

PEMANFAATAN KITOSAN PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PERIKANAN

The Utilization of Chitosan on Fishery Industrial Wastewater Treatment

Bustami Ibrahim*, Pipih Suptijah, Prantommy

Departemen Teknologi Hasil Perairan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

Diterima 30 April 2009/Disetujui 1 Oktober

Abstract

Highly organic substances contained within fishery industrial wastewater will pollute the environment when it flows into public water body without any previous treatment. Chitosan is polymer substance extracted from shrimp shell which is able to wrap solid particles suspended in liquids and bring them together and agglomerate makes it suitable as a coagulant aid. The objective of this research was to study the effectiveness of chitosan in order to decrease pollutant parameter in the fishery industrial wastewater. The quality of chitosan used during this research confirmed to Protan Laboratory standard. Results showed that chitosan as a coagulant has good performance in pH range of 6.6-6.8 and at concentration of 175-225 ppm. Within these conditions, chitosan could decrease turbidity value 94.33%-95.17%, TSS (Total Suspended Solids) 95.10%-95.82%, BOD (Biochemical Oxygen Demand) 72.09%-79%, COD (Chemical Oxygen Demand) 76.72%-79.40%, TKN (Total Kjeldahl Nitrogen) 12.50%-27.82%, NH₃N 80.84%-82.56%, NO₂-N 47.69%-54.74%, NO₃-N 19.39%-40.14%. The best chitosan concentration to use was at 200 ppm. The quality of effluent produced confirmed to Standard Regulation Indonesian Ministry of Environmental for Standard of Industrial Wastewater no.:KEP-51/MENLH/10/1995.

Keywords : chitosan, coagulant, fishery industrial wastewater treatment

PENDAHULUAN

Limbah cair industri hasil perikanan mengandung bahan organik (protein dan lemak) yang tinggi, ditandai dengan BOD, TSS dan TKN yang tinggi. Produksi perikanan Indonesia mencapai 5,3 juta ton dalam tahun 2000 (DKP 2000). Dari jumlah produksi ini ada yang langsung dikonsumsi segar dan ada juga yang diproses oleh industri pengolahan menjadi berbagai macam produk. Rata-rata industri perikanan mengkonsumsi air lebih dari 20 m³/ton produk yang dihasilkan (River *et al.* 1998). Akibatnya banyak air limbah yang terbuang setelah proses pencucian, pemasakan dan sanitasi proses, yang mengandung bahan organik yang tinggi terutama protein (Battistoni *et al.* 1992). Jika limbah cair industri perikanan ini dibuang ke perairan umum tanpa pengolahan terlebih dahulu akan mencemari lingkungan, yaitu menyebabkan bau, eutrofikasi perairan dan pendangkalan (Park *et al.* 2001).

* Korespondensi: Bustami Ibrahim, Jln. Lingkar Akademik, Kampus IPB Darmaga-Bogor, 16680,
email:bustamibr@yahoo.com

Kulit udang merupakan limbah dalam industri pengolahan udang yang porsinya mencapai 30-70 % (Agustin, 1994). Salah satu pemanfaatan dari kulit udang adalah dengan diproses menjadi kitosan. Kitosan merupakan polielektrolit kationik dan polimer berantai panjang, mempunyai berat molekul besar dan reaktif karena adanya gugus amina dan hidroksil yang bertindak sebagai donor elektron. Karena sifat-sifat itu, kitosan bisa berinteraksi dengan partikel-partikel koloid yang terdapat di dalam air limbah melalui proses jembatan antar partikel flok (koagulasi) (Chung *et al*, 1996; Prashanth dan Tharanathan 2007). Yunizal (1998) mampu menurunkan kekeruhan limbah pembekuan udang dengan menambahkan kitosan sebagai koagulan.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pemanfaatan kitosan dari kulit udang untuk pengolahan limbah cair perikanan sehingga diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif dalam penanganan limbah cair industri hasil perikanan.

METODE

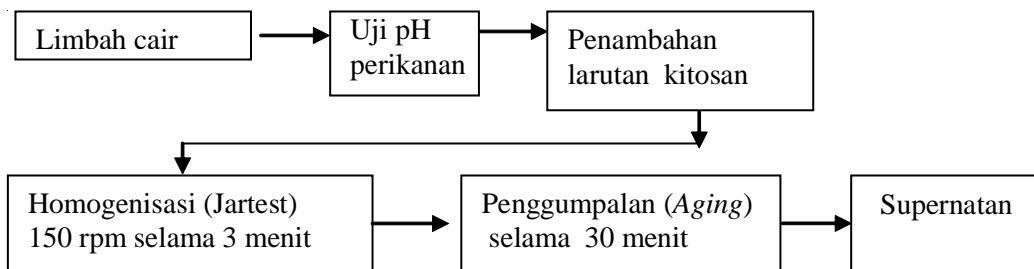
Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada bulan April-September 2007, dan bertempat di beberapa laboratorium, yaitu Lab. Pengolahan Hasil Perikanan Balai Besar Penanganan dan Pengolahan Hasil Perikanan Jakarta; Lab. Pengolahan dan Unit Produksi Hasil Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor (FPIK-IPB); Lab. Mikrobiologi FPIK-IPB; Lab. Pengolahan Pangan Fakultas Teknologi Pertanian IPB; Lab. Pengujian Mutu Hasil Perikanan Pluit Jakarta; serta Lab. Organoleptik Teknologi Hasil Perikanan FPIK-IPB.

Bahan dan Alat

Limbah cair perikanan yang digunakan pada penelitian ini berasal dari limbah cair yang dibuat dengan menggunakan limbah padat pengolahan ikan (kepala, sisik, kulit dan tulang) yang diproses seperti pada metode Fauzie *et al.* (2003) sebagai pengganti limbah cair industri perikanan. Kitosan dibuat dari kulit udang yang diperoleh dari Kawasan Industri Muara Baru, Jakarta Utara. Proses pembuatan kitosan dilakukan sesuai dengan metode Suptijah *et al.* (1992).

Langkah Perlakuan Limbah Cair



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Langkah-langkah perlakukan terhadap limbah cair perikanan dapat dilihat pada Gambar 1

Lingkup Penelitian

Analisa yang dilakukan terhadap limbah cair sebelum dan sesudah perlakuan adalah: 1) Uji fisik yang terdiri dari uji warna dengan visual, pH dengan pH meter, dan kekeruhan dengan turbidimeter; dan 2) Uji kimiawi yaitu; BOD, COD, TSS, TKN, NH₃-N, NO₂-N, dan NO₃-N sesuai dengan metode APHA (1992). Data yang diperoleh dianalisa dengan model statistika rancangan acak lengkap, menggunakan anova dan uji lanjut *Dunnet's* (Gomez dan Gomez 1995).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Kitosan

Mutu kitosan yang dihasilkan dan digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1. Semua hasil analisa kitosan telah memenuhi standar komersial yang ditetapkan oleh Laboratorium Protan sehingga layak digunakan dalam penelitian ini (Shahidi *et al.* 1999).

Karakteristik limbah cair perikanan

Tabel 1. Hasil analisa mutu kitosan

No.	Sifat	Parameter	Protan laboratories
1	Ukuran partikel	serpihan	serpihan/ bubuk
2	Kadar air (% berat kering)	8,98 %	≤ 10 %
3	Kadar abu (% berat kering)	1,04 %	≤ 2 %
4	Kadar nitrogen	4,87 %	-
5	Derajat deasetilasi	82 %	≥ 70 %
6	Warna larutan	Jernih	Jernih

Sebagai pengganti limbah cair dari industri perikanan, agar lebih stabil selama penelitian, maka digunakan limbah cair buatan. Karakteristik limbah cair perikanan buatan dapat dilihat pada Tabel 2.

Limbah cair perikanan buatan ini memiliki karakteristik seperti karakteristik limbah cair penepungan ikan (*fish meal*), seperti yang ditunjukkan oleh Gonzales (1996). Dalam proses penepungan ikan, pengepresan menghasilkan limbah cair yang mengandung lemak dan protein terlarut dan mineral.

Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mencari selang konsentrasi kitosan yang dapat memberikan efek terhadap penurunan kandungan bahan cemaran. Hasil dari penelitian pendahuluan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Karakteristik limbah cair perikanan buatan

Karakteristik	Satuan	Baku mutu limbah cair industri
Warna	Coklat Keruh	-
pH	6,79	6 - 9
kekeruhan	595 KTU	-
BOD	2150 mg/l	50-150 mg/l
COD	8549 mg/l	100-300 mg/l
TSS	4800 mg/l	200-400 mg/l
Amoniak (NH_3)	13,2145 mg/l	1-5 mg/l
Nitrat (NO_3)	2,656 mg/l	20-30 mg/l
Nitrit (NO_2)	3,555 mg/l	1-3 mg/l
TKN	2559 mg/l	-

Tabel 3. Nilai kekeruhan, warna dan pH limbah cair perikanan pada penelitian pendahuluan

Larutan kitosan (ppm)	Warna	Kekeruhan (KTU)	pH
0 (kontrol)	keruh	11,0	6,74
150	agak keruh	25	6,68
175	bening	8,5	6,66
200	bening	1,85	6,65
225	bening	3,54	6,63
250	agak bening	3,95	6,62
275	agak bening	4,2	6,62

Tabel 3 menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi kitosan terbaik pada 200 ppm dengan karakteristik yang dihasilkan adalah pH 6,65 dengan larutan bening. Untuk mendapatkan kisaran konsentrasi yang lebih kecil maka dipilih konsentrasi kitosan 175 ppm, 200 ppm dan 225 ppm sebagai perlakuan dalam penelitian utama.

Penelitian Utama

Perubahan warna

Secara visual warna limbah cair perikanan berwarna coklat keruh. Hal ini disebabkan karena banyaknya partikel-partikel tersuspensi seperti protein dan lemak yang terdapat dalam limbah. Partikel tersebut sulit untuk mengendap sehingga mengakibatkan kekeruhan pada limbah cair. Rantai molekul kitosan yang panjang mampu memerangkap partikel tersuspensi dalam larutan dan menjadikannya aglomerasi, sehingga berfungsi sebagai koagulan (Chung *et al.* 1996). Perbandingan warna limbah cair perikanan yang diberi perlakuan kitosan dan tanpa perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4. terlihat bahwa perlakuan kitosan dapat menjernihkan limbah cair. Akan tetapi pengamatan secara visual tidak dapat membedakan perlakuan yang memberikan perubahan warna yang paling nyata diantara perlakuan konsentrasi kitosan.

Nilai pH

Nilai pH sangat penting dalam pengolahan limbah karena akan mempengaruhi kehidupan organisme. Nilai pH yang menunjang kehidupan organisme berkisar antara 6-9. Persentase perubahan pH setelah perlakuan dengan larutan kitosan dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5 terlihat semakin tinggi konsentrasi larutan kitosan, nilai pH limbah cair perikanan semakin rendah. Hal ini dikarenakan kitosan dilarutkan dengan

Tabel 4. Warna limbah cair perikanan dengan perlakuan larutan kitosan

Perlakuan (ppm)	Warna
0 (kontrol)	coklat keruh
175	bening
200	bening
225	bening

Tabel 5. Nilai pH setelah perlakuan dengan larutan kitosan

Perlakuan (ppm)	pH	Penurunan (%)
0 (kontrol)	6,79 ^a	-
175	6,72 ^b	1,03
200	6,71 ^b	1,10
225	6,71 ^b	1,18

Keterangan : - Data dari rata-rata dua kali ulangan
Huruf *superscript* yang sama pada satu kolom menandakan tidak signifikan

menggunakan asam asetat 2 %. Akan tetapi pH yang dihasilkan masih sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor: KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri bahwa kisaran pH limbah cair perikanan yang aman dibuang ke perairan berkisar antara 6-9.

Nilai Kekeruhan

Kekeruhan sangat dipengaruhi oleh adanya bahan-bahan tersuspensi seperti pasir, lumpur, bahan organik dan anorganik, plankton serta organisme mikroskopik lainnya. Hal ini dapat mengganggu keseimbangan ekologis suatu habitat karena dapat mengurangi penetrasi cahaya matahari yang masuk. Nilai persentase penurunan kekeruhan setelah perlakuan dengan larutan kitosan dapat dilihat pada Tabel 6.

Dari analisis sidik ragam diketahui bahwa perlakuan dengan kitosan mempunyai pengaruh yang berbeda nyata terhadap kekeruhan limbah cair perikanan. Uji lanjut Dunnett's memberikan hasil bahwa perlakuan dengan konsentrasi kitosan 200 ppm memberikan hasil yang terbaik dalam menurunkan kekeruhan limbah cair perikanan yaitu sebesar 95,17%.

Nilai Total Padatan Tersuspensi (TSS)

Padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen, misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme tertentu dan sebagainya. Pengaruh kitosan terhadap Nilai TSS disajikan pada Gambar 2.

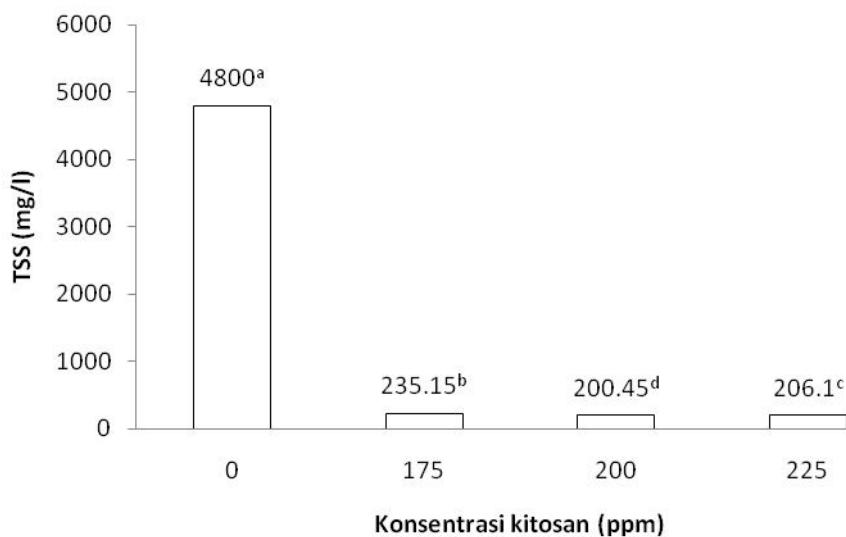
Dari analisis sidik ragam (anova) diketahui bahwa perlakuan dengan kitosan mempunyai pengaruh yang berbeda nyata terhadap nilai TSS limbah cair perikanan. Uji

Tabel 6. Nilai persentase penurunan kekeruhan setelah perlakuan dengan larutan kitosan

Perlakuan (ppm)	Persentase penurunan (%)
0 (Kontrol)	-
175	94,33 ^a
200	95,17 ^b
225	95,04 ^c

Keterangan : - Data dari rata-rata dua kali ulangan

- Huruf *superscript* yang sama pada satu kolom menandakan tidak signifikan



Gambar 2. Pengaruh kitosan terhadap TSS limbah cair perikanan

Keterangan : - Huruf *superscript* yang sama menandakan tidak signifikan

lanjut Dunnett's memberikan hasil bahwa perlakuan dengan konsentrasi kitosan 200 ppm memberikan hasil yang terbaik dalam menurunkan TSS limbah cair perikanan yaitu sebesar 95,82%. Hal ini membuktikan bahwa kitosan yang dapat bersifat koagulan (Chung *et al.* 1996), dapat digunakan untuk mengolah air limbah dan pemurnian air minum.

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa TSS limbah cair perikanan sesudah mendapat perlakuan dengan kitosan yaitu sebesar 200,45 mg/l sudah sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor: KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri yaitu nilai TSS yang aman dibuang ke perairan berkisar antara 200-400 mg/l.

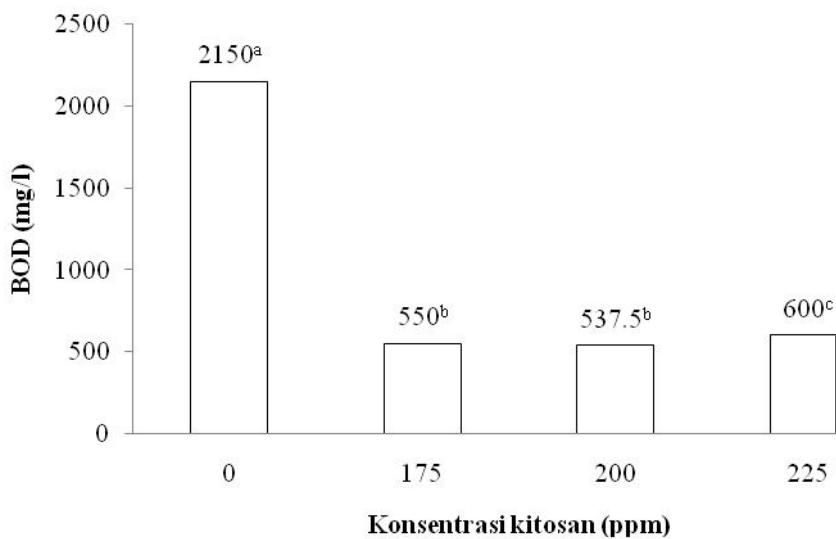
Nilai Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Nilai BOD yang tinggi menunjukkan kualitas air yang tidak baik. Hasil analisa BOD limbah cair perikanan sebelum dan sesudah perlakuan dengan larutan kitosan disajikan pada Gambar 3.

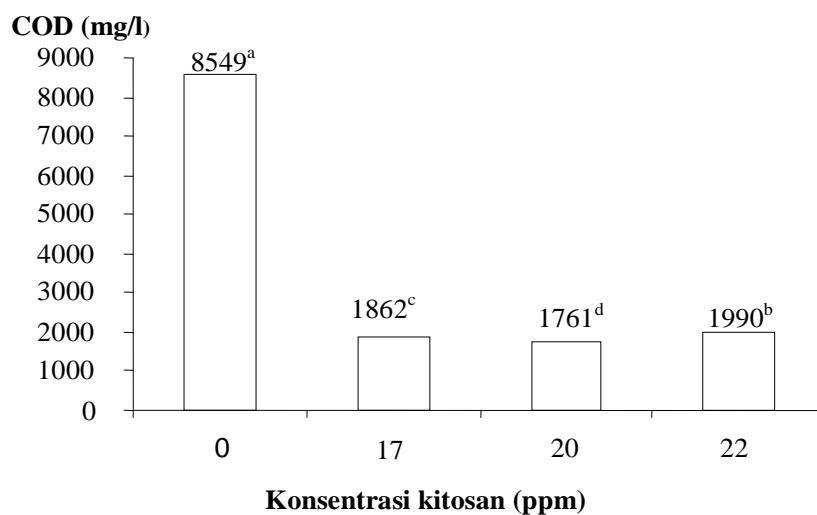
Analisa sidik ragam (anova) menunjukkan bahwa penambahan kitosan memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap penurunan nilai BOD limbah cair perikanan. Uji lanjut Dunnett's memberikan hasil bahwa perlakuan dengan konsentrasi kitosan 175 dan 200 ppm memberikan hasil yang terbaik dalam menurunkan kandungan BOD limbah cair perikanan yaitu sebesar 75%.

Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa nilai BOD limbah cair perikanan sesudah perlakuan dengan kitosan yaitu sebesar 537,5 mg/l, meskipun belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor:KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri yaitu berkisar dari 50-150 mg/l.

Nilai *Chemical Oxygen Demand (COD)*



Gambar 3. Pengaruh kitosan terhadap BOD Limbah cair perikanan
Keterangan : - Huruf *superscript* yang sama menandakan tidak signifikan



Gambar 4. Pengaruh kitosan terhadap COD limbah cair perikanan
Keterangan : - Huruf *superscript* yang sama menandakan tidak signifikan

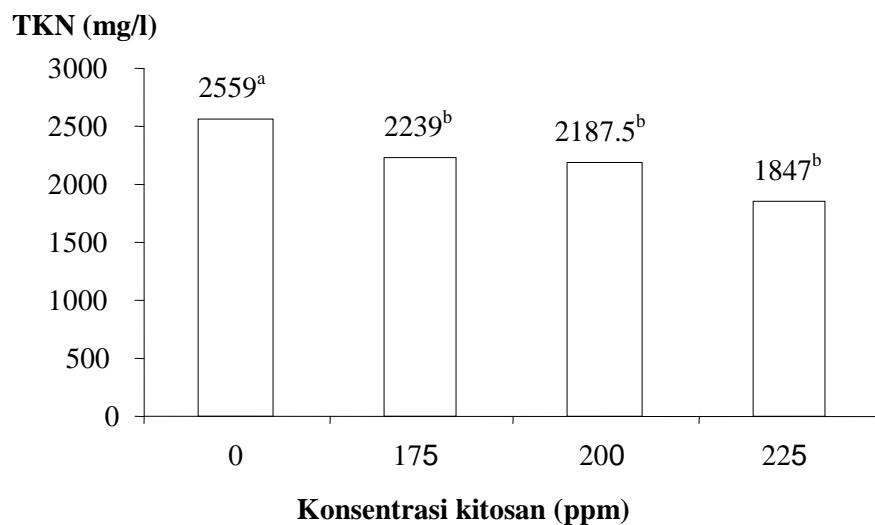
Makin tinggi nilai COD menunjukkan bahwa limbah tersebut banyak mengandung bahan-bahan organik dan anorganik. Pengaruh kitosan terhadap nilai COD limbah cair perikanan disajikan pada Gambar 4.

Berdasarkan analisis sidik ragam (anova) diketahui bahwa perlakuan dengan kitosan mempunyai pengaruh yang berbeda nyata terhadap penurunan nilai COD limbah cair perikanan. Uji lanjut Dunnett's menunjukkan bahwa perlakuan dengan konsentrasi kitosan 200 ppm memberikan hasil yang terbaik dalam menurunkan kandungan COD limbah cair perikanan yaitu sebesar 79,40%. Akan tetapi nilai COD yang tercapai seperti pada Gambar 4 belum sesuai dengan aturan yaitu harus berkisar 100-300 mg/l.

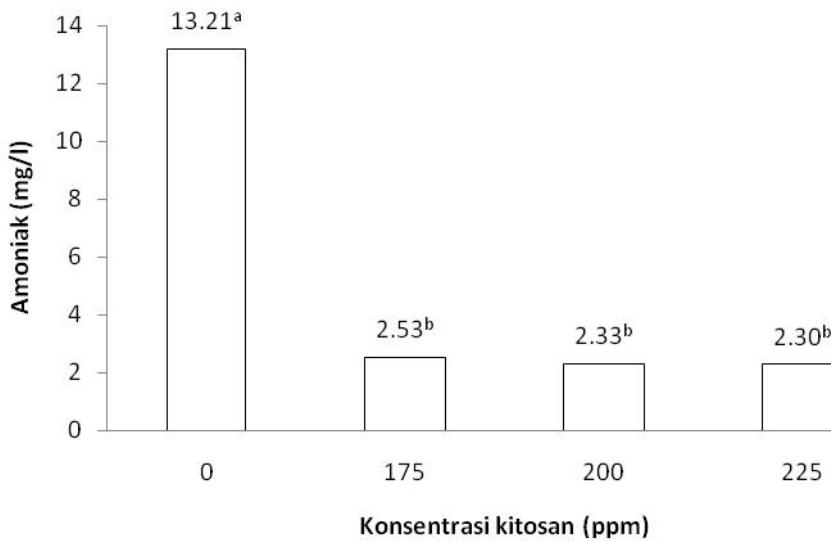
Nilai Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)

TKN adalah metode analisa untuk mengidentifikasi jumlah nitrogen organik yang dikandung dalam suatu bahan. Dalam limbah, nitrogen dapat berada dalam bentuk protein, amonia, nitrit dan nitrat (Islam *et al.* 2004). Pengaruh kitosan terhadap nilai TKN disajikan pada Gambar 5.

Dari Gambar 5 terlihat bahwa nilai TKN cenderung menurun dengan perlakuan kitosan, akan tetapi secara statistik tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata. Perlakuan dengan konsentrasi kitosan 225 ppm memberikan hasil persentase penurunan yang tertinggi yaitu sebesar 27,82%.



Gambar 5. Pengaruh kitosan terhadap TKN limbah cair perikanan
Keterangan : - Huruf *superscript* yang sama menandakan tidak signifikan



Gambar 6 Pengaruh kitosan terhadap amoniak limbah cair perikanan

Keterangan : - Huruf *superscript* yang sama menandakan tidak signifikan

Nilai Amoniak ($\text{NH}_3\text{-N}$)

Amoniak dalam bentuk tak-terion lebih beracun terhadap ikan daripada bentuk ammonium. Persentase total amoniak dalam bentuk tak-terion (NH_3) akan meningkat dengan adanya peningkatan pH dan suhu (Boyd 1990). Daya racun amoniak meningkat bila pH meningkat atau bila oksigen terlarut rendah. pengaruh kitosan terhadap amoniak limbah cair perikanan disajikan pada Gambar 6.

Dari analisis sidik ragam (anova) diketahui bahwa kitosan berpengaruh nyata terhadap penurunan nilai amoniak ($\text{NH}_3\text{-N}$) limbah cair perikanan. Pada konsentrasi kitosan 225 ppm dicapai nilai $\text{NH}_3\text{-N}$ limbah cair yang terendah yaitu 2,30 mg/l dengan tingkat penurunan 82,56%. Meskipun demikian nilai ini masih belum mencapai baku mutu limbah cair yang ditetapkan pemerintah yaitu 1 mg/l.

Nilai Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$)

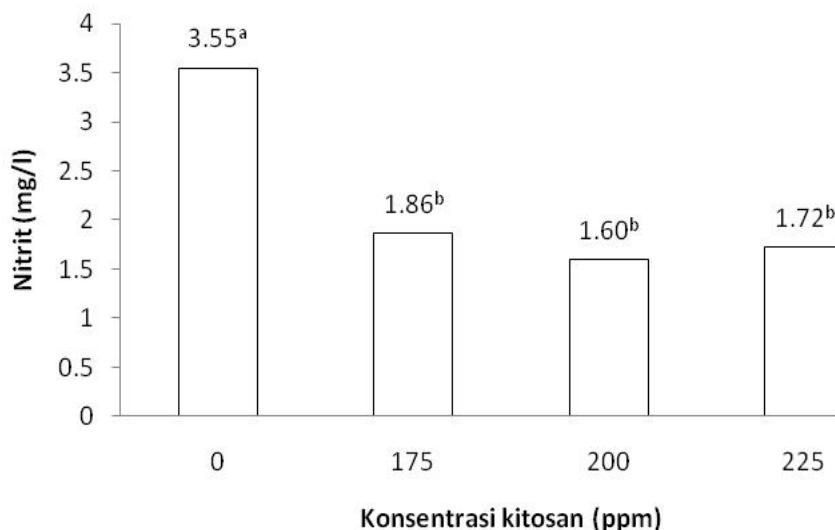
Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) biasanya tidak bertahan lama dan merupakan keadaan sementara dalam proses oksidasi amonia menjadi nitrat. Nitrit membahayakan kesehatan karena dapat bereaksi dengan hemoglobin dalam darah, sehingga darah tidak mengangkut oksigen lagi (Wiesmann 1994). Hasil analisa $\text{NO}_2\text{-N}$ sesudah perlakuan dan tanpa perlakuan kitosan terhadap limbah cair perikanan disajikan pada Gambar 7.

Perlakuan dengan kitosan memberikan pengaruh yang nyata terhadap penurunan kadar $\text{NO}_2\text{-N}$ dalam limbah cair perikanan, sementara diantara konsentrasi kitosan tidak

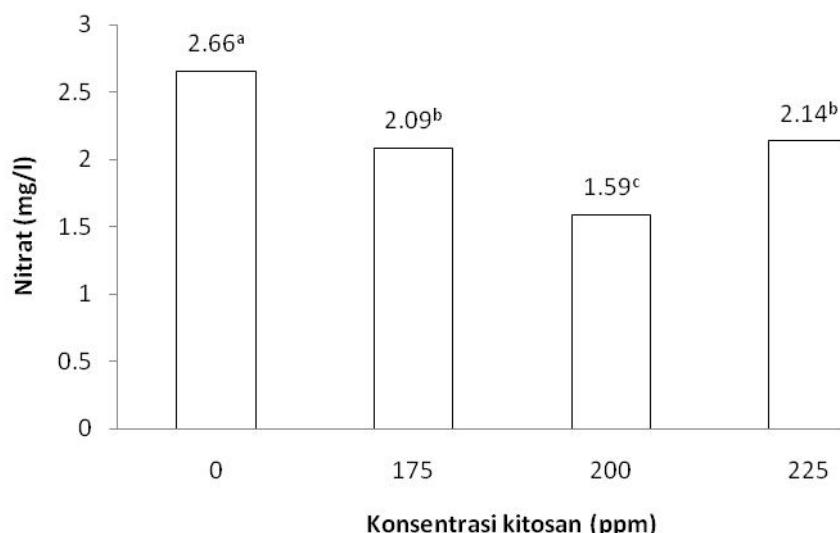
berbeda nyata. Kandungan $\text{NO}_2\text{-N}$ terendah tercapai pada konsentrasi kitosan 200 ppm yaitu 1,61 mg/l dengan penurunan sebesar 54,74%. Akan tetapi masih belum mencapai baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah yaitu pada 1-3 mg/l.

Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$)

Bila kandungan nitrat di dalam air di atas 45 ppm maka air tersebut berbahaya untuk diminum karena di dalam perut nitrat akan terurai menjadi nitrit dan mengakibatkan keracunan. Keracunan nitrit menyebabkan wajah membiru dan kematian. Hasil analisa



Gambar 7. Pengaruh kitosan terhadap nitrit limbah cair perikanan
Keterangan : Huruf *superscript* yang sama menandakan tidak signifikan



Gambar 8. Pengaruh kitosan terhadap nitrat limbah cair perikanan
Keterangan : Huruf *superscript* yang sama menandakan tidak signifikan

$\text{NO}_3\text{-N}$ limbah cair perikanan dengan perlakuan dan tanpa perlakuan kitosan disajikan pada Gambar 8.

Gambar 8 terlihat bahwa perlakuan dengan kitosan berpengaruh nyata terhadap penurunan kandungan $\text{NO}_3\text{-N}$ dalam limbah cair perikanan. Diantara beberapa perlakuan konsentrasi kitosan, pada konsentrasi kitosan 200 ppm kandungan $\text{NO}_3\text{-N}$ mencapai nilai terendah yaitu 1,59 mg/l dengan penurunan mencapai 40,14%.

KESIMPULAN

Kitosan yang digunakan berupa serbuk, warna larutan jernih, kadar air 8,98%, kadar abu 1,04%, kadar total nitrogen 4,87% dan derajat deasetilasi 82%, sesuai dengan standar Protan Laboratories. Kitosan sebagai bahan koagulan dalam pengolahan limbah cair perikanan berfungsi dengan baik pada pH 6,6–6,8 serta pada konsentrasi 175 ppm–225 ppm. Pada kondisi ini, kitosan dapat menjernihkan limbah cair perikanan, menurunkan nilai kekeruhan sebesar 94,33%-5,17%, nilai TSS sebesar 95,10%-95,82%, nilai BOD sebesar 72,09%-75%, nilai COD sebesar 76,72%-79,40%, nilai TKN sebesar 12,50%-27,82%, nilai amoniak sebesar 80,84%-82,56%, nilai nitrit sebesar 47,69%-54,74%, nilai nitrat sebesar 19,39%-40,14%.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin TS. 1994. Studi ekstraksi khitosan dari kulit udang windu (*Penaeus monodon*) dan aplikasinya sebagai koagulan protein limbah cair pengolahan ebi [skripsi]. Bogor: Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor.
- APHA. 1992. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 18th ed.* New York: Amewrican Public Health Association.
- Battistoni P, Fava G, Gato A. 1992. Fish processing wastewater: emission factors and high load trickling filter evaluation. *Wat. Sci. Tech* 25(1):1-8.
- Boyd CE. 1990. *Water Quality in Warm Water Fish Ponds*. Alabama: Auburn University Agricultural Experiment Station.
- Chung GH, Kim BS, Hur JW, No HK. 1996. Physicochemical properties of chitin and chitosan prepared from lobster shrimp shell. *Korean Journal Food Science Technology* 28:870–876.
- [DKP]. Departemen Kelautan dan Perikanan. 2000. *Laporan tahunan produksi ikan Indonesia*. Jakarta: Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Fauzie AM, Romli M, Ibrahim B, Ismayana A. 2003. Optimasi penyisihan nitrogen dalam limbah cair agroindustri perikanan secara biologis melalui proses anoksik-aerobik beresirkulasi [Laporan Penelitian Hibah Bersaing XII]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

- Gomez KA, Gomez AA. 1995. *Prosedur Statistik Untuk Penelitian Pertanian*. 2nd ed. Terjemahan: Sjamsuddin E dan Baharsjah J.S. Jakarta: UI Press.
- Gonzales JF. 1996. Wastewater Treatment in the Fishery Industry. *FAO Technical Paper* No. 355. Rome.
- Islam MdS, Khan S, Tanaka M. 2004. Waste loading in shrimp and fish processing effluents: potential source of hazards to the coastal and nearshore environments. *Marine Pollution Bul* 49:103–110.
- Park E, Enander R, Barnet SM, Lee C. 2001. Pollution prevention and biochemical oxygen demand reduction in squid processing facility. *Journal Cleaner Production* 9:341-349.
- Prashanth KVH, Tharanathan RN. 2007. Chitin/chitosan: modification and their unlimited application potential an overview. *Journal Food Science Technology* 18:117-131.
- River L, Aspe E, Roekel M, Marti MC. 1998. Evaluation of Clean Technology Process in The Marine Product Processing Industry. *J. Chem. Technol. Biotechnol* 73:217-226.
- Shahidi F, Arachchi JKV, Jeon Y.J. 1999. Food application of chitin and chitosans. *Trends in Food Sci Tech* 10:37–51.
- Suptijah PE, Salamah H, Sumaryanto S, Purwaningsih S, Santoso J. 1992. Pengaruh berbagai isolasi khitin kulit udang terhadap mutunya [laporan penelitian]. Bogor: Jurusan Pengolahan Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor.
- Wiesmann U. 1994. Biological Nitrogen Removal from Wastewater. *Adv. In Biochemical Engineering/Biotechnology*. A. Fiechter (ed) Vol. 51(114-154).
- Yunizal. 1998. Efektifitas Khitosan sebagai Koagulan untuk Membersihkan Limbah Pengolahan Ikan. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan*. 5(1): 7-9