

PERUBAHAN KARAKTERISTIK SURIMI IKAN CUCUT DAN IKAN PARI AKIBAT PENGARUH PENGKOMPOSISIAN DAN PENYIMPANAN DINGIN DAGING LUMAT

[Characteristic Changes of Shark and Stingray Surimi as Affected by Compositioning and Chill Storage of the Mince Fish]

Joko Santoso ¹⁾, Ade Wiguna Nur Yasin ²⁾, dan Santoso ³⁾

¹⁾ Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB, Kampus IPB Darmaga Bogor

²⁾ Divisi Aplikasi dan Pengembangan Pengolahan Pangan, PT Central Pertiwi Bahari (CPB), Tulang Bawang Lampung

³⁾ Balai Besar Pengembangan dan Pengendalian Hasil Perikanan, Departemen Kelautan dan Perikanan, Muara Baru Ujung, Jakarta

Diterima 28 Juli 2007 / Disetujui 23 Juni 2008

ABSTRACT

This experiment was carried out to study the effects of leaching, compositioning, and chill storage of mince fish on the characteristic changes of surimi from shark and stingray fish. Three times leaching of mince fish could reduce the urea contents of the shark and stingray as much as 88% and 100%, respectively; with the salt soluble protein contents were 13.52% and 13.24%, respectively. Mixture of mince shark and stingray in proportion of 25% : 75% (A₁B₂) gave the highest value of gel strength being 209.29 g.cm in comparison with others composition. During chill storage, deterioration process still occurred as indicated by increasing value of acidity and contents of base volatile compounds i.e. total volatile base nitrogen (TVBN) and tri-methyl amine (TMA); and also decreasing contents of urea and salt soluble protein. Deterioration process of mince fish also affected the physical characteristic of surimi i.e. decreasing values of gel strength, water holding capacity (WHC), and colour (whiteness).

Key words: chill storage, compositioning, mince-fish, shark, stingray, surimi

PENDAHULUAN

Surimi adalah protein miofibril ikan yang telah distabilisasikan dan diproduksi melalui tahapan proses secara kontinu yang meliputi penghilangan kepala dan tulang, pelumatan daging, pencucian, penghilangan air, penambahan *cryoprotectant*, dilanjutkan dengan atau tanpa perlakuan pembekuan (Okada, 1992; Pipatsattayanuwong et al., 1995), sehingga mempunyai kemampuan fungsional terutama kemampuannya dalam membentuk gel dan mengikat air. Surimi merupakan produk antara, yang dapat diolah menjadi berbagai macam produk lanjutan (*fish jelly products*) seperti bakso, sosis, otak-otak, *kamaboko*, *chikuwa* yang spesifikasinya menuntut kelenturan (*springiness*).

Sampai saat ini bahan baku pembuatan surimi masih difokuskan pada ikan-ikan teleostei seperti ikan gurami (Wahyuni et al., 1997), striped mullet *Mugil cephalus* (Ramirez et al., 2003), Alaska pollack (Jaczynski dan Park, 2004), horse mackerel *Trachurus japonicus* (Lin et al., 2005), tilapia (Zhou et al., 2006); sedangkan ikan-ikan elasmobranchii yaitu kelompok cucut dan pari belum pernah dilakukan. Pemanfaatan kedua jenis ikan tersebut masih sangat terbatas terutama untuk diambil bagian tubuh tertentu seperti sirip, kulit ataupun diolah menjadi ikan asin. Kendala utamanya

adalah bau pesing yang disebabkan tingginya kandungan urea.

Sangat disayangkan bahwa tingginya kandungan gizi yang terdapat pada kedua jenis ikan tersebut hanya dibuang percuma atau hanya sedikit yang dimanfaatkan. Hal ini tidak sejalan dengan program *Code of Conduct for Responsible Fisheries* (CCRF) yang menegaskan untuk memanfaatkan seluruh bagian tubuh ikan yang tertangkap, khususnya pada ikan cucut yang populasinya semakin berkurang. Program tersebut dicanangkan oleh *Food and Agriculture Organization* (FAO) yang disusun dalam *International Plan of Action for Conservation and Management of Shark* (IPOA-Shark) (Musick, 2005).

Tingginya kadar urea pada daging dapat diminimalisasi dalam proses pengolahan surimi, karena salah satu tahapan prosesnya adalah pencucian dengan air dingin yang merupakan tahapan kritis. Pencucian dapat menghilangkan materi yang dapat larut air, seperti darah, protein sarkoplasma, enzim pencernaan, garam anorganik, dan senyawa organik berberat molekul rendah seperti trimetilamin oksida dan urea (Bertak dan Karahadian, 1995; Benjakul et al., 1996; Fitriani, 2000). Tujuan pertama penelitian ini adalah mempelajari pengaruh frekuensi pencucian terhadap pengurangan

kadar urea dan kemampuan dalam pembentukan gel surimi.

Mengingat potensi perikanan Indonesia dengan keragaman spesies yang tinggi dengan jumlah tiap spesiesnya tidak terlalu banyak, maka surimi yang cocok untuk dikembangkan adalah surimi berbasis multi-spesies melalui metode pengkomposisian. Tujuan kedua penelitian ini adalah mempelajari pengaruh pengkomposisian kedua jenis daging ikan elasmobranchii terhadap karakteristik surimi yang dihasilkan termasuk perubahannya akibat pengaruh penyimpanan dingin daging lumat.

METODOLOGI

Bahan

Bahan baku utama yang digunakan untuk pembuatan surimi adalah ikan cucut pisang (*Carcharinus falciformis*) dan ikan pari kelapa (*Trygon sephen*) diperoleh dari Tempat Pelelangan Ikan Muara Angke Jakarta, sedangkan bahan lain yang digunakan meliputi garam, sukrosa, sodium tripolifosfat (STPP) dan es curai. Bahan-bahan yang digunakan untuk analisis karakteristik surimi termasuk analisis kadar urea antara lain kloroform, K_2SO_4 , $CuSO_4$, H_2SO_4 , H_2O_2 , H_3BO_3 , $Na_2(SO_4)_3$, indikator (*bromchresol green* 0,1% dan *methyl red* 0,1% (2:1)), urea, *p*-dimetil amino benzaldehida (DMAB), *charcoal*, $Zn(OAc)_2$, $K_4Fe(CN)_6$, TCA dan K_2CO_3 . Bahan-bahan kimia diperoleh dari Merck Darmstadt Germany; Sigma Chemical Corp. St Louis, MO USA; Aldrich Steinheim Germany; dan Wako Pure Chemical Industries Ltd. Osaka Japan.

Pembuatan daging lumat dan surimi, penghilangan urea, dan pengkomposisian

Pembuatan daging lumat diawali dengan penyiangian yaitu membuang kulit, kepala dan isi perut, pencucian dengan air dingin untuk menghilangkan darah dan kotoran. Kemudian pemisahan daging dan tulang dengan menggunakan mesin *meat-bone separator* sehingga didapatkan daging lumat.

Masing-masing daging lumat yang dihasilkan, dilakukan analisis proksimat (kadar air, abu, lemak dan protein); dan uji kesegaran (pH dan kadar TVBN). Daging lumat tersebut, selanjutnya dibuat surimi dengan perlakuan pencucian sebanyak 0, 1, 2, 3, 4 kali, perbandingan air dan daging (4 : 1), dilakukan selama 10 menit dengan agitasi pada suhu dingin ($<10^\circ C$). Kemudian dilakukan pengepresan dengan pres hidraulik, penambahan *cryoprotectant* (campuran sukrosa 2% dan STPP 0,3%) sehingga diperoleh surimi.

Pada setiap tahap pencucian, dilakukan pengamatan terhadap kadar urea dan protein larut garam (PLG). Frekuensi pencucian terbaik yang dinilai berdasarkan besarnya penurunan kadar urea dan peningkatan kadar PLG digunakan dalam proses pembuatan surimi.

Setelah mengetahui frekuensi pencucian terbaik, maka dilakukan pengkomposisian daging lumat dengan perbandingan ikan cucut : pari = 100% : 0% (A), 0% : 100% (B), 50% : 50% (A_1B_1), 75% : 25% (A_2B_1) dan 25% : 75% (A_1B_2). Masing-masing kombinasi pengkomposisian tersebut diuji kekuatan gelnya. Kombinasi daging lumat yang memiliki nilai kekuatan gel tertinggi dipilih untuk dipelajari pengaruh penyimpanan pada suhu dingin, demikian juga daging lumat ikan cucut (A) dan pari (B).

Penyimpanan dingin daging lumat

Daging lumat komposisi A, B, dan komposisi terbaik masing-masing ditimbang sebanyak 600g, dimasukkan kedalam plastik *polyethylene* (PE) dan disimpan dingin pada *show case cabinet* (suhu $4-5^\circ C$) selama sembilan hari. Setiap tiga hari penyimpanan dilakukan analisis pH, TVBN, TMA, urea dan PLG pada daging lumat dan kekuatan gel, daya ikat air dan derajat putih dan pada surimi.

Prosedur analisis

(1) Proksimat

Analisis proksimat yang meliputi kadar air, abu, lemak, dan protein kasar mengacu metode AOAC (1995).

(2) Total volatile base nitrogen (TVBN) dan Tri-methyl amine (TMA)

Analisis TVBN dan TMA masing-masing dilakukan mengacu metode SNI-01-4495-1998 dan BPPMHP (2001) yang telah dimodifikasi dengan menggunakan cawan Conway. Prinsip pengujian TVBN adalah senyawa-senyawa basa volatil (amonias, mono-, di-, trimetilamin) dalam sampel diuapkan, diikat oleh asam borat dan dititrasi dengan larutan HCl 0,02 N. Prosedur pengujian TMA sama dengan TVB hanya ditambahkan formaldehida.

(3) Urea

Analisis kadar urea dilakukan mengacu pada metode AOAC (1995). Sampel sebanyak 1 g ditimbang dalam labu ukur 500 ml, ditambahkan 100 g *charcoal*, 250 ml akuades, 5 ml $Zn(OAc)_2$ dan 5 ml $K_4Fe(CN)_6$. Kemudian distirer selama 30 menit dengan kecepatan tinggi dan volumenya ditepatkan sampai tanda tera. Larutan didiamkan sampai terjadi endapan, disaring dengan kertas Whatmann no. 40. Filtrat sebanyak 5 ml ditambahkan 5 ml *p*-dimetil amino benzaldehida (DMAB), dikocok sampai merata, dibiarkan selama 10 menit dalam bak air pada suhu $25^\circ C$. Absorbansi dibaca pada panjang gelombang 420 nm. Kadar urea dalam sampel dihitung dengan membandingkan kurva standar urea.

(4) Protein larut garam (PLG)

Kadar PLG diukur mengacu metode Saffle dan Galbraeth (1964) *diacu dalam* Wahyuni (1992). Sampel sebanyak 5 g ditambahkan 50 ml larutan NaCl 5%, dihomogenkan dengan *waring blender* selama 2-3 menit dengan suhu dijaga agar tetap rendah. Setelah itu disentrifus pada 3400 x G selama 30 menit dengan suhu 10 °C. Filtrat yang diperoleh dianalisis kandungan proteinnya dengan metode semi-mikro Kjeldahl.

(5) Daya ikat air (*Water Holding Capacity* = WHC)

Contoh surimi sebanyak 0,5 g direbus dalam air panas selama 15 menit dengan suhu 70°C, ditiriskan sampai seluruh permukaannya kering, diletakkan di antara dua kertas saring Whatmann no.4 dan ditekan dengan pengepres hidraulik selama 2 menit dengan tekanan 200 kg/cm². Luas air yang tergambar pada kertas saring diukur dan diduga sebagai daya ikat air protein contoh (Dagbjartsson dan Solberg, 1972 *diacu dalam* Wahyuni, 1992).

(6) Kekuatan gel (Suzuki, 1981 yang dimodifikasi)

Sebanyak 300 g surimi ditambahkan NaCl sebesar 3% (b/b) dari berat surimi dan 30% air dingin (b/v). Adonan tersebut diaduk hingga merata pada *food processor*. Pasta surimi yang dihasilkan dimasukkan kedalam *stuffle*, dicetak pada selongsong dengan diameter 25-35 mm dan dilakukan perebusan dengan dua tahap perebusan yaitu *setting temperature* (40°C) dan *cooking temperature* (90°C) masing-masing selama 20 menit. Selanjutnya sampel didinginkan pada suhu dingin (4-5 °C) selama 5 menit dan didiamkan pada suhu ruang (30 °C) selama 12-24 jam sebelum diuji.

Pengukuran kekuatan gel dilakukan dengan alat *texture analyzer* jenis TA-XT2i *Texture Analyzer* (*Texture Technologist Corp.*, Scarsdale NY/*Stable Microsystem*, Godalmin, Surrey, UK). Sampel dengan panjang 2,5 cm, diukur kekuatan gelnya menggunakan *probe* berdiameter ¼ inchi dengan kecepatan pengukuran 10 mm/detik. Nilai kekuatan gel (g.cm) merupakan hasil perkalian antara daya tekan (*force* = g) dan jarak pecah (*distance* = cm).

(7) Derajat putih

Pengujian derajat putih surimi dilakukan dengan menggunakan alat KETT *Digital Whiteness-meter*, model C-100. Prinsip pengujiannya adalah membandingkan derajat putih sampel dengan derajat putih standar yang telah ditentukan berdasarkan jenis sampel yang diuji (Kett Electric Laboratory, 1981).

Analisis data

Data dianalisis dengan analisis ragam, menggunakan model rancangan percobaan acak lengkap yang disusun secara faktorial dengan dua faktor, yaitu faktor pengkomposisian dan penyimpanan dingin

dengan masing-masing tiga kali pengulangan, serta menggunakan uji lanjut Tukey.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi kimia daging lumat ikan cucut pisang dan ikan pari kelapa

Parameter yang dianalisis terhadap daging ikan cucut pisang dan ikan pari kelapa adalah kadar air, abu, lemak, protein kasar, urea, TVBN dan nilai pH (Tabel 1).

Tabel 1. Komposisi kimia daging ikan cucut pisang dan pari kelapa segar

Parameter	Cucut Pisang	Pari Kelapa
Air (%)	77,91	75,84
Abu (%)	1,15	3,10
Lemak (%)	1,60	1,36
Protein kasar (%)	19,08	18,98
Urea (%)	1,98	2,32
TVBN (mg N/100 g)	5,97	6,55
pH	5,62	6,98

Kedua jenis ikan yang digunakan dalam penelitian ini termasuk jenis ikan berprotein tinggi dan lemak rendah. Menurut Stansby (1963) ikan yang tergolong berlemak rendah dan berprotein tinggi memiliki kandungan protein 15-20% dan kandungan lemak lebih kecil dari 5%. Jenis ikan ini sangat cocok untuk diolah menjadi surimi yang menekankan atribut kekuatan gel, dimana kekuatan gel berkorelasi positif dengan tingginya kandungan protein, terutama protein miofibril (aktin dan miosin) dan rendahnya kandungan lemak.

Kadar urea kedua jenis ikan tersebut adalah tinggi yang merupakan ciri khas ikan elasmobranchii. Daging ikan elasmobranchii memiliki kadar urea dalam daging sekitar 1-2% yang mudah sekali terurai sehingga menimbulkan aroma pesing yang tajam (Lagler et al., 1977).

Kedua jenis ikan yang digunakan dalam penelitian ini termasuk kedalam kelompok ikan yang masih segar. Rupa dan warna daging masih cemerlang, berwarna putih kemerahan; belum tercium bau amonia; tekstur daging masih kompak dan elastis. Nilai pH dan TVBN yang merupakan indeks kesegaran ikan menunjukkan nilai yang masih rendah (dibawah ambang kebusukan). Hal ini menandakan belum terjadi penguraian daging yang menyebabkan terbentuknya senyawa basa volatil yang dapat meningkatkan nilai pH dan TVBN. Indeks kebusukan ikan untuk nilai TVBN adalah 30 mg N/100 g (Ozogul dan Ozogul, 2000). Nilai pH bagi ikan segar berada pada kisaran pH dibawah netral hingga pH netral, kisaran pH tersebut menandakan bahwa ikan berada dalam kondisi rigormortis (Almacher, 1961).

Penentuan frekuensi pencucian terbaik

Penelitian tahap ini bertujuan untuk mendapatkan frekuensi pencucian daging lumat yang mampu menghilangkan kadar urea maksimum, tetapi mempunyai kandungan PLG yang cukup tinggi. Pencucian bertujuan untuk meningkatkan kekuatan gel karena meningkatnya kandungan protein miofibril dan menurunnya protein sarkoplasma. Pencucian juga dapat meningkatkan kualitas warna, aroma dan juga melarutkan urea. Hasil pengamatan penentuan frekuensi pencucian terbaik disajikan pada Gambar 1.

Pencucian sebanyak 2 kali pada kedua daging lumat mampu menghasilkan nilai PLG tertinggi dan berbeda nyata dengan frekuensi pencucian lainnya. Benjakul et al., (1996) melaporkan bahwa protein sarkoplasma mudah larut dalam air dan terbuang pada pencucian pertama, sedangkan protein miofibril terbuang paling banyak setelah tahap pencucian kedua dan seterusnya. Pada pencucian pertama komponen utama yang larut dalam air adalah darah, protein sarkoplasma, enzim pencernaan, garam anorganik dan senyawa organik berberat molekul rendah seperti TMAO. Menurunnya nilai kelarutan PLG pada frekuensi pencucian 3 dan 4 kali diduga karena protein miofibril menjadi terlarut dan hanyut dalam air pencuci. Hal serupa juga dilaporkan oleh Fitriani (2000) pada ikan cucut lanyam.

Pencucian dengan air dingin juga memberikan pengaruh nyata terhadap pengurangan kadar urea. Pencucian sebanyak 3 dan 4 kali mampu mengurangi kadar urea hingga 100%. Wahyuni (1992) melaporkan bahwa daging ikan cucut lanyam yang telah dilumatkan, direndam dan dicuci dalam air dingin pada suhu 5°C sebanyak 3 kali mampu mereduksi kadar urea hingga tidak terdeteksi.

Dari hasil pengamatan tersebut, frekuensi pencucian sebanyak 3 kali digunakan dalam proses pengolahan surimi pada tahap selanjutnya. Walaupun pencucian sebanyak 2 kali mampu menghasilkan nilai

PLG maksimum, namun kadar ureanya masih tinggi (bau urea masih terdeteksi kuat). Bau urea hampir tidak terdeteksi pada pencucian sebanyak 3 kali dan kandungan PLG-nya juga masih tinggi, meskipun lebih rendah jika dibandingkan dengan pencucian sebanyak 2 kali.

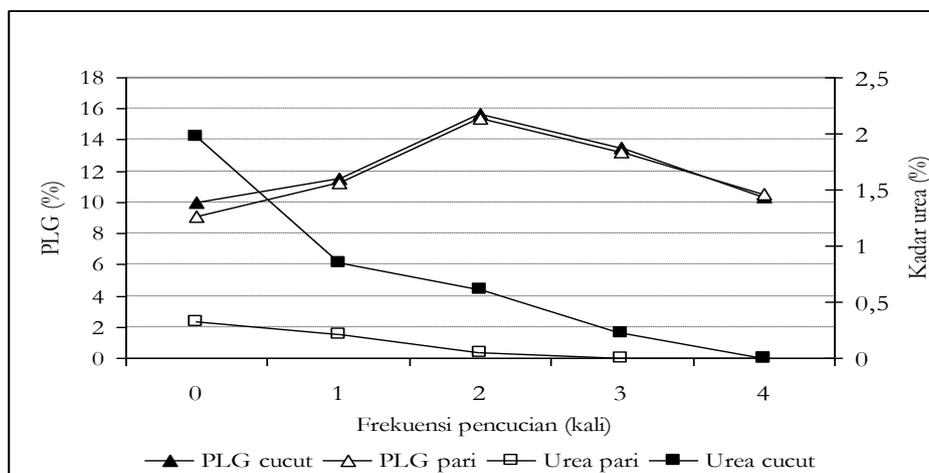
Penentuan komposisi daging lumat terbaik

Perlakuan pengkomposisian dengan melakukan pencampuran dua jenis ikan terbukti mampu meningkatkan nilai kekuatan gel, dibandingkan dengan nilai kekuatan gel masing-masing (Gambar 2).

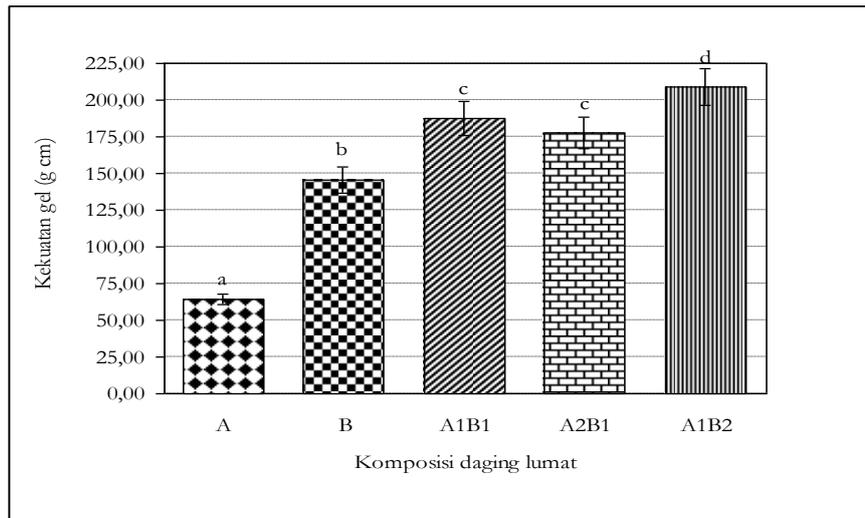
Komposisi A₁B₂ menghasilkan nilai kekuatan gel tertinggi. Hal ini diduga karena kekuatan gel yang dihasilkan dipengaruhi oleh pH. Nilai pH ikan pari kelapa mendekati pH netral, sedangkan ikan cucut pisang cenderung asam. Menurut Matsumoto dan Noguchi (1992) ikan pelagis memiliki nilai pH yang lebih kecil (sering di bawah 6), dimana dengan rendahnya nilai pH maka otot daging ikan akan banyak kehilangan fungsi gelnya. Suzuki (1981) menyatakan bahwa rendahnya nilai pH menyebabkan konsentrasi garam meningkat. Konsentrasi garam yang tinggi menyebabkan protein tidak akan larut yang mengakibatkan gel *kamaboko* tidak terbentuk, karena syarat utama terbentuknya gel *kamaboko* adalah larutnya protein miofibril (aktin dan miosin) dalam garam pada konsentrasi yang tepat. Berdasarkan hasil tersebut, maka dipilih komposisi A₁B₂ sebagai komposisi terbaik yang akan dilihat perubahan sifat fisiko-kimianya selama penyimpanan dingin dibandingkan dengan komposisi A dan B.

Perubahan karakteristik daging lumat selama penyimpanan dingin

Karakteristik kimia daging lumat komposisi A, B dan A₁B₂ dievaluasi selama penyimpanan dingin dengan menganalisis pH, TVBN, TMA, dan PLG (Tabel 2).



Gambar 1. Hubungan antara frekuensi pencucian dengan kadar PLG dan urea



Keterangan:

A = cucut : pari = 100% : 0% , B = cucut : pari = 0% : 100%, A₁B₁= cucut : pari = 50% : 50%, A₂B₁ = cucut : pari = 75% : 25%, dan A₁B₂ = cucut : pari = 25% : 75%

Huruf-huruf pada histogram (a, b, c, d) menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$)

Gambar 2. Nilai kekuatan gel daging lumat dari masing-masing variasi komposisi daging lumat

Tabel 2. Perubahan karakteristik daging lumat selama penyimpanan dingin

Parameter	Komposisi daging	Lama penyimpanan (hari)			
		0	3	6	9
pH	A	5,81 ± 0,04 ^{a/p}	7,88 ± 0,05 ^{a/q}	8,43 ± 0,09 ^{a/r}	8,70 ± 0,00 ^{a/s}
	B	6,75 ± 0,02 ^{c/p}	8,61 ± 0,04 ^{b/q}	8,87 ± 0,00 ^{c/r}	9,47 ± 0,69 ^{b/s}
	A ₁ B ₂	6,54 ± 0,02 ^{b/p}	8,63 ± 0,01 ^{b/q}	8,77 ± 0,01 ^{b/r}	8,88 ± 0,00 ^{b/s}
TVB (mg N/100 g)	A	10,51 ± 0,00 ^{a/p}	24,98 ± 0,52 ^{a/p}	267,19 ± 23,9 ^{a/q}	282,08 ± 1,15 ^{a/r}
	B	8,18 ± 0,00 ^{a/p}	42,77 ± 0,57 ^{b/p}	330,04 ± 29,53 ^{b/q}	350,04 ± 7,45 ^{a/r}
	A ₁ B ₂	13,64 ± 2,27 ^{a/p}	41,37 ± 2,25 ^{b/p}	325,54 ± 14,47 ^{b/q}	461,30 ± 63,48 ^{b/r}
TMA (mgN/100 g)	A	1,69 ± 0,11 ^{a/p}	4,84 ± 0,00 ^{a/q}	12,88 ± 1,14 ^{a/r}	13,76 ± 0,00 ^{a/s}
	B	2,54 ± 0,12 ^{a/p}	7,59 ± 1,70 ^{b/q}	20,88 ± 2,27 ^{c/r}	22,70 ± 2,29 ^{b/s}
	A ₁ B ₂	2,41 ± 0,00 ^{a/p}	7,95 ± 0,00 ^{b/q}	18,02 ± 1,17 ^{b/r}	22,44 ± 1,13 ^{b/s}
Urea (%)	A	1,98 ± 0,01 ^{a/r}	1,02 ± 0,02 ^{b/q}	0,47 ± 0,01 ^{a/p}	0,43 ± 0,01 ^{a/p}
	B	2,32 ± 0,02 ^{b/r}	0,98 ± 0,01 ^{b/q}	0,77 ± 0,01 ^{c/p}	0,60 ± 0,01 ^{b/p}
	A ₁ B ₂	2,34 ± 0,01 ^{b/r}	0,64 ± 0,00 ^{a/q}	0,61 ± 0,02 ^{b/p}	0,33 ± 0,01 ^{a/p}
PLG (%)	A	9,19 ± 0,05 ^{a/s}	7,56 ± 0,06 ^{b/r}	6,49 ± 0,23 ^{c/q}	4,87 ± 0,00 ^{c/p}
	B	9,75 ± 0,32 ^{b/s}	5,36 ± 0,03 ^{a/r}	3,30 ± 0,03 ^{a/q}	2,16 ± 0,02 ^{a/p}
	A ₁ B ₂	10,05 ± 0,11 ^{b/s}	5,34 ± 0,15 ^{a/r}	4,75 ± 0,08 ^{b/q}	3,54 ± 0,04 ^{b/p}

Keterangan:

A = cucut : pari = 100% : 0%, B = cucut : pari = 0% : 100%, dan A₁B₂ = cucut : pari = 25% : 75%

Angka-angka pada kolom yang sama untuk masing-masing parameter yang diikuti huruf superscript berbeda (a, b, c) menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$)

Angka-angka pada baris yang sama untuk masing-masing parameter yang diikuti huruf superscript berbeda (p, q, r, s) menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$)

(a) Nilai pH

Secara umum nilai pH daging lumat A, B, dan A₁B₂ yang dihasilkan selama penyimpanan dingin mengalami kenaikan. Nilai pH berpengaruh terhadap kelarutan PLG, dimana pH optimum kelarutannya berada pada kisaran pH sedikit dibawah netral hingga netral (Suzuki, 1981). Nilai pH yang berada di luar kisaran tersebut menggambarkan rendahnya kekuatan ion bagi terekstraknya PLG. Pada penyimpanan hari ke-0, nilai pH daging lumat A, B, dan A₁B₂ berturut-turut sebesar 5,81; 6,75 dan 6,54; sedangkan pada hari terakhir penyimpanan nilai tersebut terus meningkat, masing-masing menjadi 8,80; 8,97 dan 8,88. Dari awal sampai dengan akhir penyimpanan nilai pH ketiga komposisi daging lumat secara statistik berbeda nyata. Kenaikan nilai pH utamanya disebabkan proses autolisis yang dapat menguraikan protein sehingga tercipta kondisi optimum bagi tumbuhnya mikroflora pembusuk dengan menghasilkan senyawa biogenik amin (Connell, 1980). Selain itu aktivitas mikroorganisme yang mengurai urea menjadi amonia juga berkontribusi dalam meningkatkan nilai pH selama penyimpanan.

(b) Total volatile base nitrogen (TVBN)

Nilai TVBN ketiga komposisi daging lumat selama penyimpanan dingin terjadi peningkatan secara nyata. Pada awal penyimpanan, kadar TVBN pada semua komposisi daging lumat sudah terdeteksi. Hal ini wajar karena basa volatil nitrogen terdapat pada setiap jenis ikan walaupun dalam kondisi segar (Ozogul dan Ozogul, 2000). Secara statistik nilai TVBN ketiga komposisi daging lumat pada penyimpanan hari ke-0 tidak berbeda nyata, sedangkan pada hari ke 3, 6 dan 9 berbeda nyata. Penyimpanan hari ke-3 adalah titik kritis daging lumat mengalami kebusukan, karena komposisi daging lumat B dan A₁B₂ sudah dapat dikategorikan sebagai daging ikan yang sudah tidak layak dikonsumsi (> 30 mg N/100 g). Pada penyimpanan hari ke-6 terjadi peningkatan kadar TVBN yang sangat tinggi (24 - 40 kali lipat dari nilai awal), ditandai dengan aroma pesing (bau amonia) yang kuat dan terus meningkat hingga hari terakhir penyimpanan.

Pada proses autolisis terjadi peristiwa pemecahan protein dengan membebaskan senyawa alkohol dan gas seperti CO₂, CH₄, H₂, NH₃ (Fardiaz, 1992). Meningkatnya kadar TVBN disebabkan karena telah terjadi proses autolisis yang dimulai segera setelah ikan mati dimana aktivitas enzim dan mikroorganisme akan memecah protein menjadi senyawa-senyawa sederhana yang mengandung basa menguap seperti NH₃ dan TMA. Hal serupa juga diungkapkan oleh Ozogul dan Ozogul (2000) yang menyatakan bahwa kenaikan nilai TVBN disebabkan oleh aktivitas bakteri dan aktivitas enzimatik.

(c) Tri-methyl amine (TMA)

Pola peningkatan kadar TMA selama penyimpanan dingin daging lumat hampir mirip dengan peningkatan kadar TVBN. Nilai TMA pada hari ke-0 untuk perlakuan komposisi A, B, dan A₁B₂ berturut-turut sebesar 1,69; 2,54 dan 2,41 mg N/100 g. Penyimpanan hari ke-3 adalah titik kritis kadar TMA daging lumat, dimana komposisi daging lumat B dan A₁B₂ dapat dikategorikan busuk dan komposisi A hampir memasuki kebusukan. Indeks kebusukan ikan untuk uji TMA adalah 1-5 mg N/100 g (Erlina et al., 1984). Nilai TMA komposisi daging lumat A, B, dan A₁B₂ pada hari ke-0 secara statistik tidak berbeda nyata; sedangkan pada penyimpanan hari ke 3, 6, dan 9 nilai-nilainya berbeda nyata. Lama penyimpanan memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan nilai TMA.

Menurut Hui (1992); Botta (1994) TMA dibentuk oleh aksi bakteri pembusuk yang menguraikan TMAO menjadi TMA, termasuk bakteri yang memproduksi TMA seperti jenis *Pseudomonas*. Peningkatan nilai TMA daging lumat selama penyimpanan disebabkan karena aktivitas mikroba yang menguraikan bagian tubuh ikan setelah ikan mati. Penguraian TMAO menjadi TMA setelah ikan mati akan memproduksi amonia yang mempengaruhi aroma dan flavor (Clucas, 1981).

(d) Urea

Pengamatan terhadap kadar urea sangat penting dilakukan, mengingat ikan elasmobranchii mengandung kadar urea dalam tubuhnya dengan jumlah yang besar. Karena tubuhnya memiliki tekanan yang lebih rendah dari air laut, maka pada cairan tubuhnya mengandung kadar urea berlebih yang berfungsi sebagai pengatur tekanan tubuh (Smith dan Wright, 1999; Seibel dan Walsh, 2001). Selain berfungsi sebagai pengatur tekanan tubuh, urea juga memiliki peranan penting terhadap aroma, flavor dan rasa pada surimi yang dihasilkan. Urea akan mudah terurai menjadi senyawa turunannya yaitu NH₃ dan CO₂.

Selama penyimpanan dingin terjadi penurunan kadar urea secara nyata pada masing-masing komposisi daging lumat. Penurunan kadar urea selama penyimpanan dingin diduga disebabkan terjadinya penguraian oleh aksi enzimatik (urease) atau oleh bakteri yang memproduksi enzim urease menjadi NH₃ dan CO₂. Urea akan dihidrolisis oleh enzim urease menjadi amonium karbonat yang memiliki sifat tidak stabil dan akan mudah terdekomposisi menjadi NH₃ dan CO₂.

Penurunan terhadap kadar urea ditandai dengan timbulnya aroma pesing khas amonia yang semakin kuat seiring dengan lamanya penyimpanan. Saleh et al., (1979) melaporkan bahwa penurunan kadar urea pada daging cucut yang disimpan dengan beberapa perlakuan dan kondisi penyimpanan diduga karena adanya aktivitas mikroorganisme yang mengurai urea menjadi amonia sehingga terjadi peningkatan jumlah basa volatil.

(e) Protein larut garam (PLG)

PLG adalah kelompok protein miofibril yang tersusun oleh aktin dan miosin sebagai penyusun utamanya. Sifat dari miofibril adalah mudah larut dalam garam dengan konsentrasi 2-3% Suzuki (1981). PLG bertanggung jawab terhadap kualitas surimi, karena memiliki kemampuan untuk membentuk struktur tiga dimensi gel.

Nilai PLG daging lumat selama penyimpanan dingin mengalami penurunan secara nyata, walaupun antara lama penyimpanan 6 dan 9 hari nilainya tidak berbeda nyata. Pada awal penyimpanan daging lumat komposisi A₁B₂ mempunyai nilai PLG terbesar dan berbeda nyata dengan komposisi kedua daging lumat; sedangkan pada akhir penyimpanan komposisi daging lumat A mempunyai nilai terbesar dan berbeda nyata dengan komposisi lainnya. Penurunan kadar PLG selama penyimpanan dingin diduga disebabkan aktivitas enzim proteinase seperti katepsin D, kalpain dan alkali proteinase yang banyak terdapat pada protein sarkoplasma (Sikorski, 1996; Benjakul et al., 1996). Dalam proses pembuatan daging lumat hanya dilakukan satu kali pencucian dengan air dingin saja, dengan maksud untuk membersihkan daging dari darah dan kotoran, sehingga diduga daging lumat tersebut masih terdapat enzim proteinase. Menurut Lin et al., (1980) *diacu dalam* Kim et al., (1996) pencucian daging lumat tidak dapat menghilangkan semua enzim proteinase tetapi hanya menurunkan jumlahnya saja.

Perubahan karakteristik surimi akibat penyimpanan dingin daging lumat

Komposisi daging lumat A, B, dan A₁B₂ yang disimpan pada suhu dingin selama sembilan hari diolah menjadi surimi untuk dipelajari pengaruh penyimpanan dan komposisi daging lumat terhadap karakteristik mutu

surimi yang dihasilkan meliputi kekuatan gel, WHC dan derajat putih (Tabel 3).

(a) Kekuatan gel

Kualitas surimi yang baik secara umum ditentukan oleh kemampuannya membentuk gel dengan cara mencampurkan surimi dengan garam, mencetak adonan kedalam casing dan merebusnya (Reppond dan Babbit, 1997). Pada awal penyimpanan, nilai kekuatan gel surimi daging lumat komposisi A, B, dan A₁B₂ berturut-turut sebesar 276,24; 339,82 dan 368,91 g.cm. Perlakuan pencampuran daging lumat dengan komposisi A₁B₂ terbukti dapat menghasilkan nilai kekuatan gel surimi yang lebih baik dibandingkan dengan surimi dari daging lumat tanpa pencampuran.

Kekuatan gel surimi dari masing-masing komposisi daging dipengaruhi secara nyata oleh lamanya penyimpanan, yaitu nilainya menurun seiring dengan lamanya penyimpanan. Surimi dari komposisi daging lumat A₁B₂ dan B mengalami penurunan nilai kekuatan gel lebih cepat dibandingkan dengan surimi dari komposisi A. Hal ini menandakan bahwa daging lumat komposisi tersebut lebih tidak stabil ketika disimpan pada suhu dingin. Proses kemunduran mutu daging lumat yang dapat mempengaruhi kualitas kekuatan gel dari surimi adalah degradasi senyawa protein miofibril selama penyimpanan. Menurut Yoon et al., (2004) protein miofibril ikan memiliki kemampuan membentuk jaringan tiga dimensi gel yang stabil. Miosin lebih berperan dalam mekanisme terbentuknya gel surimi dibandingkan dengan aktin. Selama penyimpanan dingin telah terjadi proses denaturasi protein miofibril yang menyebabkan turunnya kemampuan kelarutan protein tersebut didalam larutan garam. Degradasi PLG menyebabkan hilangnya kemampuan daya ikat air yang menyebabkan protein kehilangan viskositasnya dan kemampuan untuk mengembang.

Tabel 3. Perubahan karakteristik surimi selama penyimpanan dingin

Parameter	Komposisi daging	Lama penyimpanan (hari)			
		0	3	6	9
Kekuatan gel (g.cm)	A	276,24 ± 75,02 ^{a/r}	262,49 ± 73,62 ^{b/r}	226,81 ± 40,50 ^{b/q}	165,63 ± 50,55 ^{b/p}
	B	339,82 ± 107,5 ^{ab/r}	182,54 ± 38,95 ^{ab/r}	91,76 ± 23,01 ^{a/q}	78,67 ± 22,81 ^{a/p}
	A ₁ B ₂	368,91 ± 142,61 ^{b/r}	167,38 ± 52,66 ^{a/r}	118,48 ± 34,89 ^{a/q}	76,83 ± 17,91 ^{a/p}
WHC (%)	A	31,15 ± 0,21 ^{a/s}	29,08 ± 0,04 ^{a/r}	24,93 ± 0,81 ^{a/q}	20,53 ± 0,53 ^{a/p}
	B	33,60 ± 0,14 ^{b/s}	30,25 ± 0,35 ^{ab/r}	29,38 ± 0,18 ^{b/q}	24,00 ± 0,00 ^{b/p}
	A ₁ B ₂	35,53 ± 0,04 ^{c/s}	30,65 ± 0,07 ^{b/r}	30,45 ± 0,07 ^{b/q}	28,08 ± 0,04 ^{c/p}
Derajat putih (%)	A	41,10 ± 0,14 ^{c/s}	41,00 ± 0,14 ^{c/r}	38,35 ± 0,21 ^{c/q}	38,30 ± 0,00 ^{c/p}
	B	32,50 ± 0,14 ^{a/s}	31,15 ± 0,35 ^{a/r}	29,35 ± 0,21 ^{a/q}	29,35 ± 0,21 ^{a/p}
	A ₁ B ₂	36,5 ± 0,07 ^{b/s}	36,10 ± 0,14 ^{b/r}	32,75 ± 0,07 ^{b/q}	32,75 ± 0,07 ^{b/p}

Keterangan:

A = cucut : pari = 100% : 0%, B = cucut : pari = 0% : 100%, dan A₁B₂ = cucut : pari = 25% : 75%

Angka-angka pada kolom yang sama untuk masing-masing parameter yang diikuti huruf superscript berbeda (a, b, c) menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$)

Angka-angka pada baris yang sama untuk masing-masing parameter yang diikuti huruf superscript berbeda (p, q, r, s) menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$)

(b) Water holding capacity (WHC)

Water holding capacity (WHC) adalah kemampuan daging untuk menyerap dan menahan air selama perlakuan mekanis (pengadukan, pelumatan, pencampuran bumbu-bumbu, dan pencetakan), perlakuan suhu, dan pengaruh penyimpanan dan transportasi (Zayas, 1997). Sejumlah besar air dalam otot terdapat pada miofibril, pada ruang antara filamen tebal dari miosin dan filamen tipis dari aktin/tropomiosin (Lawrie, 1991).

Nilai WHC surimi selama penyimpanan suhu dingin mengalami penurunan nilai secara nyata. Adanya pengkomposisian daging lumat (A₁B₂) mempengaruhi peningkatan nilai WHC surimi yang berkorelasi positif terhadap nilai kekuatan gel yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena jumlah protein miofibril (PLG) daging lumat A₁B₂ lebih besar dibandingkan dengan daging lumat komposisi A dan B. Semakin besarnya jumlah PLG maka akan semakin besar kemampuannya dalam mengikat air diantara filamennya.

Penurunan nilai WHC surimi selama penyimpanan berkorelasi positif dengan kandungan PLG daging lumat. Selama penyimpanan dingin, protein miofibril akan semakin terdegradasi. Degradasi dari protein miofibril tersebut menyebabkan ruang diantara jaringan akan semakin sempit sehingga jumlah air yang terikat (terperangkap) akan semakin berkurang.

Menurut Zayas (1997) interaksi antara protein dan air memainkan peranan penting dalam pembentukan gel, terutama selama perubahan fase sol menjadi gel. Suzuki (1981) menjelaskan bahwa gel *suwari* terbentuk dengan cara protein mengikat air di dalam ikatan molekul membentuk ikatan hidrofobik dan interaksi hidrogen. Rendahnya kandungan air yang terikat pada protein akan mempengaruhi reaksi antara protein-air dalam proses pembuatan gel *kamaboko*. Menurut Zayas (1997) pembentukan gel disebabkan karena reaksi antara protein-protein dan protein-air. Apabila reaksi antara protein-protein yang terjadi lebih banyak dibandingkan dengan protein-air, maka akan menghasilkan gel yang rapuh. Turunnya nilai WHC surimi akibat proses kemunduran mutu miofibril daging lumat menyebabkan kekuatan gel surimi ikut menurun. Hal ini disebabkan karena dalam proses pembentukan gel, reaksi antar protein-air akan semakin berkurang seiring dengan lamanya penyimpanan yang menyebabkan kualitas gel semakin memburuk.

(c) Derajat putih (Whiteness)

Terjadi pola penurunan nilai derajat putih pada surimi dari daging lumat yang disimpan dingin seiring dengan lamanya penyimpanan. Pada penyimpanan hari ke-0, nilai derajat putih surimi komposisi daging lumat A, B, dan A₁B₂ berturut-turut 41,10; 32,50 dan 36,45%. Nilai tersebut terus mengalami penurunan secara nyata hingga akhir penyimpanan masing-masing menjadi 38,30; 29,35 dan 32,75%.

Reaksi pencoklatan yang terjadi pada makanan, disebabkan oleh aktivitas enzimatis dan aktivitas non-enzimatis (Hutchings, 1994). Penurunan nilai derajat putih surimi lebih disebabkan oleh reaksi non-enzimatis, yaitu reaksi antara asam amino yang berasal dari surimi dan gula sukrosa yang ditambahkan dalam proses pembuatan surimi sebagai *cryptoprotectant*. Selama proses penyimpanan dingin daging lumat diduga telah terjadi oksidasi lemak. Karena lemak ikan kaya kandungan asam lemak tidak jenuh jamak berantai panjang (PUFA= *polyunsaturated fatty acids*), maka akan menghasilkan malonaldehida sebagai produk utama oksidasi yang dapat berinteraksi dengan grup amino pada asam amino atau protein. Selain itu juga dihasilkan heksanal yang dapat bereaksi dengan asam amino, khususnya histidin membentuk basa Schiff (*Shiff Base*) (Eskin, 2000). Kedua produk oksidasi tersebut juga dapat memicu terjadinya reaksi pencoklatan non-enzimatis. Tingkat pencoklatan surimi dipengaruhi secara nyata oleh lamanya penyimpanan daging lumat, yang berarti semakin lama waktu penyimpanan maka proses oksidasi semakin hebat dan warna coklat yang terbentuk akan semakin nyata.

KESIMPULAN

Frekuensi pencucian sebanyak tiga kali adalah frekuensi terbaik, yang mampu mereduksi kadar urea hingga 88% pada ikan cucut pisang dan 100% pada ikan pari kelapa, dengan kadar PLG berturut-turut sebesar 13,52% dan 13,24%.

Komposisi daging lumat ikan cucut dan ikan pari dengan perbandingan 25% : 75% (A₁B₂) memiliki nilai kekuatan gel tertinggi sebesar 209,290 g.cm. Hal ini menandakan adanya sinergisitas antara kedua daging ikan tersebut sehingga dapat meningkatkan kekuatan gel-nya.

Selama penyimpanan dingin daging lumat terjadi proses kemunduran mutu yang ditandai dengan meningkatnya nilai pH, TVBN dan TMA; menurunnya kadar urea dan PLG. Kemunduran mutu tersebut juga mengakibatkan karakteristik surimi yang dihasilkan menurun yaitu nilai kekuatan gel, WHC, dan derajat putih. Lama penyimpanan yang baik pada suhu dingin bagi kedua jenis daging lumat adalah kurang dari tiga hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Amlacher E. 1961. *Rigormortis in fish*. Di dalam. Borgstrom G (ed.). *Fish as Food*. Volume 1. New York: Academic Press.
- [AOAC] **Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official**

- Analytical Chemists*. 14th edition. Washington, D.C.
- Benjakul S, Seymour TA, Morrissey MT, Haejung AN. 1996.** Proteinase in Pacific whiting surimi wash water: identification and characterization. *J. Food Sci.* 61: 1165-1170.
- Bertak JA, Karahadian C. 1995.** Surimi-based imitation crab characteristic affected by heating method and end point temperature. *J. Food Sci.* 60: 292-296.
- Botta JR. 1994.** *Freshness quality of seafoods: a review*. Didalam. Shahidi F, Botta JR (eds.) *Seafoods: Chemistry, Processing Technology and Quality*. London: Blackie Academic & Professional.
- [BPPMHP] Balai Pengembangan dan Pengujian Mutu Hasil Perikanan. 2001.** *Instruksi Kerja Pengujian Contoh Hasil Perikanan*. Jakarta: Laboratorium Kimia BPPMHP, Departemen Kelautan dan Perikanan (tidak dipublikasikan).
- Clucas IJ. 1981.** *Fish Handling, Preservation and Processing in the Tropics: Part 1*. London: Tropical Products Institute.
- Connell JJ. 1980.** *Control of Fish Quality*. Farnham: Fishing News Books Ltd.
- Erlina MD, Tazwir, Aryani F. 1984.** Studi pembuatan bakso dari campuran daging cucut (*Carcharinus limbatus*) dan jangilus (*Istiophorus gladius*) (penyimpanan suhu rendah). *Laporan Penelitian Teknologi Perikanan*. 31: 31-39.
- Eskin NAM. 2000.** *Biochemistry of Food*. 2nd edition. California: Academic Press.
- Fardiaz S. 1992.** *Polusi Air dan Polusi Udara*. Bogor: Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor.
- Fitrial Y. 2000.** Pengaruh konsentrasi tepung tapioka, suhu dan lama perebusan terhadap mutu gel daging ikan cucut lanyam (*Carcharinus limbatus*) [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Hui YH. 1992.** *Encyclopedia of Food Science and Technology Volume 2*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Hutchings JB. 1994.** *Food Colour and Appearance*. London: Blackie Academic and Professional.
- Jaczynski J, Park JW. 2004.** Physicochemical changes in Alaska pollock surimi and surimi gel as affected by electron beam. *J. Food Sci.* 69: 53-57.
- Kett Electric Laboratory. 1981.** *Operating Instruction Kett Digital Whiteness Meter*. Unpublished.
- Kim JM, Liu CH, Eun JB, Park JW, Oshimi R, Hayashi K, Ott B, Aramaki T, Sekine M, Horikita Y, Fujimoto K, Aikawa T, Welch L, Long R. 1996.** Surimi from fillet of channel catfish. *J. Food Sci.* 61: 428-432.
- Lagler KF, Bardach JE, Miller RR, Passino DRM. 1977.** *Ichthyology*. 2nd edition. New York: John Willey and Sons Inc.
- Lawrie RA. 1991.** *Meat Science*. 5th edition. Oxford: Pergamon Press.
- Lin SB, Chen LC, Chen HH. 2005.** The changes of thermal gelation properties of horse mackerel mince led by protein denaturation occurring in frozen storage and consequential air flotation wash. *Food Res. Int.* 38: 19-27.
- Matsumoto JJ, Noguchi SF. 1991.** *Cryostabilization of protein in surimi*. Di dalam. Lanier TC, Lee CM (eds.). *Surimi Technology*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Musick JA. 2005.** *Shark Utilization*. FAO Paper 14: 323-336, Rome.
- Okada M. 1992.** *History of surimi technology in Japan*. Di dalam Lanier TC, Lee CM (eds.). *Surimi Technology*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Ozogul F, Ozogul Y. 2000.** Comparison of methods used for determination of total volatile base nitrogen (TVB-N) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turk J. Zool* 24: 113-120.
- Pipatsattayanuwong S, Park JW, Morrissey MT. 1995.** Functional properties and shelf life of fresh surimi from Pacific whiting. *J. Food Sci.* 60: 1241-1244.
- Ramirez JA, Rodriguez-Sosa R, Morales OG, Vazquez M. 2003.** Preparation of surimi gels from striped mullet (*Mugil cephalus*) using an optimal level of calcium chloride. *Food Chem.* 82: 417-423.
- Reppond KD, Babbit JK. 1997.** Gel properties of surimi from various fish species as affected by moisture content. *J. Food Sci.* 62: 33-36.
- Saleh M, Bukit T, Wikanta T. 1979.** Studi kemunduran mutu daging cucut segar pada berbagai kondisi penyimpanan. *Laporan Penelitian Teknologi Perikanan*. 56: 1-14.
- Seibel BA, Walsh PJ. 2001.** Trimethylamine oxide accumulation in marine animals: relationship to acyl-glycerol storage. *J. Experimental Biol.* 205: 297-306.

- Sikorski ZE. 1999.** *Seafood: Resources, Nutritional Composition, and Preservation.* Florida: CRC Press.
- Smith CP, Wright PA. 1999.** Molecular characterization of an elasmobranchs transporters. *The American Sociological Society* 0363-6119/99: R622-R626.
- SNI [Standar Nasional Indonesia]. 1998.** SNI-01-4495-1998. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Stansby M. 1963.** *Industry Fishery Technology.* Washington: Reinhold Publishing Corp.
- Suzuki T. 1981.** *Fish and Krill Protein in Processing Technology.* London: Applied Science Publishing, Ltd.
- Wahyuni M, Santoso J, Ishizaki S, Tanaka M. 1997.** Storage quality of fresh gouramy meat in ice. *J. Tokyo Univ. Fish.* 83:13-20.
- Wahyuni M. 1992.** Sifat kimia dan fungsional ikan hiu lanyam (*Carcharinus limbatus*) serta penggunaannya dalam pembuatan sosis [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Yoon WB, Gunasekaran S, Park JW. 2004.** Evaluating viscosity of surimi paste at different moisture content. *Applied Rheology.* 14: 133-139.
- Zayas JF. 1997.** *Functionality of Proteins in Food.* Berlin: Springer-Verlag.
- Zhou A, Benjakul S, Pan K, Gong J, Liu X. 2006.** Cryoprotective effects of trehalose and sodium lactate on tilapia (*Sarotherodon nilotica*) surimi during frozen storage. *Food Chem.* 96: 96-103.