

## PROSES RECOVERY DAN PEMEKATAN BAHAN PENYEDAP DARI LIMBAH CAIR PENGOLAHAN RAJUNGAN DENGAN OSMOSIS BALIK

Uju<sup>1)</sup>, Bustami Ibrahim<sup>2)</sup>, Wini Trilaksani<sup>2)</sup>, Tati Nurhayati<sup>2)</sup>, dan Ninik Purbosari<sup>2\*)</sup>

### ABSTRAK

*Recovery* dan pemekatan bahan penyedap dari limbah cair pengolahan rajungan dilakukan dengan membran osmosis balik. Tekanan transmembran (*transmembrane pressure*) dan suhu memberikan pengaruh signifikan terhadap fluks permeat (*flux permeate*). Semakin tinggi suhu maka fluks permeat akan semakin meningkat, sedangkan kenaikan tekanan transmembran hanya dapat meningkatkan fluks pada tekanan kurang dari 716 kPa. Sementara itu nilai rejeksi protein selama *recovery* tidak signifikan dipengaruhi oleh parameter operasi tekanan transmembran, suhu, dan pH. Selama pemekatan berlangsung, fluks mengalami penurunan secara eksponensial. Pada faktor konsentrasi 2,75 dihasilkan konsentrat protein 79% dan *Non Protein Nitrogen* (NPN) 12%. Kadar asam-asam amino bahan dapat ditingkatkan 2–23 kali dari semula, bahkan asam amino arginin dan sistin yang awalnya tidak terdeteksi pada akhir proses pemekatan terdeteksi masing-masing dengan kadar 0,036 dan 0,025% (b/v).

**ABSTRACT:** *Recovery and concentration of flavorings from blue crab processing wastewater using reverse osmosis. By: Uju, Bustami Ibrahim, Wini Trilaksani, Tati Nurhayati and Ninik Purbosari*

*Studies on recovery and concentration of flavorings from blue crab processing waste water by reverse osmosis membrane were carried out. Transmembrane pressure and temperature had significant effect on permeate flux. The higher temperature the higher the permeate whereas increasing transmembrane pressure increase the flux only at transmembrane pressure less than 716 kPa. The protein rejection was not significantly influenced by transmembrane pressure, temperature and pH. During concentration process, the flux declined exponentially. Concentration factor of 2.75 was resulting in 79% and 12% of protein and Non Protein Nitrogen (NPN), respectively. The amino acids content could be increased 2–23 times, even arginin and cysteine which was undetected at initial, could be detected at concentration of 0.036 and 0.025 (w/v), respectively, at the end of the process.*

**KEYWORDS:** *flavor, recovery, concentration, reversed osmosis*

### PENDAHULUAN

Pemanfaatan hasil samping industri pengolahan rajungan selama ini hanya terbatas pada cangkang atau karapas yaitu sebagai bahan baku industri pakan dan kitin-kitosan, sedangkan hasil samping berupa cairan sisa pasteurisasi belum dimanfaatkan dan terbuang sebagai limbah cair. UNEP (2006) melaporkan bahwa volume limbah cair yang dihasilkan oleh industri rajungan yang diolah secara mekanis mencapai 29–44 m<sup>3</sup>/ton, sedangkan yang diolah secara konvensional 1–2 m<sup>3</sup>/ton. Uju *et al.* (2008<sup>a</sup>) melaporkan kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) air sisa pasteurisasi pengolahan rajungan di *mini plant* mencapai 51.000 mg/L. Nilai ini 1,5–8 kali lebih tinggi dibandingkan dengan hasil yang dilaporkan Islam *et al.* (2004). Di lain pihak limbah cair berupa air sisa pasteurisasi rajungan sangat potensial untuk bahan penyedap (*flavorings*) karena mengandung 17 asam amino dengan kadar asam

amino glutamatnya mencapai 0,04% (b/v) (Uju *et al.*, 2008<sup>a</sup>).

Bahan penyedap banyak dibutuhkan oleh industri-industri makanan berbasis surimi, misalnya bakso, sosis, nugget, dan burger untuk memperbaiki cita rasa dan aroma. Penambahan bahan penyedap penting dilakukan karena sebagian komponen rasa dan aroma asli ikan hilang selama proses pencucian surimi, sedangkan pencucian dilakukan untuk meningkatkan kekuatan gel dan kecerahan produk (Uju *et al.*, 2004).

Umumnya proses *recovery* bahan penyedap dan pemekatan limbah cair dilakukan dengan penguapan atau pengeringan beku. Masalah yang dihadapi pada proses *recovery* dengan evaporasi adalah sebagian komponen volatil penyedap menjadi hilang karena panas (Kranawetter *et al.*, 2005), sedangkan proses pengeringan beku menghasilkan rendemen yang rendah (Jayarajah & Lee, 1999). Salah satu teknologi alternatif yang hemat energi dan ramah lingkungan

<sup>1)</sup> Departemen Teknologi Hasil Perairan-Institut Pertanian Bogor

<sup>2)</sup> Politeknik Negeri Lampung



adalah teknologi membran. Membran osmosis balik (*reversed osmosis*) telah banyak digunakan untuk proses *recovery* cita rasa pada apel, lemon, dan mangga (Kane *et al.*, 1995; Olle *et al.*, 1997).

Proses osmosis balik merupakan salah satu teknologi membran yang memanfaatkan prinsip penyaringan dalam memisahkan bahan dengan menggunakan tekanan transmемbran sebagai *driving force*. Pada proses ini partikel dengan berat molekul di bawah *Molecule Weight Cut Off* (MWCO) atau memiliki ukuran molekul yang lebih kecil dari pori-pori membran akan lolos melewati pori membran, sedangkan molekul lainnya akan tertahan sebagai retentat (*retentate*). Proses membran osmosis balik telah dapat digunakan untuk proses *recovery* bahan penyedap dari air sisa pasteurisasi rajungan. Keuntungan ganda yang akan diperoleh melalui penggunaan proses osmosis balik adalah beban limbah cair dapat diturunkan. Sridhar *et al.* (2002) menyatakan bahwa membran osmosis balik mampu menurunkan kadar COD tujuh kali lebih rendah dibandingkan dengan kadar COD semula. Melalui proses osmosis balik semua asam amino dan komponen lain yang terkandung di dalam air sisa pasteurisasi dapat dipisahkan.

Secara umum ada dua kriteria penilaian kelayakan kinerja proses membran, yaitu laju fluks permeat (*permeate flux*) dan nilai rejeksi (*retentate rejection*) yang tinggi. Permasalahan utama dalam aplikasi proses membran adalah turunnya fluks permeat selama proses berlangsung. Fenomena turunnya nilai fluks ini disebabkan oleh munculnya *fouling* dan polarisasi konsentrasi. *Fouling* sangat dipengaruhi oleh interaksi antara karakteristik membran yang dipakai, sedangkan polarisasi konsentrasi dipengaruhi oleh faktor parameter operasi membran seperti tekanan transmемbran dan laju alir umpan yang tepat (Cheryan, 1998; Uju *et al.* 2008<sup>b</sup>). Berdasarkan permasalahan tersebut, sangat diperlukan pemahaman yang lebih baik terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja proses membran sehingga akan lebih ekonomis untuk diaplikasikan pada suatu proses. Teknik optimasi *response surface methodology* (RSM) dapat digunakan untuk mengetahui titik optimum dari suatu proses yang dipengaruhi beberapa variabel proses (Montgomery, 2001; Uju, 2007). Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan proses osmosis balik dan RSM dalam proses *recovery* dan pemekatan bahan penyedap dari sisa pasteurisasi rajungan.

## METODE

### Bahan

Limbah cair pengolahan rajungan yang digunakan pada penelitian ini adalah air sisa pasteurisasi pada

proses "*pre-cooking*". Sampel diambil dari *mini plant* pengolahan rajungan di Cirebon-Jawa Barat dan Losari-Jawa Tengah. Setelah proses pengolahan selesai, air sisa pasteurisasi diambil dan dibiarkan dingin sampai suhunya 35°C. Untuk menjaga agar sampel dalam kondisi segar, sampel dimasukkan ke dalam kemasan plastik sebagai kemasan primer. Kemasan plastik tersebut dimasukkan ke dalam kotak *styrofoam* ketebalan 1,5 cm kemudian ditambahkan es curai. Setiap dua jam sekali air lelehan es dikeluarkan, kemudian es curai ditambahkan kembali.

### Peralatan

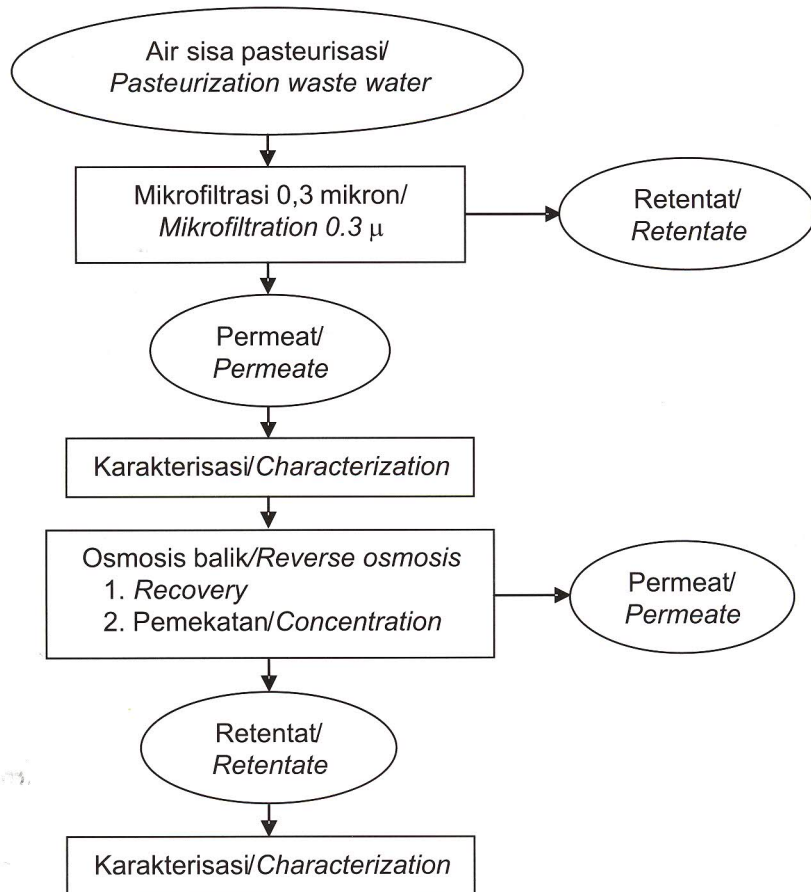
Peralatan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah satu unit membran *cross-flow* filtrasi. Modul membran yang digunakan adalah keramik 0,3 mikron dan membran osmosis balik (CSM Model No: RE75-1812-50GPD, luas permukaan 0,38 m<sup>2</sup>).

### Tahapan penelitian

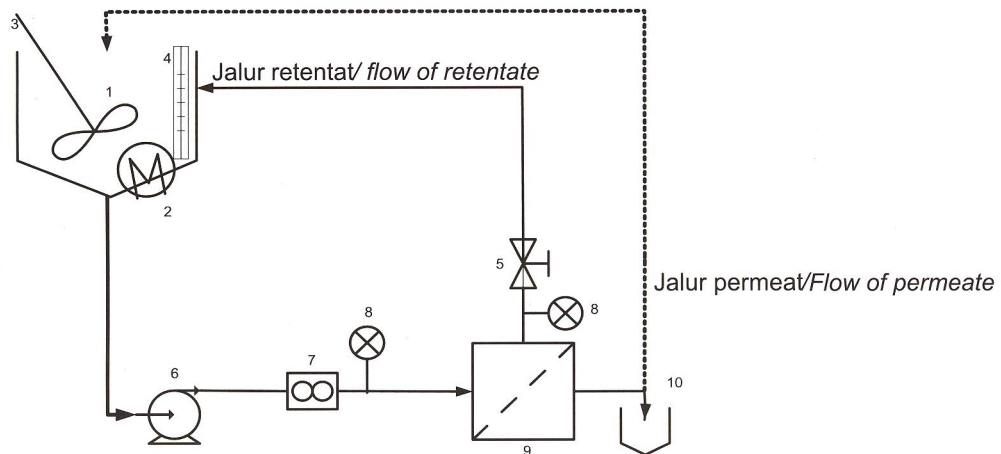
Sebelum dilakukan proses osmosis balik, dilakukan prefiltrasi terhadap sampel menggunakan membran keramik dengan ukuran pori 0,3 mikron. Sampel hasil prefiltrasi dikarakterisasi dengan mengukur kadar air, kadar protein, kadar lemak, kadar abu (AOAC, 2005), total padatan terlarut, kadar NPN, dan asam amino. Setelah proses karakterisasi, dilakukan proses *recovery* bahan penyedap dengan membran osmosis balik. Tahap ini dilakukan untuk mencari kondisi optimal proses dengan melihat parameter fluks dan rejeksi protein yang nantinya akan digunakan untuk kondisi variabel proses pemekatan. Setelah proses pemekatan, dilakukan proses karakterisasi kembali. Tahapan-tahapan penelitian secara skematis disajikan pada Gambar 1.

### Proses *Recovery* dan Pemekatan

Proses *recovery* dilakukan dengan memasukkan 600–800 cm<sup>3</sup> sampel ke dalam tangki umpan (*feed tank*), kemudian dipanaskan pada suhu percobaan seperti yang disajikan pada Tabel 1. Untuk memanaskan dan mempertahankan umpan pada suhu tertentu, tangki umpan dilengkapi dengan pemanas listrik dan thermostat. Produk hasil proses filtrasi membran (permeat dan retentat) diresirkulasikan ke dalam tangki umpan (Gambar 2). Pada selang waktu 40 menit dilakukan pengambilan sampel permeat untuk pengukuran fluks dan rejeksi. Pada tahap pemekatan hasil permeat tidak diresirkulasikan lagi seperti pada proses *recovery*, tapi dipisahkan dan ditampung dalam wadah. Pengambilan sampel permeat dilakukan setiap 10 menit untuk pengukuran fluks, faktor konsentrasi, dan rejeksi protein. Volume awal sampel untuk pemekatan adalah 800 cm<sup>3</sup>



Gambar 1. Diagram skematik tahapan-tahapan percobaan.  
Figure 1. Schematic diagram of experimental steps.



Keterangan/Note:

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| 1. Tangki umpan / Feed tank | 6. Pompa / Pump                                      |
| 2. Pemanas / Heater         | 7. Pengukur aliran / Flow meter                      |
| 3. Pengaduk / Stirrer       | 8. Pengukur tekanan / Pressure gauge                 |
| 4. Termometer / Thermometer | 9. Membran osmosis balik / Reversed osmosis membrane |
| 5. Katup / Valve            | 10. Wadah permeat / Container of permeate            |

Gambar 2. Skema proses recovery dan pemekatan.  
Figure 2. The scheme of recovery and concentration process.



menjadi 325 cm<sup>3</sup> di akhir pemekatan. Setiap selesai proses *recovery* dan pemekatan, membran dicuci dengan menggunakan 500 mL larutan NaOH 1% sehingga pH larutan menjadi 10,5–11,0. Fluks membran diuji kembali hingga mencapai fluks semula (Uju *et al.*, 2008<sup>b</sup>).

**Pengukuran Parameter Membran**

Data hasil proses filtrasi membran dihitung dan dinyatakan dalam beberapa parameter berikut:

- a. Fluks = volume permeat per satuan luas per satuan waktu (l·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup> atau LMH)
- b. Faktor konsentrasi (FCR) = volume umpan/ volume retentat
- c. Rejeksi protein (R) = 1 - (konsentrasi pada permeat/ konsentrasi pada retentat)
- d. Tekanan Transmembran (ΔP) = 0,5 (Tekanan pada inlet + tekanan pada outlet)

**Metode Analisis**

Analisis dilakukan terhadap proksimat dan NPN (AOAC, 2005), kadar protein (Bradford, 1976), dan asam amino (Jayarajah & Lee, 1999).

Konsentrasi protein ditentukan menggunakan *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 ditambah 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* dimasukkan dan diinkubasi selama 5 menit selanjutnya diukur dengan spektrofotometer pada λ 595 nm. Larutan standar diberi perlakuan yang sama dengan larutan sampel dengan konsentrasi 0,1–1,0 mg/mL.

Asam amino dianalisis menggunakan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (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-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 6N sebanyak 5–10 mL dan dipanaskan selama 24 jam pada suhu 100°C kemudian disaring. Filtrat ditambahkan 30 µL larutan pengering yang terdiri *methanol*, *picolotiocianat*, dan *triethylamine*, kemudian divakumkan sampai kering. Larutan derivatisasi yang terdiri *methanol*, natrium asetat, *picolotiocianat*, dan *triethylamine* sebanyak 30 µL ditambahkan pada hasil pengeringan, lalu didiamkan selama 20 menit, kemudian diencerkan dengan menambahkan *buffer* natrium asetat 1M sebanyak 20 mL. Pada tahap akhir sampel diinjeksikan ke alat. Sampel dipompakan dengan kecepatan 1,5 mL/menit.

**Rancangan Percobaan**

Rancangan percobaan yang digunakan adalah metoda permukaan respon (*Response Surface Method*) (Montgomery, 2001) dengan rancangan CCD (*Central Composite Design*).

Tiga parameter atau variabel yang dipilih meliputi tekanan transmembran (ΔP), suhu (T) dan derajat keasaman (pH), sedangkan respon yang diukur adalah fluks (J) dan Rejeksi (R). Model rancangan percobaan tersebut digambarkan pada persamaan (1).

$$Y = a_0 + \sum_i a_i x_i + \sum_{i < j} a_{ij} x_i x_j + \sum_i a_{ii} x_i^2$$

Keterangan :

- Y = Respon dari masing-masing perlakuan
- x<sub>i</sub> dan x<sub>j</sub> = Variabel bebas
- a<sub>0</sub> = Intersep
- a<sub>i</sub> = Koefisien regresi orde pertama
- a<sub>ij</sub> = Koefisien interaksi untuk interaksi variabel i dan j
- a<sub>ii</sub> = Koefisien kuadrat variabel

Rancangan nilai variabel disajikan pada Tabel 1. Jumlah ulangan yang diambil pada CCD sebagai titik tengah (*center point*) adalah 3 ulangan. Pengkodean variabel proses dilakukan dengan menggunakan persamaan (2).

Tabel 1. Penentuan variabel-variabel dan nilai tarafnya dengan rancangan CCD  
 Table 1. Determination of variables and their value levels with CCD design

Variabel/ Variable	Simbol/ Symbol	ΔXi	Taraf Faktor Pengkodean/Coded Factor Level				
			1.68	1	0	-1	-1.68
ΔP (kPa)	X1	103	828	759	656	552	483
T (°C)	X2	5	43	40	35	30	27
pH	X3	2.5	11.2	9.5	7	4.5	2.8



$$x_i = \frac{X_i - X_0}{\Delta X_i} \quad i = 1, 2, 3 \dots, k \quad (2)$$

$x_i$  merupakan besaran non dimensi hasil pengkodean dari variabel bebas ke- $i$ ,  $X_0$  nilai dari  $X_i$  pada titik tengah dan  $\Delta X_i$  adalah besarnya perubahan nilai  $X_i$ .

## HASIL DAN BAHASAN

### Karakteristik Cairan Sisa Pasteurisasi Rajungan

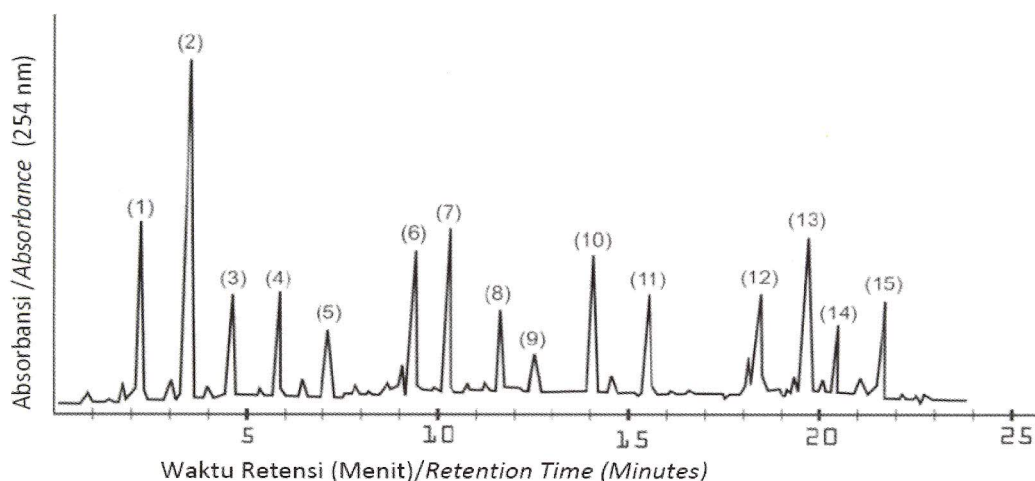
Karakteristik cairan sisa pasteurisasi rajungan setelah mengalami penyaringan dengan mikrofiltrasi 0,3  $\mu$  disajikan pada Tabel 2. Cairan pasteurisasi rajungan ini mengandung padatan terlarut sebesar 52,0 mg/L. Komponen bahan organik yang paling tinggi

adalah protein, yaitu 0,67% (b/v) kemudian diikuti lemak 0,12% (b/v), sedangkan kadar NPN mencapai 0,19% (b/v). Kadar NPN ini lebih tinggi dibandingkan dengan kadar NPN yang didapatkan dari air cucian tiram yang hanya 0,014% seperti yang dilaporkan Shiau & Chai (1999). Komponen NPN menunjukkan kuantitas komponen penyedap dalam suatu bahan. Semakin tinggi kadar NPN maka akan semakin tinggi potensi bahan tersebut sebagai bahan baku penyedap (Shiau & Chai, 1990).

Cairan sisa pasteurisasi rajungan mengandung 15 komponen asam amino (Gambar 3 dan Tabel 6), dengan kadar tertinggi terdapat pada asam glutamat yang mencapai 0,036% (b/v). Asam glutamat merupakan komponen asam amino yang sangat penting dalam menyumbangkan komponen rasa pada makanan hasil laut. Asam amino ini juga ditemukan

Tabel 2. Karakteristik cairan sisa pasteurisasi rajungan  
Table 2. Characteristics of blue crab pasteurization waste water

Parameter/Parameters	Nilai/Value
Total padatan tersuspensi / Total suspended solid (mg/L)	52.0 $\pm$ 1.4
Protein (% b/v)	0.67 $\pm$ 0.00
Lemak/Fat (% b/v)	0.12 $\pm$ 0.02
Abu/Ash (% b/v)	0.33 $\pm$ 0.06
Kadar air/Water content (%)	98.76 $\pm$ 0.01
Nitrogen bukan protein/ Non protein nitrogen (%)	0.19 $\pm$ 0.01



**Keterangan/Note :**

- |                                 |                        |                                 |
|---------------------------------|------------------------|---------------------------------|
| (1) Asam aspartat/Aspartic acid | (6) Threonin/Threonine | (11) Methionin/Methionine       |
| (2) Asam glutamat/Glutamic acid | (7) Alanin/Alanine     | (12) Isoleusin/Isoleusine       |
| (3) Serin/Serine                | (8) Prolin/Proline     | (13) Leusin/Leusine             |
| (4) Glisin/Glycine              | (9) Tirosin/Tyrosine   | (14) Phenilalanin/Phenylalanine |
| (5) Histidin/Histidine          | (10) Valin/Valine      | (15) Lisin/Lysine               |

Gambar 3. Kromatogram asam amino dari cairan sisa pasteurisasi rajungan.  
Figure 3. Amino acid chromatogram of blue crab pasteurization waste water.

dengan konsentrasi yang relatif lebih tinggi pada lobster (Jayarajah & Lee, 1999), udang (Hue *et al.*, 2003) dan tiram (Je *et al.*, 2005) dibandingkan dengan asam amino lainnya.

**Proses Recovery Komponen Penyedap**

Pada Tabel 3 terlihat bahwa nilai rejeksi protein berkisar antara 79,81–98,91%. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam diperoleh bahwa rejeksi protein tidak signifikan dipengaruhi oleh variabel tekanan transmembran ( $\Delta P$ ), suhu (T) maupun pH ( $p > 0,05$ ). Fenomena ini juga terjadi pada proses ultrafiltrasi.

Cheryan (1998) melaporkan bahwa nilai koefisien rejeksi pada proses mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi ditentukan oleh ukuran pori dan distribusinya, sedangkan tekanan transmembran, laju alir umpan, dan suhu pengaruhnya tidak signifikan.

Hasil analisis data fluks yang diperoleh dari Tabel 3 menunjukkan bahwa koefisien variabel  $\Delta P$  memiliki pengaruh signifikan terhadap fluks ( $p < 0,05$ ) baik pada bentuk linier maupun kuadratnya (Tabel 4). Nilai koefisien linier  $\Delta P$  menunjukkan nilai positif sedangkan koefisien kuadratnya negatif, hal tersebut bermakna bahwa fluks permeat akan meningkat seiring

Tabel 3. Penentuan taraf nilai dan hasil pengukuran respon variabel  
 Table 3. Determination of value level and measuring result of variable responses

Run	Parameter/Parameters						Rejeksi/ Rejection (%)	Fluks/ Flux ( $l m^{-2} h^{-1}$ )
	Nilai Sebenarnya/Real Value		Pengkodean/Coding					
	$\Delta P$ (kPa)	Suhu/ Temp. ( $^{\circ}C$ )	pH	X1	X2	X3		
1	552	30	4.5	-1	-1	-1	79.13	0.36
2	759	30	4.5	1	-1	-1	89.61	0.86
3	552	40	4.5	-1	1	-1	94.65	0.83
4	759	40	4.5	1	1	-1	97.36	1.01
5	552	30	9.5	-1	-1	1	99.69	0.41
6	759	30	9.5	1	-1	1	94.65	0.92
7	552	40	9.5	-1	1	1	76.81	0.38
8	759	40	9.5	1	1	1	88.44	2.13
9	483	35	7	-1.68	0	0	88.05	0.41
10	828	35	7	1.68	0	0	86.5	1.07
11	656	27	7	0	-1.68	0	86.89	0.56
12	656	43	7	0	1.68	0	88.44	1.98
13	656	35	2.8	0	0	-1.68	94.26	1.44
14	656	35	11.2	0	0	1.68	98.14	1.22
15	656	35	7	0	0	0	98.91	1.32
16	656	35	7	0	0	0	96.97	1.32
17	656	35	7	0	0	0	96.2	1.32

Tabel 4. Pengaruh variabel parameter operasi terhadap fluks  
 Table 4. The influence of operation parameter variables on flux

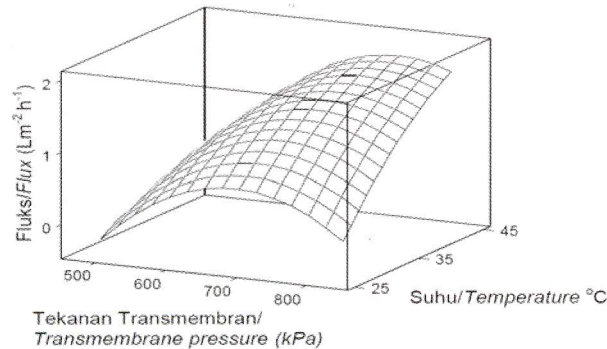
Parameter/Parameters	Koefisien/ Coefficients	SE Koefisien/ SE Coefficients	t	P
Konstanta/Constant	1.344	0.1947	6.859	0
$\Delta P$	0.2966	0.0914	3.243	0.014
T	0.3067	0.0914	3.354	0.012
pH	0.03	0.0914	0.328	0.752
$\Delta P * \Delta P$	-0.258	0.1006	-2.563	0.037
T * T	-0.0706	0.1006	-0.701	0.506
pH * pH	-0.0494	0.1006	-0.491	0.639
$\Delta P * T$	0.115	0.1195	0.963	0.368
$\Delta P * pH$	0.1975	0.1195	1.653	0.142
T * pH	0.07	0.1195	0.586	0.576



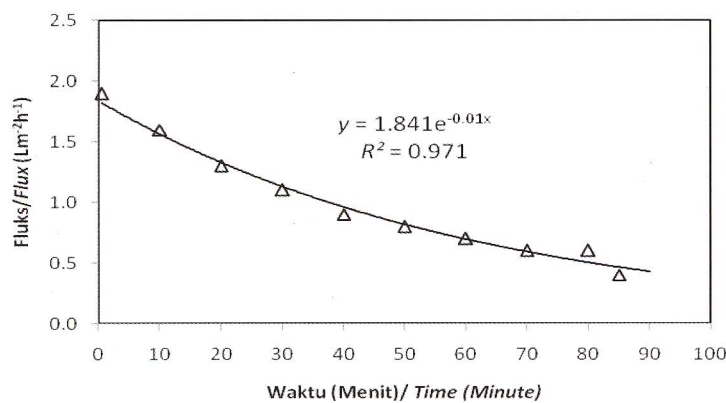
dengan semakin tingginya tekanan transmembran. Fluks juga secara signifikan dipengaruhi oleh variabel suhu ( $p < 0,05$ ), namun hanya pada pengaruh liniernya saja. Hal tersebut menunjukkan bahwa fluks meningkat secara linier dengan dinaikkannya suhu umpan. Subramanian *et al.* (2003) melaporkan bahwa peningkatan suhu umpan akan menyebabkan penurunan viskositas bahan sehingga proses solubilisasi dan difusi partikel pada membran akan menjadi lebih tinggi, sehingga fluks menjadi meningkat.

Plot data dari Table 3 pada berbagai titik percobaan, dengan mengambil tekanan transmembran ( $\Delta P$ ) dan suhu ( $T$ ) sebagai variabel bebas (*independent variables*) pada sumbu X1 dan X2 serta fluks sebagai variabel terikat (*dependent variable*) pada sumbu Y, menggunakan *software* Minitab 13 dihasilkan kurva tiga dimensi seperti disajikan pada Gambar 4. Berdasarkan nilai-nilai koefisien yang diperoleh pada Tabel 4 dan mempertimbangkan tingkat signifikansi koefisien model maka nilai fluks ( $J$ ) dapat diprediksi dengan persamaan 3.

$$J = 1,34 + 0,30 \Delta P + 0,31 T - 0,26 (\Delta P)^2 \quad (3)$$



Gambar 4. Pengaruh tekanan transmembran ( $\Delta P$ ) dan suhu ( $T$ ) terhadap fluks.  
Figure 4. The influence of transmembrane pressure ( $\Delta P$ ) and temperature ( $T$ ) on flux.



Gambar 5. Penurunan fluks selama proses pemekatan bahan penyedap dari limbah cair rajungan.  
Figure 5. Flux decline during concentration process of flavorings from blue crab waste water.

Pada Gambar 4 terlihat fluks terus meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan transmembran dan fluks mengalami penurunan ketika tekanan transmembran lebih dari 716 kPa. Fenomena tidak naiknya fluks seiring dengan naiknya tekanan transmembran dikenal dengan polarisasi konsentrasi dan hal ini juga terjadi pada proses ultrafiltrasi seperti yang dilaporkan Dornier *et al.* (1994) dan Viadero *et al.* (1999). Terjadinya polarisasi konsentrasi mengakibatkan lapisan gel semakin padat dan semakin meningkatkan nilai difusi balik partikel menuju membran seiring dengan meningkatnya tekanan transmembran (Vernhet *et al.*, 2003; Zhao *et al.*, 2003). Mohammadi *et al.* (2004) melaporkan bahwa tekanan transmembran yang lebih tinggi menyebabkan kecepatan partikel melewati pori membran semakin tinggi, sehingga mengakibatkan fluks menurun.

### Proses Pemekatan

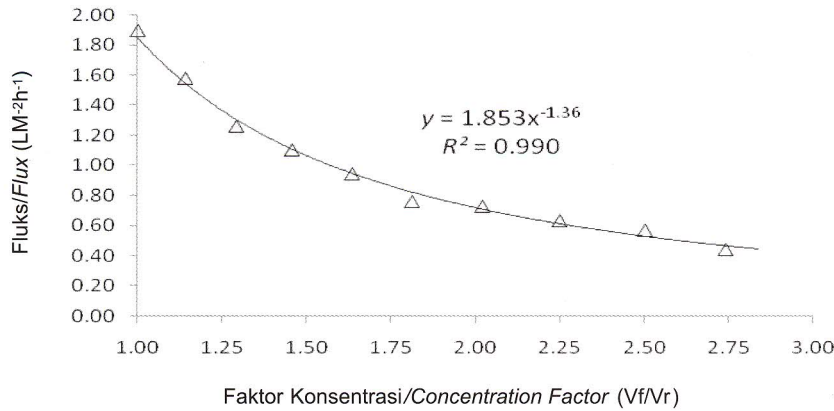
Pada Gambar 5 terlihat bahwa fluks semakin menurun secara eksponensial dengan semakin lamanya waktu pemekatan. Nilai fluks pada awal

pemekatan  $1,9 \text{ Lm}^{-2}\text{h}^{-1}$  turun menjadi  $0,4 \text{ Lm}^{-2}\text{h}^{-1}$  setelah 85 menit. Pola ini mirip pada pemekatan jus jeruk (Jesus *et al.*, 2007) dan pigmen antosianin (Patil & Raghavara, 2007).

Faktor konsentrasi didefinisikan sebagai perbandingan antara volume awal umpan ( $V_F$ ) dengan volume retentat ( $V_R$ ) (Krijgsman, 1992). Nilai fluks pada awal proses  $1,9 \text{ Lm}^{-2}\text{h}^{-1}$  menjadi  $0,4 \text{ Lm}^{-2}\text{h}^{-1}$  pada faktor konsentrasi 2,75 (Gambar 6). Penurunan fluks terjadi secara eksponensial seiring dengan semakin

**Karakteristik Larutan Konsentrat**

Karakteristik umpan hasil pemekatan pada faktor konsentrasi 2,75 (pemekatan 60% dari volume awal) disajikan pada Tabel 5. Pada tabel tersebut terlihat bahwa kadar proksimat dalam bahan konsentrasinya meningkat, kecuali kadar air yang mengalami sedikit penurunan. Hal tersebut terjadi karena selama proses pemekatan dengan osmosis balik semua komponen bahan dapat tertahan oleh membran kecuali air yang dapat lolos. Kadar abu merupakan komponen yang



Gambar 6. Pengaruh faktor konsentrasi terhadap fluks permeat.  
Figure 6. The influence of concentration factor on flux permeate.

tingginya nilai faktor konsentrasi. Penurunan nilai fluks permeat pada penelitian ini jauh lebih cepat dibandingkan dengan proses pengkonsentrasian pektin (Cho *et al.*, 2003) dan karaginan (Uju, 2006). Adanya fenomena penurunan fluks seiring dengan lamanya waktu pemekatan dan meningkatnya faktor konsentrasi diduga terjadi karena kuatnya proses polarisasi konsentrasi, *fouling* dan semakin meningkatnya tekanan osmotik selama proses pemekatan. Berdasarkan kondisi ini pemekatan dengan osmosis balik hanya digunakan untuk tahap awal karena semakin pekat konsentrat yang dihasilkan fluks permeat menjadi kecil sehingga jika proses dilanjutkan lagi menjadi tidak ekonomis.

paling tinggi peningkatannya, hal tersebut terjadi karena komponen abu yang terkonsentratkan tidak hanya berasal dari partikel-partikel daging rajungan tetapi juga berasal dari air pengolahan yang mengandung kadar garam yang tinggi dengan nilai salinitas mendekati air laut yaitu 30 ‰ (Uju *et al.*, 2008<sup>a</sup>). Peningkatan kadar abu ini akan mengakibatkan naiknya tekanan osmotik larutan yang akan mengakibatkan penurunan fluks.

Kadar protein meningkat 79,48% yaitu dari 0,67% menjadi 1,2%, sedangkan kadar nitrogen bukan protein (NPN) meningkat 12,16%. Peningkatan kadar NPN ini jauh lebih rendah dibanding dengan peningkatan kadar protein kasarnya, namun demikian

Tabel 5. Karakteristik bahan penyedap hasil pemekatan  
Table 5. The characteristics of concentrated flavorings

Parameter/Parameters	Nilai/Value	Peningkatan/Increment (%)
Protein (% b/v)	1.2 ± 0.03	79.48
Lemak/Fat (% b/v)	0.21 ± 0.02	84.78
Abu/Ash (% b/v)	0.33 ± 0.03	286.92
Kadar air/Water content (%)	97.21 ± 0.15	-1.57
Nitrogen bukan protein/Non protein nitrogen (%)	0.21 ± 0.03	12.16



Tabel 6. Kadar asam amino sebelum dan sesudah pemekatan pada FCR 2,75  
 Table 6. Amino acid content before and after concentration at FCR 2.75

No	Jenis Asam Amino/ Kinds of Amino Acid	Sebelum Pemekatan/ Before Concentration (% b/v)	Sesudah Pemekatan/ After Concentration (% b/v)	Peningkatan/ Increment (%)
1	Asam aspartat/ <i>Aspartic acid</i>	0.014	0.072	417.99
2	Asam glutamate/ <i>Glutamic acid</i>	0.036	0.187	423.81
3	Serin/ <i>Serine</i>	0.008	0.028	263.64
4	Glisin/ <i>Glycine</i>	0.001	0.025	2,172.73
5	Histidin/ <i>Histidine</i>	0.008	0.041	400.00
6	Arginin/ <i>Arginine</i>	ttd/nd	0.036	-
7	Threonin/ <i>Threonine</i>	0.009	0.043	362.37
8	Alanin/ <i>Alanine</i>	0.011	0.053	364.91
9	Prolin/ <i>Proline</i>	0.006	0.026	372.73
10	Tirosin/ <i>Tyrosine</i>	0.009	0.037	320.45
11	Valin/ <i>Valine</i>	0.011	0.047	327.27
12	Methionin/ <i>Methionine</i>	0.010	0.078	672.28
13	Sistin/ <i>Sistine</i>	ttd/nd	0.025	-
14	Isoleusin/ <i>Isoleusine</i>	0.007	0.034	415.15
15	Leusin/ <i>Leusine</i>	0.012	0.107	762.90
16	Phenilalanin/ <i>Phnylalanine</i>	0.010	0.037	266.34
17	Lisin/ <i>Lysine</i>	0.003	0.060	2,300.00

Ttd = tidak terdeteksi/*not detected*

proporsi NPN pada penelitian ini tiga kali lebih tinggi dari hasil konsentrat kedelai yang dikonsentratkan dengan ultrafiltrasi (Kumar *et al.*, 2003).

Peningkatan kadar protein kasar pada konsentrat cairan sisa pengolahan rajungan seiring dengan peningkatan komponen penyusunnya, yaitu asam amino. Pada Tabel 6 terlihat bahwa proses pemekatan dengan osmosis balik dapat meningkatkan kadar asam amino dalam cairan sisa pasteurisasi rajungan 2,6–23 kali lebih tinggi daripada sebelum proses pemekatan dilakukan, bahkan asam amino arginin dan sistin yang pada awalnya tidak terdeteksi, setelah pemekatan terdeteksi dengan kadar masing-masing 0,036 dan 0,025%. Hal tersebut menunjukkan bahwa selama proses berlangsung, semua komponen asam amino berhasil ditahan oleh membran osmosis balik. Peningkatan tertinggi diperoleh pada asam amino berantai pendek yaitu glisin dan lisin, hal ini berarti proses filtrasi asam amino berlangsung efektif sehingga dapat menahan molekul asam amino yang sangat kecil.

### KESIMPULAN

Proses osmosis balik dapat digunakan sebagai alternatif proses dalam *recovery* dan pra pemekatan bahan penyedap dari limbah cair rajungan. Variabel

tekanan transmembran berpengaruh positif terhadap fluks pada tekanan di bawah 716 kPa. Variabel suhu pengaruhnya positif linier, sedangkan pH pengaruhnya tidak signifikan. Nilai rejeksi protein tidak signifikan dipengaruhi oleh ketiga variabel operasi tersebut. Pada akhir proses pemekatan protein dan NPN dapat ditingkatkan masing-masing 79,48% dan 12%, sedangkan kadar asam aminonya dapat ditingkatkan 2–23 kali dari semula.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional, Republik Indonesia atas pendanaan penelitian ini melalui program Hibah Bersaing XV dengan nomor kontrak 012/SP2H/PP/DP2M/III/2007, dan Prof. Dr. Suminar Achmadi dari Departemen Kimia IPB atas *pre-review* tulisan ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 2005. *Official Methods of Analysis*. Washington DC.
- Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analyst. Biochem.* 72: 248–254.



- Cheryan, M. 1998. *Ultrafiltration and Microfiltration Handbook*. Technomic. Publishing. New Holland Avenue. 527 pp.
- Cho, C.W., Lee, D.Y., and Kim, C.W. 2003. Concentration and purification of soluble pectin from mandarin peels using crossflow microfiltration system. *Carbohydrate Polymer*. 54: 21–26.
- Dornier, M., Decloux, M., Lebert, A., and Trystram, G. 1994. Use of experimental design to establish optimal cross flow filtration condition: Application to raw cane sugar clarification. *J. Food Process Eng.* 17: 73–92.
- Hue, M.S., Kim, J.S., and Shahidi, F. 2003. Component and nutritional quality of shrimp processing by product. *Food Chem.* 82: 235–242.
- Islam, M.S., Khan, S., and Tanaka, M. 2004. Waste loading in shrimp and fish processing effluents: Potential source of hazards to the coastal; and near shore environments. *Marine Pollution Bulletin*. 49: 103–110.
- Jayarajah, C.N. and Lee, C.M. 1999. Ultrafiltration/ reverse osmosis concentration of lobster extract. *J. Food Sci.* 64(1): 93–98.
- Je, J.Y., Park, P.J., Jung, W.K., and Kim, S.K. 2005. Amino acid changes in fermented oyster (*Crassostrea gigas*) sauce with different fermentation periods. *Food Chem.* 91: 15–18.
- Jesus, D.F., Leite, M.F., Silva, L.F.M., Modesta, R.D., Matta, V.M., and Cabral, L.M.C. 2007. Orange (*Citrus sinensis*) juice concentration by reverse osmosis. *J. Food Eng.* 81: 287–291.
- Kane, L., Braddock, R.J., Sims, C.A., and Matthews, R.F. 1995. Lemon juice aroma concentration by reverse osmosis. *J. Food. Sci.* 60: 190–194.
- Kranawetter, H., Liebinger, A., and Samhaber, W.M. 2005. *Comparison Between Evaporation and Reverse Osmosis Process for Concentrating Aromatic Juices Done with Passion Fruit as an Example*. Institute of Process Technology, Austria. 5 pp.
- Krijgsman J. 1992. *Product Recovery in Bioprocess Technology*. Butterworth-Heinemann. Oxford. 294 pp.
- Kumar, N.S.K., Yea, M.K., dan Cheryan, M. 2003. Soy protein concentrates by ultrafiltration. *J. Food. Sci.* 7(68): 2278–2283.
- Mohammadi, T., Pak, A., Karbassian, M., and Golshan, M. 2004. Effect of operating conditions on microfiltration of an oil-water emulsion by a kaolin membrane. *Desalination*. 168: 201–205.
- Montgomery, D.C. 2001. *Design and Analysis of Experiments*. John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Olle, D., Baron, A., Lozano, Y.F., Sznaper, C., Baumes, R., Bayonove, C., and Brillouete, J.M. 1997. Microfiltration and reverse osmosis affect recovery of mango puree flavor compound. *J. Food. Sci.* 62: 1116–1119.
- Patil, G. and Raghavara, K.S.M.S. 2007. Integrated membrane process for the concentration of anthocyanin. *J. Food. Eng.* 78: 1233–1239.
- Shiau, C.Y. dan Chai, T. 1990. Characterization of oysters shucking liquid wastes and their utilization as oyster soup. *J. Food Sci.* 55: 374–378.
- Shiau, C.Y. and Chai, T. 1999. Protein recovered from oyster wash water ultrafiltration and their utilization as oyster sauce through fermentation. *Journal of Marine Science and Technology*. 7: 110–116.
- Sridhar, S., Kale, A., and Khan, AA. 2002. Reverse osmosis of edible oil industry effluent. *J. Membr. Sci.* 205: 83–90
- Subramanian, R., Raghavarao, K.S.M.S., and Nakajima, M. 2003. Application of dense membrane theory for differential permeation of vegetable oil constituents. *J. Food Eng.* 60: 249–256
- Uju, Ibrahim, B., Trilaksani, W., Nurhayati, T., dan Riyanto, B. 2008<sup>a</sup>. Proses *recovery* bahan flavor pada limbah cair pengolahan rajungan dengan teknologi reverse osmosis. *Jurnal Teknologi Industri Pangan*. 19(1): 67–79.
- Uju, Hardjito, L., Suprihatin, Suryadarma, P., dan Noor, E. 2008<sup>b</sup>. Karakteristik *fouling* dan polarisasi konsentrasi pada proses pemurnian dan pemekatan karaginan dengan membran mikrofiltrasi. *J. Tek. Ind. Pert.* 18(1): 34–40.
- Uju, Nitibaskara, R., dan 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. *Kajian Pemurnian dan Pengkonsentrasian Karaginan dengan Membran Mikrofiltrasi*. Thesis. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor. 92 pp.
- Uju. 2007. Optimasi proses mikrofiltrasi pada pembuatan refine carrageenan. *Prosiding Seminar Perikanan Nasional UGM*. Yogyakarta.
- UNEP [United Nations Environment Programme]. 2006. Cleaner production assesment in fish processing. <http://www.agrifood-forum.net/publications/guide/fishguide.zip.html>. Diakses pada tanggal 15 Maret 2006.
- Vernhet, A., Cartalade, D., and Moutounet, M. 2003. Contribution to the understanding of *fouling* build-up during microfiltration of wines. *J. Membr. Sci.* 21: 1357–1370.
- Viadero, Jr R.C., Vaughan, Jr R.L., and Reed, B.E. 1999. Study of series resistances in high-shear rotary ultrafiltration. *J. Membr. Sci.* 162: 199–211.
- Zhao, Y., Xing, W., Xu, N., dan Shi, J. 2003. Hydraulic resistance in microfiltration of titanium white waste and acid through ceramic membranes. *Separation and Purification Technology* 32: 99–104.