



## SINTESIS DAN KARAKTERISASI KARBOKSIMETIL KITOSAN

Mardiyah Kurniasih<sup>1</sup>, Dwi Kartika<sup>1</sup> dan Riyanti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman

<sup>2</sup>Jurusan Perikanan dan Kelautan, FST, Universitas Jenderal Soedirman

m\_kurniasih@yahoo.com

### ABSTRAK

Karboksimetil kitosan merupakan derivat dari kitosan yang diperoleh melalui proses eterifikasi alkalis kitosan dengan asam monokloroasetat. Kitosan diperoleh dari deasetilasi kitin dalam kulit udang putih (*Penaeus vannamei*). Keberadaan kitin dalam kulit udang tidak dalam keadaan bebas, akan tetapi berikatan dengan protein, mineral, dan berbagai macam pigmen (zat warna). Tujuan penelitian ini adalah untuk mensintesis dan mengkarakterisasi karboksimetil kitosan. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kitosan sebanyak 17,33% (per berat serbuk kulit udang) dan karboksimetil kitosan sebanyak 42% (per berat kitosan). Spektum IR karboksimetil kitosan menunjukkan melebarnya serapan dari vibrasi ulur gugus -OH yang tumpang tindih dengan serapan vibrasi ulur -NH serta semakin tajamnya intensitas serapan pita ulur C=O dan vibrasi ulur C-O. Kadar air dari kitosan hasil sintesis sebesar 2,13% sedangkan karboksimetil kitosan sebesar 11,86%. Kadar abu kitosan hasil sintesis sebesar 0,73%, sedangkan kadar abu karboksimetil kitosan sebesar 0,93%. Swelling untuk kitosan hasil sintesis sebesar 163,13% sedangkan untuk karboksimetil kitosan sebesar 182,98 %.

**Kata Kunci :**

### ABSTRACT

*Carboxymethyl chitosan is a derivative of chitosan obtained by the etherification of chitosan alkaline with monochloroacetic acid. Chitosan is obtained from deacetylation of chitin in the skin of white shrimp (*Penaeus vannamei*). The presence of chitin in shrimp shells are not in a free state, but binds to the proteins, minerals, and various pigments (dyes). The purpose of this study was to synthesize and characterize of carboxymethyl chitosan. The results showed that efficiency of chitosan was 17.33% (by weight of shrimp shell powder) and carboxymethyl chitosan was 42% (by weight of chitosan). IR spectrum of carboxymethyl chitosan shows widening of stretching vibrations of -OH group that overlaps with the absorption-NH stretching vibration and more intensity of absorption bands stretching C = O and CO stretching vibration. The water content of chitosan and carboxymethyl chitosan were 2.13% and 11.86%, respectively. Ash content of chitosan was 0.73%, and carboxymethyl chitosan was 0.93%, respectively. Swelling to chitosan was 163.13% and carboxymethyl chitosan was 182.98%.*

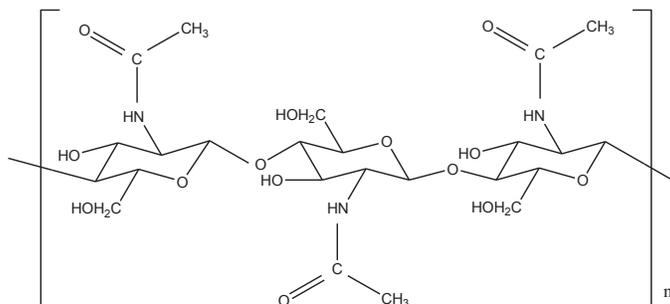
**Keyword:**

### PENDAHULUAN

Kitin umumnya diperoleh dari kerangka hewan invertebrata kelompok *Arthropoda sp*, *Molusca sp*, *Coelenterata sp*, *Annelida sp*, *Nematoda sp*, dan beberapa dari kelompok jamur. Selain dari kerangka hewan invertebrate, juga banyak ditemukan pada bagian insang ikan, trachea, dinding usus dan pada kulit cumi-cumi. Sumber utama yang dapat digunakan untuk memproduksi kitin dalam skala besar adalah *crustaceae* yang dipanen secara komersil seperti kepiting, udang, dan lobster (Uragami and Tokura, 2006). Keberadaan kitin di alam umumnya

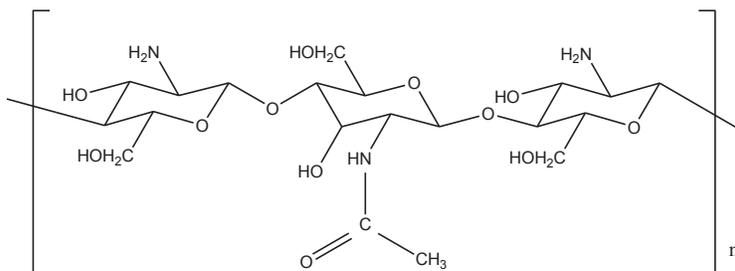


tidak terdapat dalam keadaan bebas, akan tetapi berikatan dengan protein, mineral, dan berbagai macam pigmen (zat warna) (Suhardi, 1992). Menurut Skjak-Braek *et al.* (1989), sifat utama kitin yaitu sangat sulit larut dalam air dan beberapa pelarut organik. Rendahnya reaktivitas kimia dan sangat hidrofobik, menyebabkan penggunaan kitin relatif kurang berkembang dibandingkan dengan kitosan dan derivatnya. Struktur kitin tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur kitin (Avadi *et al.*, 2004)

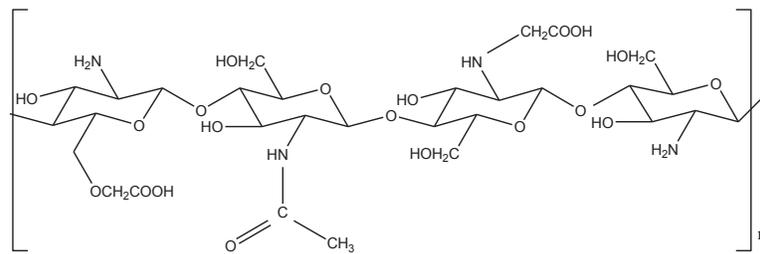
Kitosan atau poli (2-amino-2-deoksi- $\beta$ -D-glukosa) terdiri atas satuan-satuan glukosamin yang terpolimerisasi oleh rantai  $\beta$ -1,4-glikosidik. Kitosan merupakan derivat deasetilasi dari kitin menggunakan basa kuat (Skjak-Braek *et al.*, 1989). Kitosan berbentuk serat dan merupakan kopolimer berbentuk lembaran tipis, berwarna putih atau kuning, serta tidak berbau. Struktur kitosan tersaji pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur kitosan (Avadi *et al.*, 2004)

Kitosan mempunyai nilai pKa sekitar 6,3. Pada pH rendah molekul kitosan bersifat kationik karena protonasi dari group amino (Rhoades *and* Roller, 2000). Menurut Martinou *et al.* (1995) secara umum proses pembuatan kitosan meliputi tahap deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi. Proses deproteinasi bertujuan mengurangi kadar protein dengan menggunakan larutan alkali encer dan pemanasan yang cukup. Proses demineralisasi dimaksudkan untuk mengurangi kadar mineral dengan menggunakan asam konsentrasi rendah untuk mendapatkan kitin, sedangkan proses deasetilasi bertujuan menghilangkan gugus asetil dari kitin melalui pemanasan dalam larutan alkali kuat dengan konsentrasi tinggi (Yunizal dkk., 2001).

Karboksimetil kitosan merupakan salah satu derivat dari kitosan yang diperoleh melalui suatu proses eterifikasi (karboksimetilasi) alkalis kitosan dengan asam monokloroasetat. Teknik pembuatan karboksimetil kitosan adalah dengan mereaksikan kitosan dengan asam monokloroasetat pada suasana alkali. Gugus karboksimetil dari asam monokloroasetat mensubstitusi gugus hidroksil dan gugus amino. Secara prinsip reaksi pembentukan karboksimetil kitosan adalah reaksi asam basa. Salah satu faktor yang berpengaruh dalam pembentukan karboksimetil kitosan adalah suhu eterifikasi (Basmal dkk., 2005). Struktur karboksimetil kitosan tersaji pada Gambar 3.

Gambar 3. Struktur karboksimetil kitosan (Mourya *et al.*, 2010)

## METODE ANALISIS

### Bahan dan Alat Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah kulit udang putih (*Penaeus vannamei*), natrium hidroksida, akuades, asam klorida, natrium hipoklorit, metanol, asam asetat, asam monokloroasetat, larutan buffer pH 7,4.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas beker, pipet ukur, mikropipet, mortar, hot plate, stirer, tanur, cawan porselen, gelas arloji, blender, ayakan, alat refluks, neraca digital, oven, *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

### Prosedur Penelitian

#### 1. Sintesis kitosan (Kurniasih dan Nurhandayani, 2011)

Serbuk kulit udang dicampur dengan larutan NaOH 4% dan diaduk selama 60 menit untuk tahapan deproteinasi. Endapan yang diperoleh dicuci dan dikeringkan. Endapan hasil deproteinasi direaksikan dengan larutan HCl 1M untuk demineralisasi. Dilanjutkan dengan tahap depigmentasi menggunakan larutan NaOCl 4% selama 60 menit. Endapan hasil depigmentasi merupakan kitin. Kitin yang diperoleh kemudian dikonversi menjadi kitosan melalui proses deasetilasi dengan NaOH 60% selama 3 jam. Kitosan yang diperoleh kemudian dicuci dengan akuades dan dikeringkan dengan suhu 60°C.

#### 2. Sintesis karboksimetil kitosan (Saputro dan Mahardiani, 2009)

Kitosan hasil sintesis dialkalinasi menggunakan larutan NaOH selama 15 menit. Asam monokloroasetat kemudian ditambahkan kedalam larutan kitosan dan diaduk selama 2 jam pada suhu 60°C. Campuran larutan tersebut kemudian dinetralkan dengan larutan asam asetat, lalu dituangkan kedalam larutan metanol berlebih. Campuran larutan tersebut selanjutnya disaring dan dicuci dengan metanol. Produk kitosan termodifikasi karboksimetil yang diperoleh kemudian dikeringkan pada suhu 55°C. Kitosan dan karboksimetil kitosan hasil sintesis kemudian dianalisis dengan FTIR.

### 3. Karakterisasi karboksimetil kitosan

#### 3.1 Penentuan kadar air (AOAC,1970)

Sampel diletakkan pada cawan yang telah diketahui beratnya, lalu dikeringkan dalam oven suhu 100-105°C selama 3 jam. Sampel yang telah dioven didinginkan dalam desikator lalu ditimbang. Sampel dioven kembali pada suhu yang sama yaitu 100-105°C selama 1 jam. Kadar air dari sampel dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Kadar air \%} = \frac{b}{v} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir (g)}}{\text{Berat awal (g)}} \times 100\%$$

#### 3.2 Penentuan kadar abu (AOAC, 1970)

Cawan kosong di keringkan di dalam tanur suhu 600-650°C dan didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang berat kosongnya. Sampel dimasukkan ke dalam cawan tersebut dan diabukan dalam tanur pada suhu 600-650°C sampai sampel bebas dari karbon (sampel berwarna keabu-abuan sampai putih). Kadar abu dihitung dengan rumus :



$$\text{Kadar abu \%} = \frac{b}{v} = \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\%$$

### 3.3.2.8 Penentuan efek *swelling* (Nggah *et al.*, 2002)

Sampel (kitosan dan karboksimetil kitosan) dimasukkan ke dalam *beker glass* yang telah berisi larutan buffer pH 7,4 dan dibiarkan selama 24 jam sampai mengembang. Setelah mengembang kitosan disaring dan ditimbang. Persen pengembangan (*swelling*) sampel dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Persen pengembangan (swelling)} = \frac{W_s - W}{W}$$

Dimana  $W_s$  adalah berat sampel terkembang dan  $W$  adalah berat awal sampel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kitosan

Kulit udang putih (*Penaeus vannamei*) merupakan bahan dasar isolasi kitin dalam penelitian ini. Diketahui bahwa kulit udang mengandung kitin, mineral dan protein. Sampel kulit udang dibersihkan, dikeringkan dan diblender untuk mendapatkan serbuk kulit udang. Proses sintesis kitosan dimulai dari isolasi kitin. Isolasi kitin dimulai dari tahap deproteinasi. Tahap deproteinasi bertujuan untuk menghilangkan protein yang terdapat pada kulit udang (Saputro dan Mahardiani, 2009). Proses yang terjadi selama deproteinasi yaitu NaOH akan masuk ke celah-celah kulit udang untuk memutuskan ikatan protein dan kitin. Ion  $\text{Na}^+$  dari NaOH akan mengikat ujung rantai protein yang bermuatan negatif. Protein yang terikat akan terekstrak dan berada dalam bentuk Na-proteinat yang kemudian terbawa bersama akuades pada saat pencucian.

Tahap demineralisasi bertujuan untuk menghilangkan mineral atau senyawa anorganik yang terdapat pada kulit udang. Kandungan mineral utamanya adalah  $\text{CaCO}_3$  (kalsium karbonat) dan  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  (kalsium pospat) dalam jumlah kecil. Senyawa kalsium bereaksi dengan asam klorida dan menghasilkan kalsium klorida dan asam pospat yang larut dalam air (Yuliusman dan Adelina, 2010). Depigmentasi bertujuan agar kitin yang diperoleh menghasilkan warna yang lebih putih, selain itu juga untuk menghilangkan pigmen yang mungkin masih terkandung dalam kulit udang (Zulfikar dkk., 2006). Tahap depigmentasi menghasilkan kitin. Kitin yang diperoleh dalam penelitian ini sebanyak 27,34%.

Deasetilasi merupakan proses penghilangan gugus asetil yang terkandung pada kitin, sehingga diperoleh kitosan. Menurut Johnson dan Peniston (1982), kitin mempunyai struktur kristalin yang panjang dengan ikatan kuat antara atom nitrogen dan gugus asetil. Oleh karena itu, pada proses deasetilasi digunakan larutan NaOH dengan konsentrasi tinggi, suhu tinggi, serta waktu deasetilasi yang lama untuk memutuskan ikatan antara gugus asetil dengan gugus nitrogen sehingga menghasilkan gugus amina ( $-\text{NH}_2$ ). Ketika proses deasetilasi dalam larutannya NaOH akan terurai menjadi ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Ion hidroksil tersebut lalu menyerang karbon karbonil yang bersifat elektropositif (Saputro dan Mahardiani, 2009). Produk akhir dari reaksi ini berupa kitosan dan garam natrium asetat sebagai hasil samping. Kitosan yang dapat disintesis dari kulit udang putih sebanyak 17,33%. Berdasarkan perhitungan menggunakan *baseline b*, menunjukkan kitosan hasil sintesis memiliki derajat deasetilasi sebesar 83,67%.

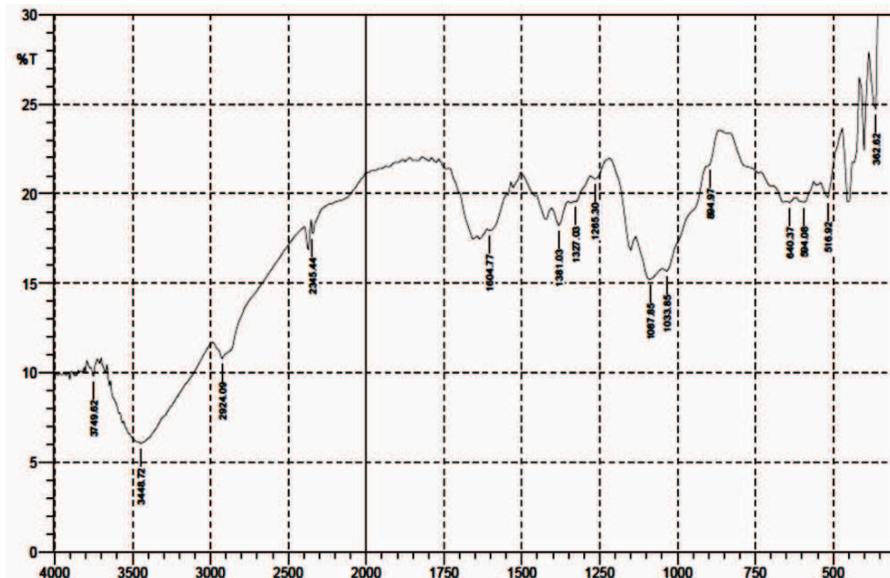
### 2. Karboksimetil kitosan

Karboksimetil kitosan merupakan salah satu senyawa derivat kitosan. Sintesis karboksimetil kitosan dilakukan dengan melarutkan kitosan dalam larutan NaOH dan kemudian ditambahkan dengan asam monokloroasetat. Menurut Basmal dkk. (2005), asam monokloroasetat merupakan asam organik lemah yang mudah terdisosiasi. Pada pembentukan karboksimetil kitosan, kitosan terlebih dahulu dibuat dalam suasana alkali dengan menggunakan NaOH, dimana kitosan akan mengikat ion  $\text{Na}^+$  sehingga pada waktu direaksikan dengan asam

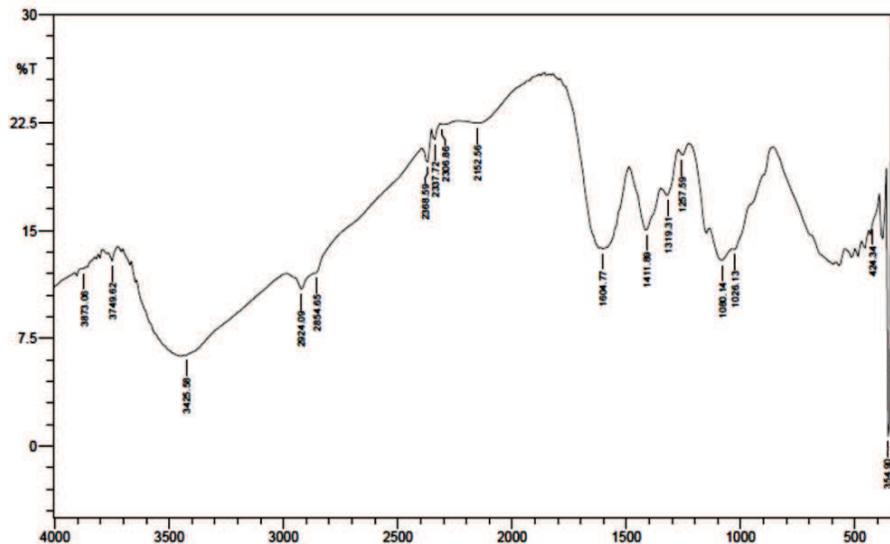


monokloroasetat terjadi pertukaran ion. Ion  $\text{Na}^+$  akan terikat dengan ion  $\text{Cl}^-$  yang dilepaskan oleh asam monokloroasetat membentuk larutan garam  $\text{NaCl}$ , sedangkan kitosan yang telah melepaskan ion  $\text{Na}^+$  akan bersifat reaktif terhadap gugus karboksil dari asam monokloroasetat sehingga membentuk karboksimetil kitosan. Campuran kitosan dengan asam monokloroasetat kemudian direaksikan dengan metanol untuk proses presipitasi karboksimetil kitosan. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan diperoleh produk karboksimetil kitosan sebanyak 42% dari berat kitosan yang digunakan.

Terbentuknya karboksimetil kitosan ditunjukkan dari perubahan dan pergeseran pada spektrum IR kitosan dan karboksimetil kitosan, seperti pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Spektrum IR kitosan



Gambar 4. Spektrum IR karboksimetil kitosan

Spektrum IR karboksimetil menunjukkan puncak serapan pada bilangan gelombang  $3425,58 \text{ cm}^{-1}$  (serapan dari vibrasi ulur gugus  $-\text{OH}$  yang tumpang tindih dengan serapan vibrasi ulur  $-\text{NH}$ ) yang semakin melebar daripada kitosan. Hal ini menunjukkan bahwa telah bertambahnya gugus  $-\text{OH}$  yang berasal dari penambahan gugus karboksilat ( $-\text{COOH}$ ). Pada spektrum kitosan maupun karboksimetil kitosan muncul serapan pada bilangan gelombang



2924,09  $\text{cm}^{-1}$ , yang menunjukkan serapan vibrasi ulur simetri C-H alifatik (C-H ring,  $-\text{CH}_3$  dan  $-\text{CH}_2-$ ) (Saputro dan Mahardiani, 2009).

Bertambahnya intensitas serapan pita ulur C=O yang muncul pada bilangan gelombang 1604,77  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan bertambahnya gugus C=O akibat penambahan gugus karboksilat ( $-\text{COOH}$ ) yang berarti telah terbentuknya karboksimetil kitosan. Selain bukti kemunculan puncak serapan  $-\text{OH}$  dan C=O, terbentuknya karboksimetil kitosan dari kitosan juga dapat diperkuat dengan adanya daerah serapan eter (vibrasi ulur C-O) pada bilangan gelombang 1000-1300  $\text{cm}^{-1}$  yang semakin menajam daripada spektra IR kitosan. Berdasarkan analisis di atas, maka dapat disimpulkan bahwa proses karboksimetilasi kitosan menjadi karboksimetil kitosan telah terjadi karena munculnya puncak-puncak karakteristik karboksimetil kitosan pada spektrum IR.

### 3. Karakteristik karboksimetil kitosan

#### 3.1 Kadar air

Kadar air merupakan salah satu parameter yang sangat penting untuk menentukan mutu dari kitosan dan karboksimetil kitosan. Kadar air kitosan dan karboksimetil kitosan ditentukan dengan cara memanaskannya pada suhu 100-105°C hingga diperoleh berat yang konstan. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kadar air dari kitosan sebesar 2,13%. Kitosan yang dihasilkan memiliki kadar air yang sudah sesuai dengan standar mutu kadar air kitosan, karena standar mutu kadar air untuk kitosan adalah  $\leq 10\%$  (Zahiruddin dkk., 2008). Besar kecilnya kadar air yang diperoleh tidak dipengaruhi oleh konsentrasi NaOH dan suhu deasetilasi yang digunakan tetapi dipengaruhi oleh proses pengeringan, lama pengeringan yang dilakukan, jumlah kitosan yang dikeringkan dan luas permukaan tempat kitosan dikeringkan (Saleh dkk., 1994).

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kadar air karboksimetil kitosan sebesar 11,86%. Hal ini menunjukkan bahwa karboksimetil kitosan mempunyai kemampuan mengikat molekul air lebih kuat dibandingkan kitosan. Kemampuan mengikat molekul air yang lebih besar pada karboksimetil kitosan dibandingkan kitosan disebabkan oleh adanya gugus karboksimetil pada struktur karboksimetil kitosan. Adanya gugus karboksimetil menyebabkan lebih banyak kemungkinan terjadinya ikatan hidrogen dengan molekul-molekul air, sehingga menyebabkan molekul-molekul air terhidrat yang mengelilingi rantai karboksimetil kitosan lebih banyak dibandingkan yang mengelilingi rantai kitosan (Saputro dan Mahardiani, 2009).

#### 3.2 Kadar abu

Kadar abu merupakan indikasi dari komponen senyawa anorganik yang terkandung dalam kitosan. Semakin rendah kadar abu, maka tingkat kemurnian kitosan semakin tinggi, sedangkan apabila kadar abu tinggi maka tingkat kemurnian kitosan akan semakin menurun. Kadar abu merupakan salah satu ukuran keberhasilan proses demineralisasi pada proses isolasi kitin dari serbuk udang.

Berdasarkan hasil penelitian, kitosan memiliki kadar abu sebesar 0,73%, sedangkan kadar abu karboksimetil kitosan sebesar 0,93%. Kadar abu dari karboksimetil kitosan lebih besar dari kitosan kemungkinan karena adanya kelebihan ion  $\text{Na}^+$  saat penambahan NaOH pada reaksi eterifikasi kitosan menjadi karboksimetil kitosan. Kemungkinan ion  $\text{Na}^+$  tersebut terbentuk di dalam kitosan alkalis dan tidak terjadinya reaksi sempurna antara kitosan alkalis dengan asam monokloroasetat.

#### 3.3 Swelling

*Swelling* merupakan kemampuan menggelembung suatu material akibat penyerapan air. Penentuan *swelling* kitosan dan karboksimetil kitosan dilakukan dengan merendam sampel dalam larutan buffer pH 7,4 selama 24 jam. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh *swelling* untuk kitosan sebesar 163,13% sedangkan untuk karboksimetil kitosan sebesar 182,98%. Persentase *swelling* dari karboksimetil kitosan lebih besar dari kitosan, hal ini menunjukkan bahwa karboksimetil kitosan lebih bersifat higroskopis karena mempunyai kemampuan mengikat molekul air lebih kuat dibandingkan kitosan karena adanya gugus karboksimetil pada struktur karboksimetil kitosan.



## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan, bahwa:

1. Kitosan yang dapat disintesis dari kulit udang putih sebanyak 17,33% dan karboksimetil kitosan sebanyak 42% per berat kitosan yang digunakan.
2. Spektum IR karboksimetil kitosan menunjukkan semakin melebarnya serapan dari vibrasi ulur gugus -OH yang tumpang tindih dengan serapan vibrasi ulur -NH, intensitas serapan pita ulur C=O dan serapan eter (vibrasi ulur C-O) semakin tajam.
3. Kadar air dari kitosan hasil sintesis sebesar 2,13% sedangkan karboksimetil kitosan sebesar 11,86%.
4. Kadar abu kitosan hasil sintesis sebesar 0,73%, sedangkan kadar abu karboksimetil kitosan sebesar 0,93%.
5. *Swelling* untuk kitosan hasil sintesis sebesar 163,13% sedangkan untuk karboksimetil kitosan sebesar 182,98 %.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada DIPA UNSOED tahun 2012 yang telah membiayai penelitian ini. Terima kasih pula untuk Annita Dewi Anggraeni dan Anita Luciana yang telah membantu perolehan data penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- A.O.A.C, 1970, *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 14<sup>th</sup> edition*, A. O. A. C, Inc. Arlington.
- Avadi, R., G.Mahdavinia, A.M. Sadeghi, M. Erfan, M. Amini, M.R.Tehrani, and A.Shafiee, 2004, Synthesis and Characterization of *N*- Diethyl Methyl Chitosan, *Iranian Polymer Journal*, Vol. 13 (5):431-436.
- Basmal J., A. Prasetyo dan Y. N. Fawzya, 2005, Pengaruh Konsentrasi Asam Monokloro Asetat dalam Proses Karboksimetil Kitosan terhadap Karboksimetil Kitosan yang Dihasilkan., *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, Vol 11(8).
- Johnson E.L. and Q.P.Peniston, 1982, Utilization of Shellfish Wastes for Production of Chitin and Chitosan, *Chemistry and Biochemistry of Marine Food Product*, The AVI, Connecticut.
- Kurniasih dan Nurhandayani, 2010, Karakterisasi Kitin Dan Kitosan dari Kulit Udang Jerbung, *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Sumber Daya Pedesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan*, LPPM Unsoed, Purwokerto.
- Ngah, W.S.W., C.S. Endud, R. Mayanar, 2002, Removal of Copper(II) Ions from Aqueous Solution onto Chitosan and Cross-Linked Chitosan Beads, *Reactive & Functional Polymers* Vol 50, Hal: 181- 190.
- Martinou, A., D. Kafetzopoulos and V.Bouriotis, 1995, Chitin Deacetylation by Enzymatic Means: Monitoring of Deacetylation Processes, *Carbohydr Res*, Vol. 273:235-242.
- Mourya V. K., N. N. Inamdar and A. Tiwarki, 2010, Carboxymethyl Chitosan and its Application, *Advanced Materials Letters*, Vol 1(1):11-33.
- Rhoades, J. and S. Roller, 2000, Antimicrobial Action of Degraded and Native Chitosan Against Spoilage Organism in Laboratory Media and Food. *Journal Application Environment Microbiology*, Vol. 66 (1):80-86.
- Saleh M. R., Abdillah, E. Suerman, J. Basmal dan N. Indrianti, 1994, Pengaruh Suhu, Waktu dan Konsentrasi Pelarut pada Ekstraksi Kitosan dari Limbah Pengolahan Udang Beku terhadap Beberapa Parameter Mutu Kitosan, *Jurnal Pasca Panen Perikanan*, Vol (18):30-43.



- Saputro C. N. A. dan L. Mahardiani, 2009, Sintesis, Karakterisasi dan Aplikasi Chitosan Modified Carboxymethyl (CS-MCM) sebagai Agen Perbaikan Mutu Kertas Daur Ulang, *Laporan Penelitian*, Surakarta.
- Suhardi, 1992, Monograf Khitin dan Khitosan, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Skjak-Braek G., T.Anthonsen and P.Sandford, 1989, *Chitin and Chitosan: Sources, Chemistry, Biochemistry, Physical Properties an Applications*, Elsevier App. Sc., London.
- Uragami, S. and S.Tokura (Eds.), 2006, *Material Science of Chitin and Chitosan*. Kodansha Ltd., Tokyo.
- Yuliusman dan P.W. Adelina, 2010, Pemanfaatan Kitosan dari Cangkang Rajungan pada Proses Adsorpsi Logam Nikel dari Larutan NiSO<sub>4</sub>, *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*, Semarang.
- Yunizal, T., M. Nur dan W.Thamrin, 2001, Ekstraksi Khitosan dari Kepala Udang Putih (*Penaeus merguensis*), *Jurnal Agric.*, Vol. 21 (3):113-117.
- Zahiruddin W., A. Ariesta dan E. Salamah, 2008, Karakteristik Mutu dan Kelarutan Kitosan dari Ampas Silase Kepala Udang Windu (*Penaeus monodon*), *Jurnal Buletin Teknologi Hasil Perikanan*, Vol 11(2):140-151.
- Zulfikar dan A. A. I. Ratnadewi, 2006, Isolasi dan Karakterisasi Fisikokimia-Fungsional Kitosan Udang Air Tawar (*Macrobrachium sintangense de Man.*), *Jurnal Teknologi Proses*, Vol 5(2):129-137.