

## KARAKTERISASI DAN *RECOVERY* PROTEIN DARI AIR CUCIAN *MINCED FISH* DENGAN MEMBRAN *REVERSE OSMOSIS*

### *Characterization and Recovery of Minced fish Wastewater Protein using Reverse Osmosis*

Uju\*, Tati Nurhayati, Bustami Ibrahim, Wini Trilaksani dan Maglory Siburian

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

Diterima 18 Oktober 2009/Disetujui 1 November 2009

#### Abstract

Recovery of minced fish wastewater soluble protein was done by reverse osmosis membrane. The mincefish wastewater has high level polluting load. It contains COD and TSS 4.233 and 55,06 mg/l respectively, but it is potential to utilized because of high protein and amino acids content especially glutamic acid. Fluxes of permeate during recovery process were kept on steady state in the beginning process at 15 l/m<sup>2</sup>h without prefiltration and 20 l/m<sup>2</sup>h with 0,9 micron prefiltration. During concentration, flux time decreased from 22,11 l/m<sup>2</sup>h at concentration factor 1 to 12,95 l/m<sup>2</sup>h at concentration factor 1,52. In other sides the rejection value of protein increased from 90,11% in the beginning process to 99,50% in the end of the concentration process. At the end of the recovery stage, yield concentrate contained 0.401 g/l which is 21 fold greater than the original step. Therefore permeate stream delivered high quality effluent and met the standard of wastewater effluent.

Keywords: minced fish, protein, recovery, reverse osmosis

#### PENDAHULUAN

Proses pencucian *minced fish* merupakan tahap yang terpenting untuk menghasilkan surimi dengan kualitas tinggi. Pencucian dilakukan untuk meningkatkan kekuatan gel, memperbaiki penampakan warna, menghilangkan bau amis dan meningkatkan stabilitas surimi selama penyimpanan beku (Lee 1994; Uju *et al.* 2004; Uju 2006). Proses pencucian menggunakan air dingin  $\pm 4$  °C dengan rasio air dan *minced fish* 4:1 (Lee 1992) atau 9-15 liter air per kilogram surimi (Jaouen dan Quemeneur 1992). Melalui metode tersebut *minced fish* dicuci 1-4 kali pencucian (Bourtom *et al.* 2009; Uju *et al.* 2004). Proses pencucian *minced fish* menyebabkan kadar konsentrasi protein myofibril dalam surimi meningkat dan protein sarkoplasma, lemak, pigmen, lemak darah, serta enzim protease larut bersama air pencuci (Hall dan Ahmad 1992). Air cucian *minced fish* selama ini merupakan hasil samping atau bahkan menjadi limbah bagi industri pengolahan surimi, sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran perairan jika tidak ditangani dengan baik karena mengandung

---

\* Korespondensi: Uju, Jln. Lingkar Akademik, Kampus IPB Darmaga-Bogor, 16680,  
email:uju\_sadi@yahoo.com

bahan organik yang tinggi. Lien *et al.* (1995) melaporkan kadar BOD (*Biological Oxygen Demand*) dari proses pencucian *minced fish* berkisar antara 6000-27000 mg/l.

Air cucian *minced fish* memiliki potensi pemanfaatan yang besar. Hasil penelitian melaporkan bahwa air cucian *minced fish* mengandung protein 1,58% (b/v) dan mengandung 17 asam amino dengan asam glutamat sebagai komponen dominan (Trilaksani *et al.* 2007). Secara spesifik, Bourtom *et al.* (2009) melaporkan kadar protein air cucian *minced fish* tahap pencucian pertama sebesar 1,23 mg/ml, sedangkan pada pencucian kedua dan ketiga lebih rendah yaitu 0,64 dan 0,54 mg/ml. Kadar protein ini 1,8 kali lebih tinggi dibanding kadar protein air pasteurisasi rajungan (Uju *et al.* 2008).

Proses recovery protein dari limbah proses produksi surimi pada umumnya dilakukan dengan pengeringbekuan/*freeze drying* (Trilaksani *et al.* 2007) dan koagulasi (Kanjapongkul *et al.* 2009). Masalah yang dihadapi pada proses *recovery* protein dengan pengeringbekuan adalah terlalu mahal dan membutuhkan waktu lama walaupun dari segi kualitas superior, sedangkan proses koagulasi melibatkan sejumlah bahan kimia sehingga menjadi kurang ramah lingkungan. Salah satu teknologi alternatif yang hemat energi dan ramah lingkungan adalah teknologi membran. Keuntungan dari penggunaan teknologi membran adalah dapat menekan penggunaan sejumlah bahan kimia, dapat dioperasikan pada suhu dan pH yang luas, dan hemat energi. Yeong *et al.* (2002) dengan membran nanofiltrasi berhasil *recovery* protein dari limbah cair surimi sebanyak 95%. Berdasarkan hal tersebut, penggunaan membran *reverse osmosis* (RO) untuk *recovery* protein diharapkan akan menghasilkan rendemen yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan proses nanofiltrasi (NF), karena secara teoritis tingkat rejeksi RO lebih tinggi dibanding NF.

## **METODE**

### **Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli-Desember 2008, bertempat di Laboratorium Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan, Mikrobiologi Hasil Perikanan, Bioteknologi, Biokimia Hasil Perikanan, Departemen Teknologi Hasil Perikanan; Laboratorium Produktivitas Lingkungan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan; Pusat Antar Universitas, Institut Pertanian Bogor, dan Balai Besar Pengolahan Pasca Panen, Departemen Pertanian, Bogor

## Bahan dan Alat

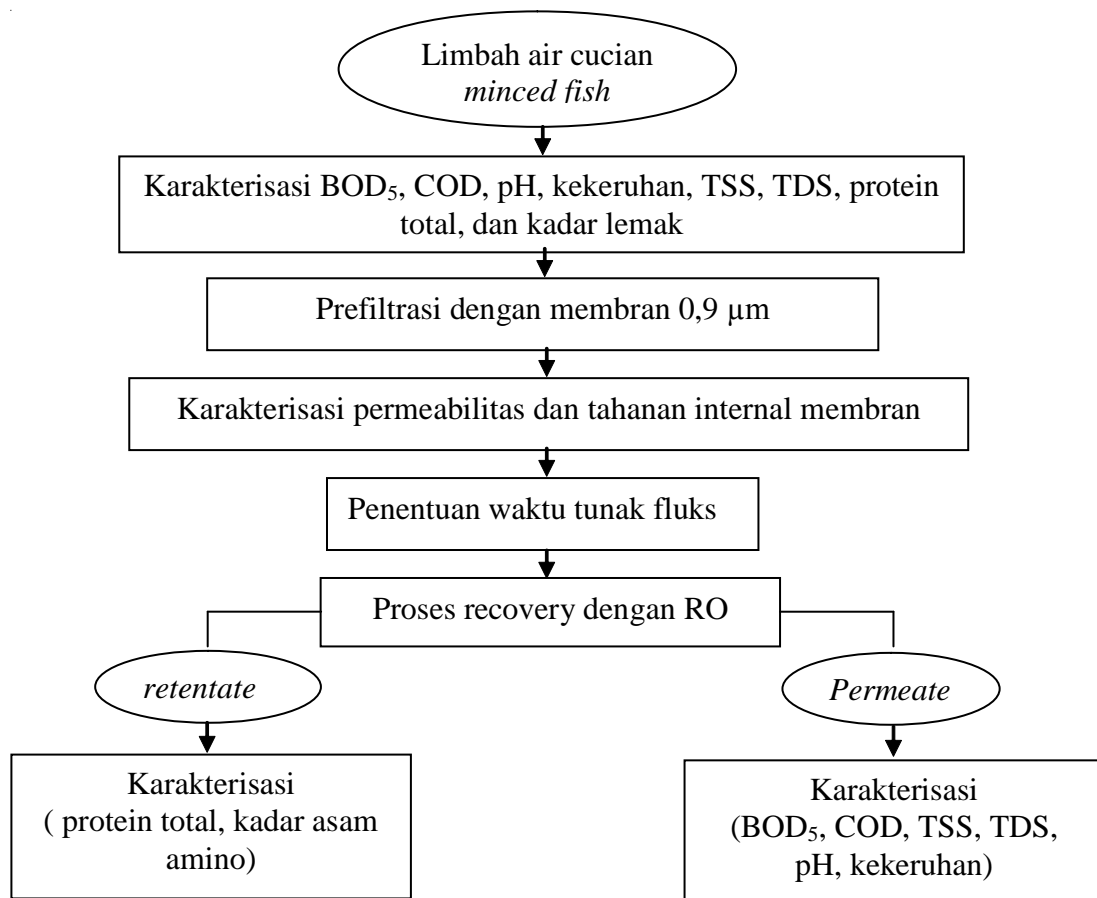
Bahan utama yang digunakan adalah air cucian *minced fish* dari proses pencucian pertama dan kedua industri pengolahan surimi PT Muara Manggalindo, Muara Baru, Jakarta. Peralatan yang digunakan, yaitu membran keramik 0,9  $\mu\text{m}$  untuk proses prefiltrasi dan membran *reverse osmosis* (CSM Model No: RE75-1812-50GPD, luas permukaan 0,38  $\text{m}^2$ ) untuk proses recovery.

## Lingkup Penelitian

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap yaitu karakterisasi awal air cucian *minced fish*, prefiltrasi, karakterisasi membran, penentuan waktu tunak fluks (*steady state*), proses recovery protein air cucian *minced fish* dan karakterisasi *permeate* dan retentat hasil pengkonsentrasian (Gambar 1).

## Prefiltrasi limbah air cucian *minced fish*

Proses prefiltrasi dilakukan secara *dead end*, yaitu dengan cara melewatkan air cucian *minced fish* pada membran keramik 0,9  $\mu\text{m}$ . Air cucian *minced fish* yang melewati membran



Gambar 1. Diagram alir proses pengkonsentrasian limbah air cucian *minced fish*

(fraksi *permeate*) ditampung dalam wadah penampungan untuk diproses lebih lanjut dan sebagian diambil untuk proses karakterisasi.

### Karakterisasi membran RO

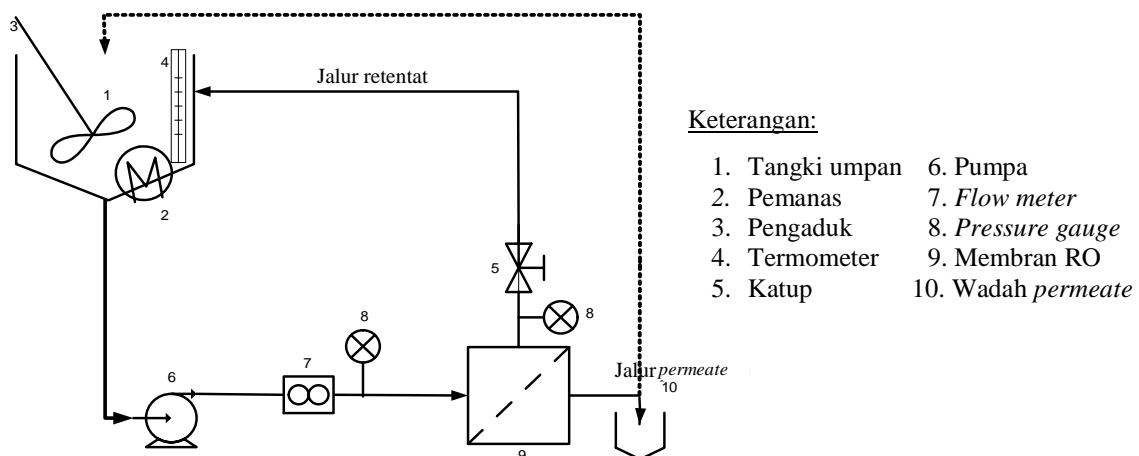
Permeabilitas membran diukur menggunakan air destilasi sebagai umpan. Proses pengukuran dilakukan pada kisaran tekanan transmembran 276-690 kPa. Nilai permeabilitas membran (K) ditentukan dengan cara menghitung gradien plot grafik antara nilai fluks (Jw) sebagai sumbu Y dan tekanan transmembran ( $\Delta P$ ) sebagai sumbu X.

### Penentuan waktu tunak fluks

Waktu tunak fluks ditentukan dengan menghitung fluks *permeate* sejak kondisi variabel terpasang. Jeda waktu pengukuran dan penghitungan fluks *permeate* dilakukan setiap satu menit sekali. Fluks dianggap tunak jika 5-10 kali pengukuran memperoleh nilai yang sama.

### Recovery air cucian *minced fish* dengan RO

Proses *recovery* dilakukan dengan memasukan dua liter air cucian surimi ke dalam tangki umpan. Produk hasil proses membran (*permeate* dan *retentate*) diresirkulasikan ke dalam tangki umpan (Gambar 2). Pada waktu tertentu dilakukan *sampling* terhadap *permeate* untuk pengukuran fluks dan nilai rejeksi. Tahap selanjutnya *permeate* tidak diresirkulasikan lagi seperti pada proses sebelumnya, tapi dipisahkan dan ditampung dalam wadah. Setiap selesai proses *recovery* dan pemekatan, membran dicuci menggunakan larutan NaOH (Uju *et al.*, 2008<sup>b</sup>).



Gambar 2. Diagram skematik proses *recovery* protein dari air cucian *mince fish*

Data proses membran diukur dan dinyatakan dalam beberapa parameter berikut:

- a. Fluks = volume *permeate* per satuan luas per satuan waktu ( $\text{lm}^2\text{h}^{-1}$  atau LMH)
- b. Faktor konsentrasi (FCR) = volume umpan/volume *retentate*
- c. Rejeksi protein (R) =  $1 - (\text{konsentrasi pada } \textit{permeate} / \text{konsentrasi pada } \textit{retentate})$
- d. Tekanan Transmembran ( $\Delta P$ ) = 0,5 (Tekanan pada *inlet* + tekanan pada *outlet* )

### Karakterisasi

Proses karakterisasi dilakukan pada sampel awal, hasil prefiltrasi serta bahan hasil *recovery* (konsentrat) dan *permeate*. Parameter uji karakterisasi yang digunakan meliputi konsentrasi protein (Bradford 1976), asam amino (Jayarajah dan Lee, 1999) dan kualitas air yaitu kekeruhan (Nutabonis 2004), pH (AOAC 1995), *Total Dissolved Solid* (TDS), *Biological Oxygen Demand* ( $\text{BOD}_3$ ), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Total Soluble Solid* (TSS) (APHA 1989).

#### 1. Kadar protein (Bradford 1976).

Konsentrasi protein ditentukan menggunakan metode *Bovine Serum Albumin* (BSA) sebagai standar. Persiapan pereaksi Bradford dilakukan dengan melarutkan 25 mg *comassie brilliant blue* G-250 dalam 12,5 ml etanol 95%, lalu ditambahkan dengan 25 ml asam fosfat 85% (w/v). Jika sudah larut dengan sempurna, maka ditambahkan akuades hingga mencapai volume 0,5 l dan disaring dengan kertas saring Whatman No 1 sesaat sebelum digunakan. Konsentrasi protein diukur dengan cara 0,1 ml enzim dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Selanjutnya sebanyak 5 ml pereaksi Bradford diinkubasi selama 5 menit dan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 595 nm. Larutan standar diberi perlakuan yang sama dengan larutan sampel dengan konsentrasi 0,1–1,0 mg/ml.

#### 2. Analisis Asam Amino dengan KCKT (Jayarajah, Lee, 1999)

Asam amino dianalisis menggunakan KCKT dengan detektor UV yang dioperasikan pada panjang gelombang 254 nm. Fase gerak yang digunakan adalah asetonitril 60% dan buffer natrium asetat 1 M. Tahapan proses meliputi hidrolisis, derivatisasi, dan injeksi. Pada tahap hidrolisis, sampel ditimbang sebanyak 0,25–0,50 gram dan dimasukkan ke dalam tabung 25 ml, kemudian ditambahkan HCl 6 N sebanyak 5-10 ml dan dipanaskan selama 24 jam pada suhu 100 °C kemudian disaring. Tahap derivatisasi, sampel diambil 30 ml dan ditambahkan larutan pengering berupa methanol, picolotiocianat, dan triethylamine, setelah itu dikeringkan atau divakumkan. Proses selanjutnya ditambahkan

30 ml larutan derivatisasi berupa methanol, picolotiocianat dan triethylamine, lalu didiamkan selama 20 menit kemudian ditambahkan bufer natrium asetat 1M sebanyak 20 ml. Tahap akhir adalah injeksi sampel ke alat. Sampel dipompakan dengan kecepatan 1,5 ml/menit.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Limbah Air Cucian *Minced Fish*

Hasil karakterisasi awal limbah air cucian *minced fish* disajikan pada Tabel 1. Air cucian *minced fish* memiliki nilai baku mutu yang melewati batas ambang yang ditetapkan oleh Kep-51/MENLH/10/1995, hal tersebut terukur dari parameter COD, BOD, TSS dan TDS. Kadar COD dan TSS air cucian surimi lebih tinggi dibandingkan dengan air buangan pengolahan fillet, pemotongan kepala ikan dan air *thawing* dan bilasan udang (Vandanjon *et al.*, 2002) Air cucian *minced fish* ini lebih banyak mengandung komponen terlarut dibanding komponen tersuspensi, hal tersebut terlihat dari nilai TDS yang tinggi dan TSS yang cukup rendah. Tingginya nilai BOD dan COD diduga disebabkan oleh banyaknya kandungan-kandungan organik dari ikan seperti protein, lemak dan karbohidrat yang terlarut selama proses pencucian *minced fish*

Kadar protein total yang terukur pada limbah air cucian *minced fish* yaitu  $0,41 \pm 0,00$  g/l. Kadar protein total ini lebih rendah dibandingkan dengan hasil yang dilaporkan Wu *et al.* (2002) yaitu sebesar  $0,94 \pm 0,05$  mg/ml yang diperoleh dari air cucian *minced fish* satu kali. Protein yang terukur yaitu protein larut air (sarkoplasma) yang terlarut ketika proses pencucian, sehingga semakin banyak proses pencucian dilakukan, maka jumlah protein terlarut juga semakin tinggi.

Tabel 1. Karakteristik limbah air cucian *minced fish*

Parameter	Bahan mentah	Standard*)
pH	6,7±0	6 – 9
Warna	kuning kecoklatan	-
Kekeruhan (NTU)	20±0	-
COD (mg/l)	4.233±115,47	100 – 300
BOD <sub>3</sub> (mg/l)	2.309,56±82,04	50 – 150
TDS (mg/l)	1.633±20,81	2.000 – 4.000
TSS (mg/l)	55,06±3,25	200 – 400
Kadar protein total (g/l)	0,41±0,00	-

\*) Kep-51/MENLH/10/1995 tentang baku mutu limbah cair industri

Air cucian *minced fish* mengandung 16 jenis asam amino (Tabel 2). Kadar asam amino tertinggi adalah asam glutamat sebesar 0,0167 %, sedangkan yang terendah yaitu asam amino glisin sebesar 0,0027 %. Asam glutamat merupakan komponen paling penting dalam pembentukan cita rasa pada makanan hasil laut. Asam glutamat dan asam aspartat memberikan cita rasa asam pada *seafood*, namun dalam bentuk garam sodium seperti MSG akan memberikan rasa umami (Yamaguchi *et al.* 1971).

**Karakteristik Permeabilitas dan Tahanan Internal Membran**

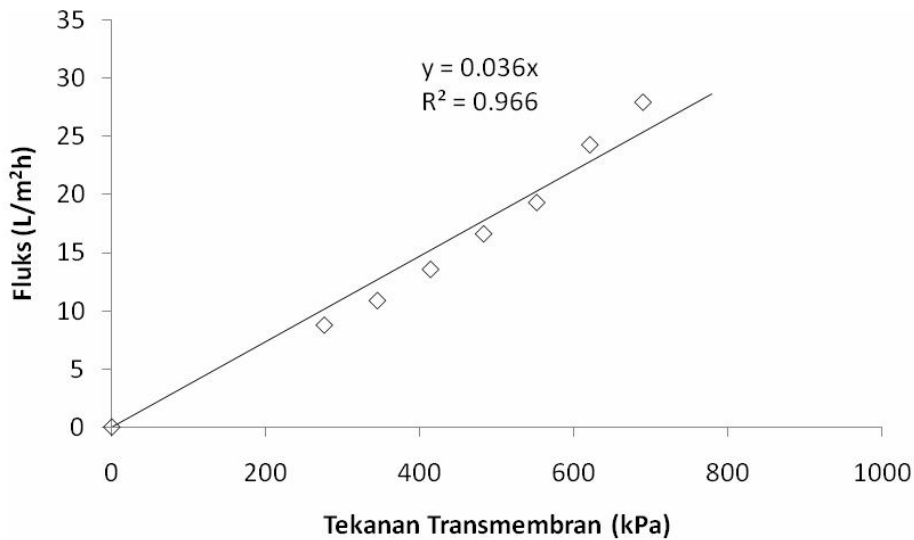
Permeabilitas membran menunjukkan kemampuan membran dalam melewatkan air destilasi. Pada Gambar 3 terlihat bahwa fluks meningkat secara linier seiring dinaikannya tekanan transmembran. Hal ini sesuai dengan hukum Darcy yang menyatakan bahwa fluks *permeate* pada proses membran kenaikannya akan sebanding dengan tekanan transmembran yang digunakan. Nilai permeabilitas membran yang terukur yaitu mencapai 0,036 L/kPa m<sup>2</sup>h.

**Pengaruh Prefiltrasi Air Cucian *Minced Fish***

Tabel 3 memperlihatkan bahwa perlakuan prefiltrasi dapat mereduksi partikel yang tersuspensi, hal tersebut terukur dari penurunan kadar TSS sebesar 82,86%. Penurunan kadar TSS ini dapat meningkatkan derajat kejernihan air cucian *minced fish*, hal tersebut

Tabel 2. Kandungan asam-asam amino pada bahan mentah

No.	Jenis asam amino	Konsentrasi (%) b/v
1.	Asam aspartat	0,0114
2.	Asam glutamat	0,0167
3.	Serin	0,0038
4.	Glisin	0,0027
5.	Histidin	0,0040
6.	Arginin	0,0042
7.	Treonin	0,0051
8.	Alanin	0,0056
9.	Prolin	0,0033
10.	Tirosin	0,0084
11.	Valin	0,0044
12.	Methionin	0,0050
13.	Isoleusin	0,0041
14.	Leusin	0,0063
15.	Phenilalanin	0,0034
16.	Lisin	0,0052



Gambar 3. Pengaruh tekanan transmembran terhadap nilai fluks

Tabel 3. Hasil reduksi dengan prefiltrasi

Parameter	Bahan mentah	Prefiltrasi	Reduksi
Kekeruhan (NTU)	20±0 <sup>a</sup>	6,5±0 <sup>b</sup>	67,5 %
COD (mg/l)	4.233±115,47 <sup>a</sup>	1.700±200 <sup>b</sup>	59,84 %
BOD <sub>3</sub> (mg/l)	2.309,56±82,04 <sup>a</sup>	1.200,48±55,95 <sup>b</sup>	48,45 %
TSS (mg/l)	55,06±3,25 <sup>a</sup>	9,43±0,4 <sup>b</sup>	82,86 %
TDS (mg/l)	1.633±20,81 <sup>a</sup>	1.253,33±11,54 <sup>b</sup>	23,26 %

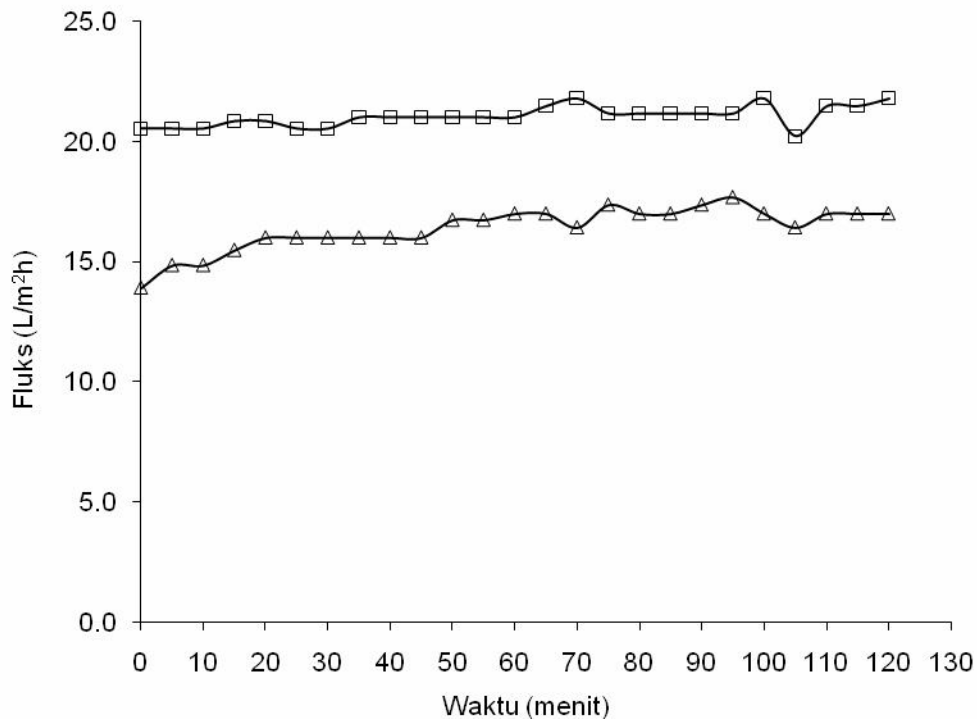
Keterangan : *superskript* yang berbeda pada kolom menunjukkan berbeda nyata (p<0,05).

terlihat dari turunnya nilai kekeruhan dari 20 NTU menjadi 6,5 NTU. Durham dan Walton (1999) melaporkan bahwa membran mikrofiltrasi dapat mereduksi nilai padatan tersuspensi, mikroorganisme, dan kekeruhan yang terkandung didalam limbah

### Waktu Tunak Fluks

Gambar 4 memperlihatkan bahwa fluks antara bahan awal (tanpa perlakuan prefiltrasi) dan hasil prefiltrasi memiliki pola yang sama yaitu cenderung tidak mengalami perubahan selama proses berlangsung. Pola tersebut menunjukkan bahwa munculnya polarisasi konsentrasi sangat kecil, hal ini memperkuat temuan Routenbach dan Albrecht (1989) melaporkan bahwa polarisasi konsentrasi peluangnya sangat besar pada proses mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi sedangkan pada *reverse osmosis* sangat kecil. Jika ditinjau dari nilai fluks yang dicapai terlihat bahwa fluks *permeate* yang diperoleh melalui perlakuan prefiltrasi





Gambar 4. Waktu tunak bahan mentah dan hasil prefiltrasi; Δ : bahan awal; □ setelah prefiltrasi

memiliki fluks 30% lebih tinggi dibandingkan dengan fluks tanpa perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan penyaringan dengan membran 0,9 mikron dapat mengurangi *fouling*. *Fouling* pada bahan tanpa perlakuan lebih tinggi karena partikel-partikel berukuran besar menutupi bagian permukaan membran.

**Proses Recovery dan Pemekatan dengan RO**

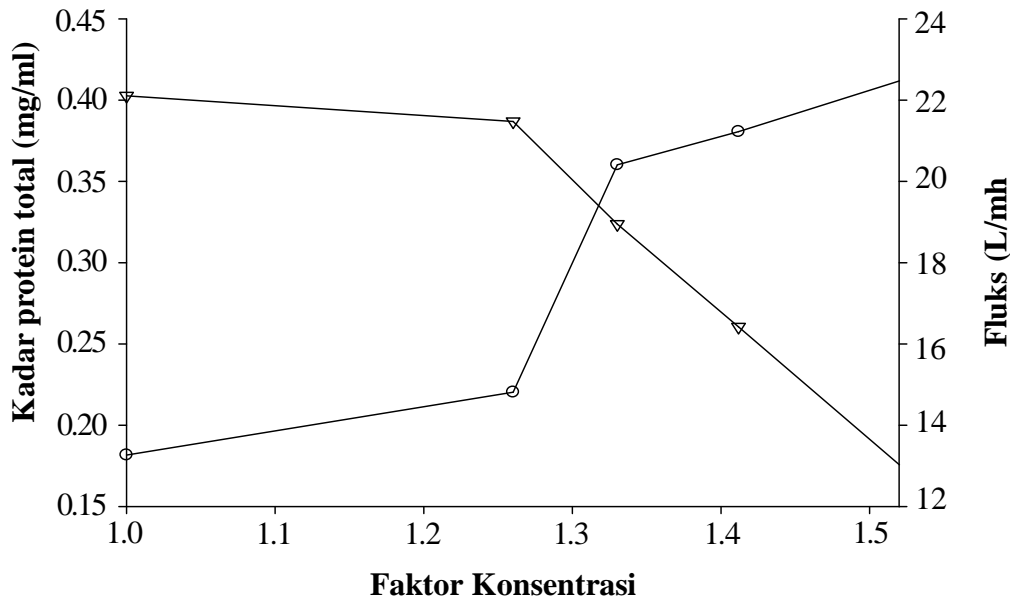
Gambar 5 memperlihatkan fungsi fluks berbanding terbalik dengan peningkatan kadar protein dalam konsentrat. Fluks mengalami penurunan seiring naiknya faktor konsentrasi, sedangkan konsentrasi semakin meningkat dengan semakin naiknya faktor konsentrasi. Nilai fluks awal proses *recovery* yaitu pada faktor konsentrasi 1 mencapai 22,11 l/m<sup>2</sup>h dan diakhir proses (pada faktor konsentrasi 1,52) fluks menjadi 12,95 l/m<sup>2</sup>h. Kadar protein total selama proses *recovery* dan pemekatan meningkat dari 0,18 g/l pada awal proses menjadi 0,401 g/l diakhir proses. Peningkatan kadar protein terjadi karena telah terjadi pemisahan terhadap air pada umpan dengan komponen terlarutnya tertahan oleh membran.

Peningkatan kadar protein selama pemekatan diikuti oleh peningkatan komponen penyusunnya. Peningkatan konsentrasi ini berkisar antara 23,81% sampai 214,00%, bahkan

asam amino sistein yang pada awal tidak terdeteksi setelah pemekatan terukur menjadi 0,0025% (Tabel 4).

**Pengaruh waktu terhadap nilai rejeksi protein**

Gambar 6 memperlihatkan nilai rejeksi protein mengalami peningkatan selama proses *recovery* berlangsung. Nilai rejeksi pada awal proses 90,11 % menjadi 99,50 % diakhir



Gambar 5. Pengaruh faktor konsentrasi terhadap kadar protein total dan fluks *permeate*

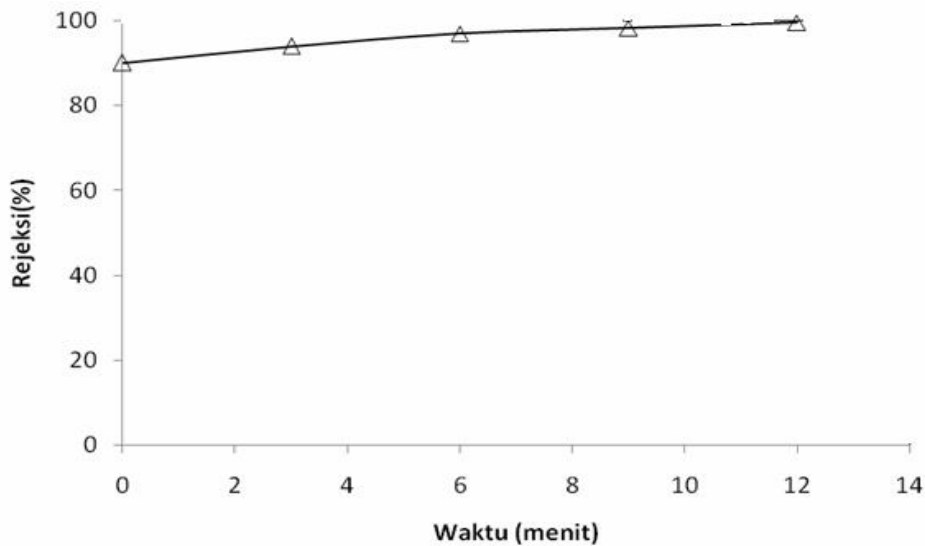
Tabel 4. Komposisi asam amino hasil *recovery* dengan reverse osmosis

No	Jenis asam amino	Konsentrat (%) b/v	Peningkatan konsentrasi (%)
1.	Asam Aspartat	0,0223	95,61
2.	Asam glutamat	0,0317	89,82
3.	Serin	0,0077	102,63
4.	Glisin	0,0054	100,00
5.	Histidin	0,0077	92,50
6.	Arginin	0,0060	42,86
7.	Treonin	0,0112	119,61
8.	Alanin	0,0129	130,36
9.	Prolin	0,0075	127,27
10.	Tirosin	0,0104	23,81
11.	Valin	0,0125	184,09
12.	Methionin	0,0157	214,00
13.	Sistein	0,0025	-
14.	Isoleusin	0,0062	51,22
15.	Leusin	0,0175	177,78
16.	Phenilalanin	0,0070	105,88
17.	Lisin	0,0143	175,00

proses. Adanya peningkatan nilai rejeksi ini menandakan bahwa telah terjadi *fouling* pada membran

**Karakteristik *Permeate***

Karakteristik *permeate* yang terkait dengan parameter mutu lingkungan disajikan pada Tabel 5. Pada tabel tersebut terlihat bahwa proses *reverse osmosis* mampu menghasilkan limbah buangan yang sudah memenuhi standar baku mutu limbah industri berdasarkan Kep-51/MENLH/10/1995. Proses *reverse osmosis* mampu mereduksi nilai-nilai BOD, COD dan TSS lebih dari 95% jika dibandingkan dengan awalnya



Gambar 6. Perubahan % rejeksi terhadap waktu

Tabel 5. Karakteristik air sisa filtrasi RO

Parameter	<i>Permeate</i>	Baku mutu limbah cair industri*)	Reduksi**)
Kekeruhan (NTU)	0,44±0,01	-	97,78 %
COD (mg/l)	100±0	100 – 300	97,64 %
BOD <sub>3</sub> (mg/l)	85,61±7,80	50 – 150	96,29 %
TSS (mg/l)	1,8±0,1	200 – 400	96,73 %
TDS (mg/l)	99±1,73	2.000 – 4.000	93,94 %

\*) Kep-51 / MENLH/10/1995 tentang baku mutu limbah cair industry

\*\* ) Dihitung dari bahan awal

## KESIMPULAN

Proses *reverse osmosis* dapat digunakan untuk proses *recovery* protein dari air cucian surimi. Nilai rejeksi protein selama proses *recovery* dan pemekatan 90-99% dan lebih tinggi dibandingkan dengan ultrafiltrasi. Karakteristik air buangan yang dihasilkan *reverse osmosis* sudah memenuhi standard baku mutu limbah cair industri.

## DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 1995. *Official Methods of Analysis*. Washington DC.
- [APHA] American Public Health Association. 1989. *Standart Methods for Examination of Water and Waste Water*. Washington DC: American Public Health Association.
- Bourtoom T, Chinnan MS, Jantawat P, Sanguandekul R. 2009. Recovery and characterization of proteins precipitated from surimi wash-water. *LWT - Food Science and Technology*. 42 (2):599-605.
- Bradford, MM. 1976. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248–254.
- Durham B, Walton A. 1999. Membrane pretreatment of reverse osmosis: long-term experience on difficult waters. *Desalination* 122(2):157-170.
- Hall GM, Ahmad NH. Surimi and fish mince product. Didalam; *Fish Processing Tecnology*. Editor: G.M. Hall. New York: Blackie Academic & Professional.
- Jaouen P, Quemeneur F. 1992. Membrane filtration for waste-water protein recovery. Didalam; *Fish Processing Tecnology*. Editor : G.M. Hall. New York: Blackie Academic & Professional.
- Kanjanapongkul K, Tia S, Wongsan-Ngasri P, Yoovidhya T. 2009. Coagulation of protein in surimi wastewater using a continuous ohmic heater. *Journal of Engineering*. 91:(341-346)
- Lee C. 1992. Factors affecting physical properties fish protein gel. Dalam *Advances in Seafood Biochemistry Composition and quality*. Technomic Publishing Company Inc. Lancaster. Hal 43-68.
- Lee C. 1994. Surimi Processing Technology. *Food Technology* 38:69-80.
- Lien TM, Park JW, Morrissey MT. 1995. Recovered protein and reconditioned water from surimi processing. *Journal Food Science* 60(1):4-9.
- Nubatonis LM. 2004. Kajian aplikasi teknik membran pada proses pemurnian nira tebu [Tesis]. Bogor: Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Osada Y, Nagawa T. 1992. *Membrane Science and Technology*. Marcell Dekker Inc.
- Rautenbach R, Albrecht R. 1989. *Membrane Process*. John Willey & Sons. New York.

- Trilaksani, W, Riyanto B, Apriani SNK. 2007. Karakteristik edible film dari konsentrat protein air limbah surimi ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Buletin Teknologi Hasil Perikanan* 10 (2):60-72.
- Uju, Ibrahim B, Trilaksani W, Nurhayati T, Riyanto B. 2008<sup>a</sup>. Proses Recovery Bahan Flavor pada Limbah Cair Pengolahan Rajungan dengan Teknologi Reverse osmosis. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 1(19):67-79.
- Uju, Hardjito, Suprihatin, Suryadarma P, Noor P. 2008<sup>b</sup>. Karakteristik *Fouling* dan Polarisasi Konsentrasi pada Proses Pemurnian dan Pemekatan Karaginan dengan Membran Mikrofiltrasi. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 1 (18):43-40
- Uju, Nitibaskara R, Ibrahim B. 2004. Pengaruh frekuensi Pencucian pada Surimi terhadap Mutu Bakso Ikan Jangilus (*Istiophorus spp*). *Buletin Teknologi Hasil Perikanan* 7(2):1-10.
- Uju. 2006. Pengaruh penyimpanan beku surimi terhadap kualitas bakso ikan Jangilus (*Istiophorus sp*). *Buletin Teknologi Hasil Perikanan*. 9: 46-55.
- Vandanjon L, Cros S, Jaouen P, Qomuemeneur F dan Bourseau P. 2002. Recovery by nanofiltration and reverse osmosis of marine flavours from seafood cooking waters. *Desalination* 144: (379-385).
- Wu TY, Mohammad AW, Anuar N, Rahaman RA. 2002. Potential use of nanofiltration membrane in treatment of wastewater from fish and surimi industries. *Journal Science and Technology* 24(2):977-987.
- Yamaguchi K, Yoshikawa T, Ikeda S, Ninomiya T. 1971. Measurement of relative taste intensity of some a-amino acid and 5'-nukleotides. *Journal of Food Science* 36(1):846-849.
- Yeong WT, AW Mohammad, N Anuar, dan RA Rahman. 2002. Potential use of nanofiltration membrane in treatment of wastewater from fish and surimi industries. *Songklanakarin Journal Science Technology* 24:977-987.