

PRODUKSI KITOSAN BERBASIS LIMBAH UDANG DELTA MAHAKAM : TINJAUAN PROSES DEASETILASI

CHITOSAN PRODUCTION FROM MAHAKAM DELTA SHRIMP WASTE: STUDY OF DEACETYLATION PROCESS

Zainal Arifin*, Dedy Irawan, Marinda Rahim, Lalang Dwiyo Sakti

Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda

Jl. Ciptomangunkusumo, Kampus Gunung Lipan, Samarinda 75131

Telp. (0541) 260588

*Email : iffien_solo@yahoo.com

Naskah diterima 3 November 2011 disetujui 6 Februari 2012

ABSTRAK

Pengolahan udang beku oleh perusahaan-perusahaan di kawasan Delta Mahakam menyisakan potensi limbah yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Penerapan teknologi tepat guna mampu mengubah limbah udang menjadi produk yang bernilai ekonomi tinggi seperti kitosan. Kitosan diproduksi melalui urutan proses yaitu ekstraksi kitin dilanjutkan deasetilasi. Penelitian ini bertujuan untuk meninjau proses deasetilasi sebagai fungsi suhu dan konsentrasi NaOH dengan mengukur derajat deasetilasinya. Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) faktor tunggal. Serbuk kitin dimasukkan dalam reaktor, kemudian ditambahkan larutan NaOH konsentrasi tinggi (50-80% b/b) dengan rasio 1:20. Campuran dipanaskan (80-120°C) sambil diaduk. Setelah waktu tertentu, campuran disaring dan padatan dinetralkan kemudian dioven. Kitosan yang dihasilkan dianalisis derajat deasetilasinya menggunakan FTIR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum proses deasetilasi tercapai pada suhu 100°C, konsentrasi NaOH 70% (b/v) dengan perbandingan bahan baku dengan pelarut 1:20 (b/v) dengan derajat deasetilasi 80.59%. Hasil uji kualitas dengan parameter kadar abu, air, dan viskositas berturut-turut adalah 0.01%; 6.99% dan 3.6 cP. Kitosan yang dihasilkan sesuai untuk aplikasi industri.

Kata Kunci : derajat deasetilasi, kitin, kitosan, limbah udang, optimasi

ABSTRACT

Frozen shrimp activities of many companies in the Mahakam Delta region leaving the potential of shrimp waste that has not been maximally utilized. Application of appropriate technology capable of transforming shrimp waste into products of high economic value such as chitosan. Chitosan is produced through a sequence of processes, namely the extraction of chitin and deacetylation. In this research was review to deacetylation process as the function of temperature and concentration of alkali by measuring the degree of deacetylation. This research was used design of experiment of completely randomized design (CRD)-single factor. Chitin powder introduced into a reactor together with concentrated solution of alkali (50-80% w/w) on 1:20 ratio. The mixture was heated (80-120°C) with stirring. After that, the mixture was filtered and the solids neutralized and dried it. Degree of deacetylation of chitosan was analyzed using FTIR. The results showed that the optimum conditions of deacetylation process is achieved at a temperature of 100°C, alkali 70% (w/v) and a ratio 1:20 (w/v) with the degree of deacetylation 80.59%. Chitosan analysis with the parameters of ash content, moisture, and viscosity were found to

be 0.01%, 6.99% and 3.6 cP, respectively. The chitosan product is suitable for industrial applications.

Keywords : degree of deacetylation, chitin, chitosan, shrimp waste, optimization

PENDAHULUAN

Kawasan Delta Mahakam merupakan pulau-pulau kecil yang terletak di muara Sungai Mahakam dan termasuk wilayah Kecamatan Anggana, Kutai Kartanegara (Kukar), Kalimantan Timur. Kawasan ini mempunyai lahan potensial sebagai tambak udang seluas 49.838 Ha dengan hasil 3.600 ton/tahun (Kaltimpost, 2009). PT Syam Surya Mandiri merupakan salah satu perusahaan pengolah komoditas udang di kawasan Delta Mahakam menjadi udang beku dengan kapasitas produksi rata-rata 25 ton/bulan. Bagian dari udang yang menjadi limbah pada pengolahan udang beku berkisar antara 30-75% (Swastawati dkk, 2008). Data DPK Kukar menyebutkan bahwa ada sekitar 7,4 juta ton limbah udang per tahun terbuang sia-sia (Tribunkaltim, 2008).

Perkembangan iptek menghasilkan metode pengolahan limbah udang menjadi kitosan yang memiliki harga jual hingga Rp. 7.500.000 per kg (Prasetyaningrum dkk, 2007). Produksi kitosan dari limbah udang dan beberapa sumber bahan baku lainnya telah dilakukan dengan tujuan aplikasi yang semakin bervariasi. Kitosan dapat diaplikasikan pada bidang farmasi, pangan, dan industri lainnya berdasarkan nilai derajat deasetilasinya (Dutta dkk, 2004).

Penelitian pengolahan limbah udang menjadi kitosan telah banyak dilakukan. Kitosan dapat diproduksi secara kimiawi dan enzimatis. Produksi secara kimiawi telah dilakukan oleh: Swastawati, dkk (2008), Yuliusman dan Ameria (2009), Puspawati dan Simpen (2010). Sedangkan secara enzimatis oleh Abun (2009) dan Prasetyo, dkk (2009). Arifin, dkk (2010) telah

melakukan karakterisasi limbah udang Delta Mahakam sebagai bahan produksi kitosan. Hasilnya menunjukkan bahwa limbah udang Delta Mahakam memiliki kadar abu, kadar protein, kadar kalsium dan redemen kitin masing-masing 43.97%, 15.41%, 8.86%, dan 16.05%. Berdasarkan data tersebut, perlu dilakukan kajian proses deasetilasi agar diperoleh produk kitosan yang optimal secara kualitatif dan kuantitatif.

Kondisi operasi pada saat proses deasetilasi sangat berpengaruh terhadap derajat deasetilasi, rendemen kitosan dan kelarutan dalam asam asetat (No dan Meyers, 1997). Variabel yang berpengaruh pada proses deasetilasi antara lain: (1) Suhu berpengaruh terhadap laju deasetilasi kitin menjadi kitosan. Lusena dan Rose dalam No dan Meyers (1997) menyatakan bahwa dengan bertambahnya suhu, derajat deasetilasi semakin besar tetapi berat molekulnya menurun. Hubungan antara suhu dan laju deasetilasi dapat dideskripsikan dengan persamaan linear antara suhu ($1/T$ sebagai absis) dan laju deasetilasi sebagai ordinat (Johnson dan Peniston, 1982); (2) Waktu dan konsentrasi alkali. Menurut Lusena dan Rose dalam No dan Meyers (1997), perlakuan menggunakan larutan KOH 55% selama 30 menit pada suhu 100°C menghasilkan kitosan yang larut dalam 0.1 M buffer asetat pH 4.6. Penurunan konsentrasi alkali dan penambahan waktu deasetilasi akan dihasilkan produk kitosan yang kurang viskos dan larut dalam asam; (3) Kondisi isolasi kitin. Perlakuan demineralisasi mempengaruhi bobot molekul dan viskositas kitosan yang dihasilkan. Penggunaan HCl pada konsentrasi di

atas 1.25 N menurunkan viskositas kitosan. Viskositas juga menurun dengan meningkatnya waktu demineralisasi. Proses deproteinasi juga mempengaruhi viskositas dan berat molekul produk kitosan yang akan dihasilkan; (4) Rasio kitin dan larutan alkali. Proses deasetilasi membutuhkan fluiditas yang tinggi pada campuran reaksi. Menurut Moorjani, dkk dalam No dan Meyers (1997) rasio kitin dan larutan alkali memiliki pengaruh yang signifikan terhadap viskositas produk kitosan pada perbandingan berkisar 1:10 hingga 1:100 dan (5) Ukuran partikel. Bough, dkk dalam No dan Meyers (1997) melaporkan bahwa dengan ukuran partikel yang lebih kecil (1 mm) memberikan produk kitosan dengan viskositas dan berat molekul yang lebih tinggi dari pada ukuran 2 atau 6.4 mm. Ukuran partikel kitin antara 20-80 *mesh* tidak berpengaruh pada proses deasetilasi dan viskositas larutan kitosan.

Penelitian ini bertujuan untuk meninjau proses deasetilasi sebagai fungsi suhu dan konsentrasi NaOH dengan mengukur derajat deasetilasinya.

METODOLOGI

Bahan dan Alat

Limbah udang (ekor, kulit dan kepala) diperoleh dari PT Syam Surya Mandiri (SSM) yang terletak di Kecamatan Anggana, Kabupaten Kutai Kartanegara dalam kondisi kering. Limbah udang terdiri dari campuran jenis udang windu (*Penaeus monodon*) dan werus (*Metapenaeus monoceros*) dengan komposisi yang tidak diketahui dan ukuran yang tidak seragam. Bahan kimia NaOH dan HCl dengan spesifikasi *analytical grade* diperoleh dari E-Merck, Jerman.

Peralatan penelitian yang digunakan adalah: blender (Philips), ayakan (US Sieve) No. 4-50, timbangan analitik (Pioneer Ohaus PA214), oven (Mettler), viskometer digital

(Brookfield Model DV-I+), serangkaian alat refluks.

Metode

Kitosan diproduksi dari limbah udang Delta Mahakam dengan urutan proses sebagai berikut (Gambar 1):

1. Perlakuan awal

Pencucian limbah udang bertujuan untuk memisahkan limbah udang dari pasir, tanah dan pengotor lainnya. Limbah udang dikeringkan kemudian dikecilkan ukurannya menggunakan blender. Hasilnya diayak menggunakan US Sieve No. 4-50 dan ukuran rata-ratanya 1.77 mm digunakan sebagai sampel.

2. Ekstraksi kitin (modifikasi metode No dan Meyers, 1997)

Limbah udang dengan ukuran 1.77 mm dicampur HCl 1 N dengan perbandingan 1:20, lalu diaduk merata sekitar 1 jam pada suhu kamar. Campuran dibiarkan sebentar, kemudian residu dicuci sampai pH netral. Selanjutnya dikeringkan dalam oven atau dijemur sampai kering. Padatan yang sudah kering kemudian dicampur larutan NaOH 3.5% dengan perbandingan 1:15. Campuran diaduk sampai merata sekitar 1 jam sambil dipanaskan pada suhu 65°C. Larutan lalu disaring dan didinginkan sehingga diperoleh residu padatan yang kemudian dicuci dengan air sampai pH netral dan dikeringkan pada suhu 65°C selama 24 jam atau dijemur sampai kering. Padatan yang dihasilkan disebut dengan kitin.

3. Deasetilasi (modifikasi metode No dan Meyers, 1997)

Kitosan dibuat dengan menambahkan NaOH 70% dengan perbandingan 1:20 (kitin:pelarut), lalu dipanaskan dan diaduk selama 1 jam dengan suhu 100°C. Larutan kemudian disaring untuk mendapatkan residu berupa padatan, lalu dilakukan pencucian dengan air sampai pH netral, kemudian dikeringkan dengan oven suhu 65°C selama 12 jam.

Untuk pengambilan data pengaruh suhu dan konsentrasi NaOH pada proses deasetilasi digunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktor tunggal. Variabel respon yang diamati adalah nilai derajat deasetilasi.

Metode Analisis

- a. Pengujian kadar abu dengan metode AOAC (Sudarmadji dkk, 2007)
Menimbang dengan seksama 2-10 g (W1) contoh ke dalam cawan porselen yang kering dan telah diketahui beratnya. Meletakkan cawan ke dalam tanur yang diseting 600°C dan membiarkan selama 2-3 jam. Mematikan tanur, mengeluarkan cawan dan memasukkan ke dalam desikator dan menimbang berat cawan dan abu setelah dingin (W2). Menghitung kadar abu dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{W1 - W2}{W} \times 100\%$$

- b. Pengujian kadar air dengan metode AOAC (Sudarmadji dkk, 2007)
Menimbang contoh bahan sebanyak 1-2 g (a). Mengeringkan contoh dalam oven pada suhu 100-105°C selama 3-5 jam. Kemudian mendinginkan dalam desikator dan menimbang. Memanaskan kembali dalam oven selama 30 menit, mendinginkan dalam desikator dan menimbang. Perlakuan diulangi sampai tercapai berat konstan (selisih penimbangan berturut-turut kurang dari 0.2 mg) (b). Pengurangan berat merupakan banyaknya kadar air dalam bahan. Menghitung kadar

air dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(a) - (b)}{(a)} \times 100\%$$

- c. Pengujian viskositas (Daubert dan Farkas dalam Nielsen, 2010)

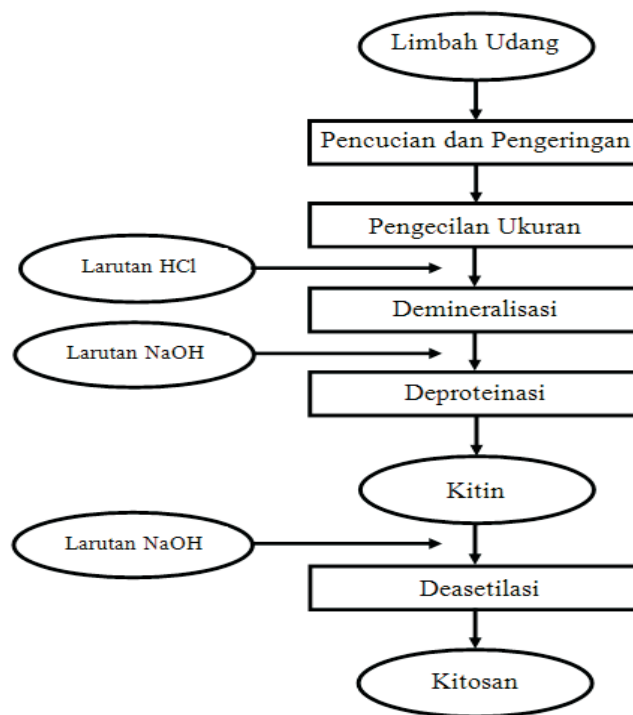
Kitosan 0,5% dilarutkan dalam asam asetat 1% dan mengaduknya hingga homogen. Alat Viscometer Brookfield Model DV-I+ diseting dengan kecepatan 60 rpm dan menggunakan *spindle* #3 (faktor koreksi 20). Meletakkan sampel yang akan diuji hingga *spindle* tercelup sebagian. Menekan tombol ON untuk menjalankan motor putaran *spindle*. Mencatat nilai % pembacaan pada *display*. Menghitung nilai viskositas sampel dengan rumus berikut:

$$\eta(mP) = \% \text{Pembacaan display} \times \text{faktor koreksi}$$

- d. Penentuan derajat deasetilasi (Sabnis dan Block, 1997)

Menarik garis lurus antara puncak tertinggi yang melewati pada λ 1655 cm^{-1} (serapan pita amida) dan λ 3450 cm^{-1} (serapan gugus hidroksil). Membuat garis tegak lurus dari bagian atas ke bawah hingga puncak bawah pada masing-masing λ 1655 cm^{-1} dan λ 3450 cm^{-1} . Menghitung nilai Po dan P untuk memperoleh nilai absorbansi (mengubah dari %T) pada λ 1655 cm^{-1} dan λ 3450 cm^{-1} . Menentukan besarnya derajat deasetilasi (DD) dengan menggunakan rumus berikut :

$$DD(\%) = 97.67 - \left[\left(\frac{A_{1655}}{A_{3450}} \times 26.486 \right) \right] \times 100\%$$



Gambar 1. Diagram alir penelitian produksi kitosan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Produksi Kitosan

Ekstraksi kitin dan transformasi kitin menjadi kitosan berbahan baku limbah udang telah dilakukan dengan kondisi proses yang ditetapkan. Ekstraksi kitin dilakukan melalui 2 tahap, yaitu: penghilangan mineral

(demineralisasi) dan protein (deproteinasi). Kitin yang diperoleh kemudian ditransformasi menjadi kitosan melalui proses deasetilasi menggunakan alkali (NaOH). Rerata limbah udang yang digunakan sebanyak 10 g menghasilkan 1.8429 g kitosan. Rincian berat tiap proses dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rincian berat tiap proses pembuatan kitosan

Bahan	Proses	Berat (g)	Rendemen (%)	Hasil pengamatan
Kulit udang	Penghilangan mineral	4.3840	43.84	Warna merah, berbau menyengat (khas udang)
Kitin	Penghilangan protein	2.3304	23.30	Warna merah kekuningan, tidak berbau udang, tekstur agak lembut
Kitosan	Penghilangan gugus asetil	1.8429	18.43	Warna kuning kecoklatan, tekstur lembut

Kitin adalah produk intermediat pada produksi kitosan. Rendemen kitin pada penelitian ini sebesar 23.30%. Besar kecilnya rendemen kitin tergantung kandungan awalnya

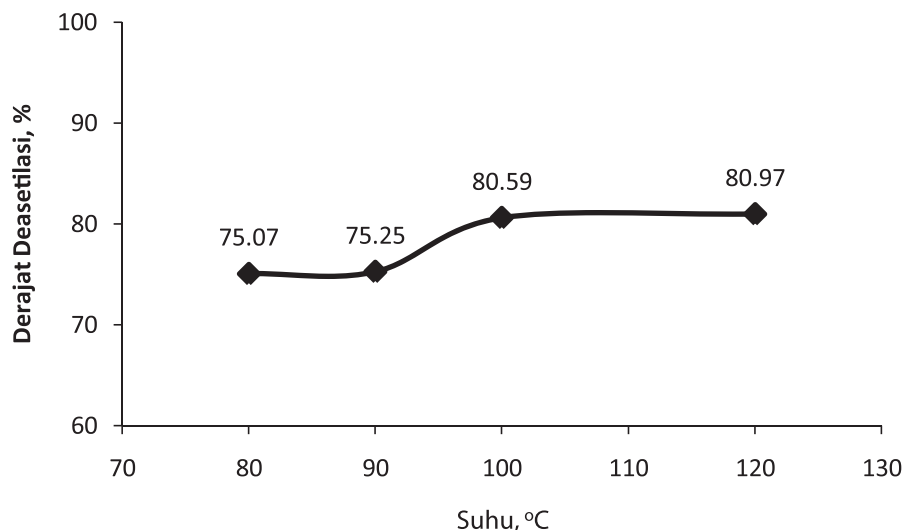
disamping kondisi dan efektivitas proses demineralisasi dan deproteinasi yang dijalankan sebelumnya. Beberapa penelitian memperlihatkan rendemen kitin yang bervariasi. Secara teoritis,

kandungan kitin pada berbagai jenis udang adalah 12-37% (No dkk, 1989). Johnson dan Peniston (1982) menyebutkan limbah kulit udang mengandung kitin 20-30%. Hasil yang berbeda juga diperoleh Murthihapsari, dkk (2008) dan Ramadhan, dkk (2010) masing-masing 6.67% dan 18.04%.

Pengaruh Suhu Deasetilasi

Pengaruh variabel suhu didapatkan dengan memvariasikan suhu reaksi deasetilasi pada 80, 90, 100 dan 120°C dengan menetapkan konsentrasi larutan NaOH pada 70% dan perbandingan bahan:pelarut 1:20 (%). Pengaruh suhu terhadap derajat deasetilasi (Gambar 2) menunjukkan bahwa semakin besar suhu, derajat deasetilasinya juga semakin besar. Kenaikan suhu akan meningkatkan kecepatan reaksi deasetilasi. Suhu yang semakin tinggi akan menyebabkan ikatan antar sesama molekul menjadi lemah, viskositas menjadi rendah dan molekul-molekul bergerak lebih cepat sehingga gugus (-OH) dari larutan NaOH akan lebih cepat beradisi dengan gugus NHCOCH_3 pada kitin,

mengeliminasi gugus asetil (Shahidi dan Abuzaytoun, 2005). Menurut Atkins (1997), setiap kenaikan suhu sebesar 10°C akan meningkatkan kecepatan reaksi sebesar 2 kali lipat. Pada penelitian ini derajat deasetilasi tertinggi dicapai pada suhu 120°C dengan derajat deasetilasi 80.97%. Kenaikan suhu dari 90°C ke 100°C memperlihatkan bahwa nilai derajat deasetilasi naik secara signifikan (5.34%) dibandingkan pada kenaikan suhu dari 80°C ke 90°C (0.18%) ataupun 100°C ke 120°C (0.38%). Suhu optimum tercapai pada suhu 100°C dengan derajat deasetilasi 80.59%. Pada suhu 120°C, derajat deasetilasi kitosan yang dihasilkan tidak jauh lebih besar dibanding 100°C. Artinya bahwa kenaikan jumlah gugus asetil yang diputus tidak banyak. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh suhu tinggi juga menyebabkan proses depolimerisasi/degradasi kitin (Shahidi dan Abuzaytoun, 2005). Hasil penelitian Rokhati (2006) dan Prasetyaningrun, dkk (2007) juga menunjukkan bahwa suhu optimum proses deasetilasi adalah 100°C.



Gambar 2. Pengaruh suhu terhadap derajat deasetilasi

Pengaruh Konsentrasi NaOH

Pada penelitian ini pengaruh konsentrasi larutan NaOH terhadap derajat deasetilasi dilakukan dengan

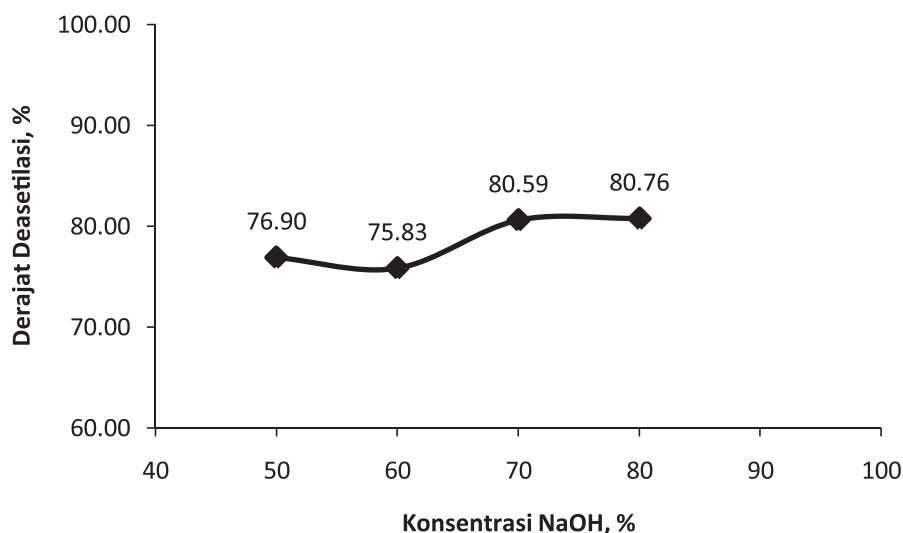
memvariasikan konsentrasi larutan NaOH pada 50, 60, 70 dan 80% dengan suhu deasetilasi dari optimasi suhu sebesar 100°C dan rasio bahan:pelarut

1:20 ($^{b/v}$). Hasil penelitian menunjukkan pada konsentrasi larutan NaOH 60% (Gambar 3) terjadi penurunan nilai derajat deasetilasi sebesar 1.07% (dari 76.90% menjadi 75.83%). Hal ini dapat dijelaskan bahwa kondisi operasi (selain suhu dan konsentrasi NaOH) yang awalnya diasumsi konstan ternyata tidak dapat dianggap sama. Kemudian berdasarkan hasil analisis kualitatif yang dilakukan, kitosan yang dihasilkan dengan konsentrasi NaOH 50 dan 60% tidak larut dalam asam asetat. Padahal salah satu parameter kualitas kitosan standar adalah dapat larut dalam asam asetat. Sehingga penurunan nilai derajat deasetilasi yang terjadi dianggap tidak berpengaruh.

Gugus asetil pada kitin dapat diputus dengan bantuan alkali (NaOH). NaOH memutus ikatan antara karbon pada gugus asetil dengan nitrogen pada kitin menjadi kitosan yang mengandung gugus amina. Dengan menggunakan NaOH konsentrasi tinggi, pemutusan gugus asetil dengan gugus nitrogen akan terjadi karena gugus-gugus ini

berada dalam unit sel dengan struktur kristalin. Sehingga semakin tinggi konsentrasi NaOH maka gugus asetil yang terlepas semakin banyak. Dengan demikian derajat deasetilasi kitosan semakin tinggi (Mastuti, 2005; Prasetyaningrun dkk, 2007).

Penggunaan larutan NaOH 70% menyebabkan terjadinya peningkatan derajat deasetilasi yang signifikan sebesar 4.67% dari proses deasetilasi menggunakan larutan NaOH 60%. Sementara pada konsentrasi NaOH 80%, kenaikan derajat deasetilasinya tidak signifikan. Hal ini disebabkan pada konsentrasi NaOH 80%, larutan menjadi sangat kental sehingga proses pengadukan menjadi tidak sempurna. Sebagian besar kitin tidak bereaksi dengan larutan NaOH sehingga gugus amino yang terbentuk sedikit dan derajat deasetilasinya rendah (Haryani dkk, 2007). Hasil penelitian ini diperoleh konsentrasi optimum NaOH untuk proses deasetilasi adalah 70% dengan derajat deasetilasi 80.59%.



Gambar 3. Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap derajat deasetilasi

Uji Kualitas

Hasil optimasi proses penelitian ini digunakan sebagai acuan untuk memproduksi kitosan dengan skala yang lebih besar dengan kondisi optimum yang diperoleh untuk proses deasetilasi. Uji kualitas terhadap kitosan

hasil penelitian dilakukan dan hasilnya dibandingkan dengan kualitas kitosan niaga. Indonesia belum memiliki standar mutu kitosan seperti SNI atau SII sehingga kitosan yang dihasilkan dibandingkan dengan hasil penelitian lain yang menjadi referensi peneliti

(Bastaman, 1989; Sugita dkk, 2009)

seperti terlihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Hasil uji kualitas kitosan

Parameter	Nilai	
	Kitosan	Hasil Penelitian
Ukuran partikel	Serpihan sampai bubuk	Serpihan
Kadar air (%)	≤ 10	6.99
Kadar abu (%)	≤ 2	0.01
Warna Larutan	Jernih	Kuning jernih
Derajat deasetilasi (%)	≥ 70	80.59
Viskositas (cP)	Rendah (< 200)	3.6

Secara umum kitosan hasil penelitian sesuai dengan standar kualitas kitosan yang disyaratkan. Mutu kualitas kitosan yang dihasilkan sangat mempengaruhi dalam aplikasi produk yang diperoleh.

Kesesuaian Hasil Penelitian Dan Aplikasi

Aplikasi kitosan akan lebih luas apabila memiliki kemurnian yang tinggi dengan ditunjukkan tingginya derajat deasetilasi disertai dengan kelarutan dalam asam asetat. Menurut Suptijah (2004), kitosan dapat dibagi menjadi 3 *grade* berdasarkan nilai derajat deasetilasi, yaitu: (1) *grade* farmasi, (2) *grade* pangan atau kosmetik, dan (3) *grade* industri seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi *grade* produk kitosan

Derajat Deasetilasi	Standar/Grade
90-95	Farmasi
85-90	Pangan dan Kosmetik
70-85	Industri

Hasil penelitian ini secara keseluruhan menunjukkan bahwa kitosan yang diperoleh mempunyai derajat deasetilasi berkisar antara 75-80%. Kitosan ini termasuk *grade* 3 yang sesuai untuk aplikasi industri. Untuk

mengetahui kesesuaian kitosan yang dihasilkan dengan aplikasi industri, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memanfaatkan produk kitosan menjadi bahan pengawet, bio film, atau koagulan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi optimum proses deasetilasi pada pembuatan kitosan adalah pada konsentrasi larutan NaOH 70%, suhu deasetilasi 100°C dan perbandingan bahan:pelarut 1:20 ($^{b/v}$).
2. Kualitas kitosan yang dihasilkan memiliki kadar air 6.99%, kadar abu 0.01%, viskositas 3.6 cP dan derajat deasetilasi sebesar 80.59% yang sesuai untuk aplikasi industri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional atas dukungan dananya melalui Hibah Penelitian Strategis Nasional Tahun Anggaran 2010 No. kontrak 560/SP2H/PP/DP2M/VII/2010. Terima kasih juga diucapkan kepada Drs. Harjanto, M.Sc yang telah membantu dalam penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abun. 2009. *Pengolahan limbah udang windu secara kimiawi dengan NaOH dan H₂SO₄ terhadap protein dan mineral terlarut*. Makalah ilmiah tidak dipublikasikan. Fakultas Peternakan, Universitas Padjajaran.
- Arifin, Z., Irawan, D. dan Rahim, M. 2010. "Pengolahan limbah udang menjadi kitosan untuk meningkatkan kesejahteraan nelayan di kawasan Delta Mahakam Kutai Kartanegara". *Laporan Akhir Hibah Penelitian Strategis Nasional*. UP2M Politeknik Negeri Samarinda.
- Atkins, PW. 1997. *Kimia Fisika*. Jilid 2. Ed. 4. hal 365. Airlangga. Jakarta.
- Bastaman. S. 1989. *Studies on Degradation and Extraction of Chitin and Chitosan from Prawn Shell (Nephrops norvegicus)*. Thesis. The Queen's University of Belfast England. England.
- Daubert, CR. dan Farkas, BE. 2010. "Viscosity Measurement Using a Brookfield Viscometer" in *Food Analysis Laboratory Manual*, Nielsen, SS. (edited), 2nd ed. pp 165-168.
- Dutta, PK., Dutta, J. dan Tripathi, VS. 2004. "Chitin and chitosan: chemistry, properties and applications". *Journal of Scientific & Industrial Research*, Vol. 63. pp 21-31.
- Haryani, K., Hargono, Budiyati, CS. 2007. "Pembuatan khitosan dari kulit udang untuk mengadsorpsi logam krom (Cr⁶⁺) dan tembaga (Cu)". *Reaktor*. Vol 11. No. 2. hal 86-90.
- Johnson, EL. dan Peniston, QP. 1982. "Utilization of Shellfish Wastes for Production of Chitin and Chitosan" in *Chemistry and Biochemistry of Marine Food Product*. AVI Publ. Westport Connecticut.
- Kaltimpost. 2009. *Kepiting dan Udang Sampai ke China dan Jepang: Tingkatkan Perekonomian dengan Mengoptimalkan Potensi Perikanan* (2). <http://www.kaltimpost.co.id/index.php?mib=berita.detail&id=26444> [diakses 24 Maret 2010].
- Mastuti, E. 2005. "Pengaruh konsentrasi NaOH dan suhu pada proses deasetilasi khitin dari kulit udang". *Ekulibrium*. Vol. 4. No. 1. hal 21-25.
- Murtihapsari, Murtiningrum, Parubak, AS. 2008. "Ekstraksi khitin dari limbah udang putih (*Penaeus merguensis*) asal Sorong Papua dengan teknik deproteinisasi dan demineralisasi". *Jurnal Nusa Kimia*. Vol. 8. No. 1. pp 19-23.
- No, HK., Meyers, SP. dan Lee, KS. 1989. "Isolation and characterization of chitin from crawfish shell waste". *J. Agric. Food Chem*. Vol. 37 (3). pp 575-579.
- No, HK. dan Meyers, SP. 1997. "Preparation of Chitin and Chitosan" in R.A.A. Muzzarelli dan M.G. Peter in *Chitin Handbook*. European Chitin Society. Italy.
- Prasetyo, Eko, F., Utomo, Satriyo. 2009. "Konversi kitin menjadi kitosan dengan enzim deasetilasi dari jamur *Mucor rouxii*". *Laporan Penelitian*. Teknik Kimia ITS. Surabaya.
- Prasetyaningrum, A., Rokhati, N., Purwintasari, S. 2007. "Optimasi derajat deasetilasi pada proses pembuatan chitosan dan pengaruhnya sebagai pengawet pangan". *Riptek*. Vol. 1. No. 1. hal 39-46.
- Puspawati, NM. dan Simpen, IN. 2010. "Optimasi deasetilasi khitin dari kulit udang dan cangkang kepiting limbah restoran seafood menjadi khitosan melalui variasi konsentrasi NaOH". *Jurnal Kimia 4* (1). hal 79-90.
- Ramadhan, LOAN., Radiman, CL., Wahyuningrum, D., Suendo, V., Ahmad, LO., Valiyaveetil, S. 2010. "Deasetilasi kitin secara bertahap

- dan pengaruhnya terhadap derajat deasetilasi serta massa molekul kitosan". *Jurnal Kimia Indonesia*. Vol. 5 (1). pp 17-21.
- Rokhati, N. 2006. "Pengaruh derajat deasetilasi khitosan dari kulit udang terhadap aplikasinya sebagai pengawet makanan". *Reaktor*. Vol. 10. No. 2. hal 54-58.
- Sabnis, S. dan Block, LH. 1997. "Improved infrared spectroscopic method for the analysis of degree of *N*-deacetylation of chitosan". *Polym Bull*. Vol. 39. pp 67-71.
- Shahidi, F. dan Abuzaytoun, R. 2005. "Chitin, chitosan, and co-products: chemistry, production, applications, and health effects". *Advances in Food and Nutrition Research*. Vol. 49. pp 93-135.
- Sudarmaji, S., Haryono, B. dan Suhardi. 2007. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Ed. 4. Cet. 2. Liberty. Yogyakarta.
- Sugita, P., Wukirsari, T., Sjahriza, A., Wahyono, D. 2009. *Kitosan Sumber Biomaterial Masa Depan*. IPB Press. Bogor.
- Suptijah, P. 2004. "Tingkat kualitas kitosan hasil modifikasi proses produksi". *Buletin Teknologi Hasil Pertanian*. Volume VII. No. 1. hal 56-67.
- Swastawati, F., Wijayanti, I. dan Susanto, E. 2008. "Pemanfaatan limbah kulit udang menjadi *edible coating* untuk mengurangi pencemaran lingkungan". *Jurnal Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti*. 4(4). hal 101-106.
- Tribunkaltim. 2008. *7,4 Juta Ton Kepala Udang Terbuang*. <http://www.tribunkaltim.co.id/read/artikel/12884> [diakses 20 Maret 2010].
- Yuliusman dan Ameria. 2009. "Optimasi metode pengambilan kembali logam nikel dari *spent catalyst* NiO/Al₂O₃ menggunakan kitosan dari cangkang rajungan sebagai adsorben". *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia-SNTKI 2009*. ITB. Bandung.