, C. P., dan Downey, G., 2006, Recent technological advances for the determination of food authenticity, *Trends Food Sci. Technol.*, 17:344-353
- Rinaudo, marguerite. 2006. Chitin and Chitosan. Properties and applications. *Progress in polymer science*. Elsevier 31, 603-632
- Rismiarti, Z., Atikah, A., & Sulistyarti, H., 2013, Construction and Characterization of Coated Wire Oxalate Ion Selective Electrode Based on Chitosan, *The Journal of Pure and Applied Chemistry Research*, 3 (1) : 19-26
- Rochima E. 2005. Aplikasi kitin deasetilase termostabil dari *Bacillus papandayan* K29-14 asal Kawah Kamojang Jawa Barat pada pembuatan kitosan. Tesis. Bogor: Program Pascasarjana, IPB.
- Robert. G. A.1992. *Chitin Chemistry.*, Nottingham Politechnic, McMillan, USA.
- Rohman, Cheman, Y. B., Ismail, A and Puziah, H. 2011. FTIR spectroscopy combined with chemometrics for analysis of cod liver oil in binary mixture with corn oil. *International Food Research Journal*. 18 : 736-740
- Romimohtarto, K dan S. Juwana. 2007. *Biologi Laut Ilmu Pengetahuan tentang Biota Laut*. Djambatan. Jakarta.
- Rumengan, I.F.M., Suryanto, E., Modaso, R., Wullur, S., Tallei, T.E. and Limbong, D. 2014. Structural Characteristics of Chitin abd Chitosan Isolated from the Biomass of Cultivated Rotifer, *Brachionus rotundiformis*. *International Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 3(1):12-18.
- Sabarudin, A., and Motomizu, S., 2013, Functionalization of Chitosan with 3, 4, 5-Trihydroxy Benzoic Acid Moiety for The Uptake of Chromium Species, *The Journal of Pure and Applied Chemistry Research*, 2 (1) : 48-54.
- Sankararamakrishnan, N. & Sanghi, R. (2006). Preparation and characterization of a novel xanthated chitosan. *Carbohydrate Polymers*, Vol. 66, pp. 160–167.
- Sarbon, S. kamaruzaman. 2014. Chitosan extracted from mud crab (*Scylla olivacea*) shells : physicochemical and antioxidant properties. *Food Sci Technol*, 1-10, Springer Inc
- Sasic, S., dan Ozaki, Y., 2010, Raman, Infrared, and Near-Infrared. *Chemical Imaging*, 67 - 73, John Wiley and Sons, Inc., Hoboken.
- Shahidi F, Synowiecki J (1991) Isolation and characterization of nutrients and value-added products from snow crab (*Chionoectes Opilio*) and shrimp (*Pandalus Borealis*) processing discards. *J Agric Food Chem* 39(8):1527–1532
- Shahidi, F. and Abuzaytoun, R., (2005), Chitin, Chitosan, And Co-Products: Chemistry, Production, Applications, And Health Effects, *Advances In Food And Nutrition Research*, Vol 49, Elsevier Inc.
- Shimek, R.L. 2008. Crabs, (Online). Website : www.reefkeeping.com. Diakses pada tanggal 10 Maret 2012.
- Sinardi. 2013. Pembuatan karakterisasi dan aplikasi kitosan dari cangkang kerang hijau (*Mytilus*

- viridis Linneaus) sebagai koagulan penjernih air. Bandung. ITB
- Srijanto, B., (2003), "Kajian Pengembangan Teknologi Proses Produksi Kitin dan Kitosan Secara Kimiawi", Prosiding seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia 2003, Volume I, hal. F01-1 – F01-5.
- Stuart, B., 2004, *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications*, 19-20, 33-34, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Suhartono, M.T. 2006. Pemanfaatan Kitin, Kitosan, kitooligosakarida. *Foodreview J* (6) : 30-33
- Triana. 2004. Synthesis of chitosan from chitin of escargot (*Achatina fulica*). *Biofarmasi J* (2) 64-68
- Wang H, Fang YE, Yan Y. 2001. Surface modification of chitosan membranes by alkane vapor plasma. *J Mat Chem* 11: 1374-7
- Watson, S., Beydoun, D., Scott, J. & Amal, R., 2004. Preparation of nanosized crystalline TiO₂ particles at low temperature for photocatalysis, *J. Nanopart. Res.*, Volume 6, pp.193-207.
- Widwiastuti, H., Mulyasuryani, A., & Sabarudin, A., 2013, Extraction of Pb²⁺ using Silica from Rice Husks Ash (RHA)–Chitosan as Solid Phase, *The Journal of Pure and Applied Chemistry Research*, 2 (1) : 42-47. 10.
- W. J. Nybakken, *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*, PT. Gramedia, Jakarta, 1988
- Yuliusman dan Adelina, P.W., 2010, Pemanfaatan Kitosan dari Cangkang Rajungan pada Proses Adsorpsi Logam Nikel dari Larutan NiSO₄, *Prosiding Seminar Rekayasa Kimia dan Proses* 2010, ISSN : 1411-4216.
- Yunizal dkk, (2001), Ekstraksi Khitosan dari Kepala Udang Putih (*Penaeus merguensis*). *J. Agric.* Vol. 21 (3), hal 113-117
- Yen MT, Yang JH, Mau JL (2009) Physicochemical characterization of chitin and chitosan from crab shells. *Carbohydr Polym* 75:15–21
- Zakaria, M. B. , M. J. Jais. , Wan-Yaacob Ahmad. , Mohd Rafidi Othman dan Z. A. Harahap. , 2002. Penurunan Kekeruhan Efluen Industri Minyak Sawit (EIMS) Oleh Koagulan Konvensional Dan Kitosan. *Prosiding Seminar Bersama UKM-ITB ke-5. Universitas Kebangsaan Malaysia. Malaysia.*
- Zeleny. M. 1982. *Multiple Criteria Decision Making*. Mc.Graw Hill. New York