

## PENGARUH PENUNDAAN PENGOLAHAN TERHADAP KANDUNGAN HISTAMIN IKAN LISONG (*Scomber australasicus* CV)

Dwiyitno, Subaryono dan Suryanti<sup>1)</sup>

### ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh penundaan pengolahan terhadap kandungan histamin ikan lisong (*Scomber australasicus* CV). Penundaan pengolahan dilakukan pada suhu kamar dan suhu rendah (es). Pada suhu kamar, penundaan dilakukan selama 16 jam dengan pengamatan setiap 2 jam sekali, sedangkan penundaan pada suhu rendah menggunakan es di dalam *coolbox* selama 16 hari dengan pengamatan setiap 2 hari sekali. Parameter yang diamati meliputi kadar air, histamin, *total volatile base* (TVB) dan organoleptik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penundaan pada suhu kamar berpengaruh nyata terhadap peningkatan kandungan histamin, namun tidak demikian pada penundaan dengan es. Pada suhu kamar kadar histamin meningkat dari 75,7 mg/100 g menjadi 280,5 mg/100 g pada jam ke 16, sedangkan pada penundaan dengan es hanya meningkat menjadi 104,2 mg/100 g setelah hari ke-10. Perlakuan penundaan pada suhu kamar maupun dengan es berpengaruh nyata terhadap nilai TVB ikan, yaitu pada suhu kamar TVB meningkat dari 26,4 mgN/100 g menjadi 54,3 mgN/100 g pada jam ke 16, sementara pada perlakuan dengan es menjadi 62,7 mgN/100 g pada hari ke 16. Pertumbuhan bakteri pembentuk histamin pada suhu kamar lebih cepat dibandingkan pada perlakuan dengan es. Pada awal penelitian jumlah bakteri  $2,4 \times 10^4$  koloni/g dan meningkat menjadi  $2,8 \times 10^8$  koloni/g pada perlakuan suhu kamar jam ke-16, sedangkan pada perlakuan dengan es jumlah bakteri tertinggi pada hari ke-8 yaitu  $8,7 \times 10^4$  koloni/g. Pada suhu kamar ikan sudah ditolak oleh panelis pada jam ke-12, sedangkan pada perlakuan dengan es pada hari ke-10.

**ABSTRACT:** *Effect of delayed processing on histamine content of slimy mackerel (Scomber australasicus CV). By: Dwiyitno, Subaryono and Suryanti*

A research to evaluate effect of delayed processing on histamine formation of *Scomber australasicus* CV was conducted. Delayed processing at ambient temperature was carried out for 16 hours while at icing temperature was for 16 days. Histamine content, moisture content and organoleptic score were determined every 2 hours at ambient temperature and every 2 days at icing temperature. Total volatile base (TVB) and the number of histamine forming bacteria were determined every 4 hours and 4 days respectively. Result showed that histamine content increased significantly at ambient temperature, but insignificantly at icing temperature. The histamine content markedly increased from 75.7 mg/100 g to 280.5 mg/100 g within 16 hours at ambient temperature, and to 104.2 mg/100 g on the 10<sup>th</sup> day at icing temperature. The number of TVB rapidly increased in all treatments; from 26.4 mgN/100g to 54.3 mgN/100g at ambient treatment and 62.7 mgN/100g at icing treatment. The growth of histamine forming bacteria increased drastically at ambient treatment ( $2.4 \times 10^4$  colony/g to  $2.8 \times 10^8$  within 16 hours), but relatively constant at icing treatment ( $8.7 \times 10^4$  colony/g at day 8<sup>th</sup>). Organoleptic score showed that the fish was rejected at the 12<sup>th</sup> hour at ambient treatment while at the 10<sup>th</sup> day at icing treatment.

**KEYWORDS:** *Scomber australasicus* CV, **delayed processing, histamine, total volatile base**

### PENDAHULUAN

Kasus keracunan makanan terutama akibat mengkonsumsi produk perikanan masih sering terjadi di Indonesia. Tewasnya 9 penduduk di Kabupaten Bulukumba, Sulawesi Selatan setelah mengkonsumsi ikan cakalang merupakan salah satu contoh fatalnya akibat keracunan produk perikanan (Anon., 2000). Jenis-jenis tertentu komoditas perikanan terutama yang berasal dari laut memang memiliki potensi

kandungan toksin seperti ciguatoxin, skombrotoksin dan tetrodotoksin. Dari beberapa kasus keracunan, skombrotoksin merupakan penyebab yang paling sering terjadi (Supraptini, 1998).

Skombrotoksin adalah toksin yang dihasilkan terutama oleh ikan-ikan famili *scombroideae* seperti tuna, cakalang, tongkol, marlin, makerel dan yang sejenisnya (Ababouch *et al.*, 1992). Salah satu senyawa yang bersifat racun tersebut adalah histamin,

<sup>1)</sup> Peneliti pada Pusat Riset Pengolahan Produk dan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan

suatu senyawa hasil perombakan asam amino histidin bebas (*free amino acid*). Histidin diubah menjadi histamin oleh enzim histidin dekarboksilase yang dihasilkan oleh bakteri-bakteri pembentuk histamin (Rawles *et al.*, 1996). Ikan-ikan famili *scombroidae* memiliki kandungan daging merah yang lebih banyak dari jenis ikan lain, yang umumnya mengandung asam amino histidin bebas yang tinggi (Haaland *et al.*, 1990).

Histamin merupakan indikator utama keracunan skombrotoksin (Clifford *et al.*, 1989 & 1991). Gejala keracunan histamin adalah gatal-gatal, diare, demam, sakit kepala dan tekanan darah turun (Taylor, 1986). Kandungan histamin pada ikan dan produk perikanan bervariasi. Pada ikan yang benar-benar segar, kandungan histamin di bawah 10 mg/100 g (Ozogul, *et al.*, 2004). Umumnya kandungan histamin antara 50 – 100 mg/100 g dianggap berbahaya dan dapat mengakibatkan keracunan pada yang mengkonsumsinya (Wonggo, 1995). Oleh karena itu beberapa negara telah menetapkan batas kandungan histamin pada produk-produk perikanan. Sebagai contoh Amerika Serikat menetapkan 20 mg/100 g, begitu juga dengan Swedia dan Cekoslovakia (Ababouch, 1991).

Kenyataan di lapangan menunjukkan kandungan histamin pada ikan masih cukup tinggi, terutama di negara-negara berkembang. Anggawati *et al.* (1984) melaporkan bahwa kandungan histamin pada ikan pindang tongkol berkisar antara 72,5 – 89,2 mg/100g bahan. Sementara itu menurut Sarnianto *et al.* (1984), kandungan histamin pada ikan peda berkisar antara 107,3 – 133,4 mg/100 g bahan. Hal ini karena ikan-ikan hasil tangkapan yang tidak memenuhi syarat dan seharusnya dibuang ternyata masih diolah (Kongpun & Suwonsakornkul, 2000). Suhu dan waktu penanganan merupakan faktor utama yang mempengaruhi kandungan histamin pada ikan (Eitenmiller, *et al.*, 1982). Pada penelitian ini dilakukan pengamatan perubahan kandungan histamin pada penundaan pengolahan bahan baku ikan lisong dalam kondisi yang berbeda yaitu pada suhu dingin (dalam *coolbox* yang diberi es) dan pada suhu kamar.

## BAHAN DAN METODE

Jenis ikan yang digunakan adalah ikan lisong (*Scomber australasicus* CV) dengan panjang rata-rata 103±9,2 g dan bobot rata-rata 21,05±0,8 cm yang diperoleh dari kapal *one day fishing* di Pelabuhan Ratu. Ikan hasil tangkapan nelayan langsung dies dalam *coolbox* dan dibawa ke laboratorium Pusat Riset Pengolahan Produk dan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan, Jakarta. Selanjutnya ikan dibagi menjadi dua kelompok untuk diperlakukan sesuai dengan

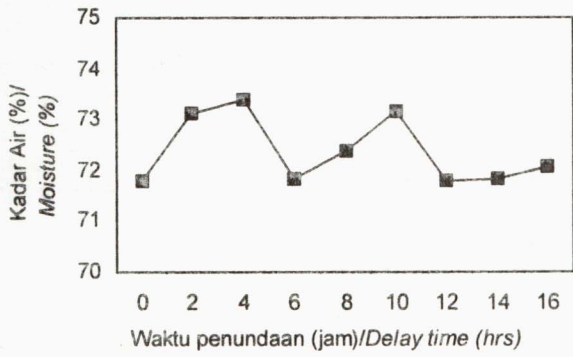
perlakuan penundaan pengolahan. Perlakuan pertama, ikan dibiarkan tanpa es pada suhu kamar (28-32°C) selama 16 jam. Pengamatan terhadap kandungan histamin, air dan nilai organoleptik dilakukan setiap 2 jam, sedangkan pengamatan TVB dan bakteri pembentuk histamin dilakukan setiap 4 jam. Perlakuan kedua, ikan disimpan selama 16 hari dalam *coolbox* dengan diberi es secara berlapis dengan perbandingan antara ikan dan es adalah 1 : 2. Pembuangan lelehan es dan penggantian dengan es yang baru dilakukan setiap 2 hari. Pengamatan terhadap kandungan histamin, air dan organoleptik dilakukan setiap 2 hari dan untuk bakteri pembentuk histamin setiap 4 hari. Penilaian organoleptik dilakukan terhadap mata, insang, tekstur, dinding perut, sayatan otot dan bau. Penilaian dilakukan oleh 10 orang panelis terlatih dengan skala 1-5.

Analisis kadar histamin dilakukan menurut metode Hardy & Smith (1976), jumlah bakteri pembentuk histamin dengan metode Niven *et al.* (1981), dan *total volatile base* (TVB) serta kadar air dengan metode standar AOAC (AOAC, 1980). Penelitian menggunakan metode rancangan acak lengkap dengan 3 kali ulangan. Terhadap data yang diperoleh dilakukan analisis sidik ragam (anova), dan apabila berbeda nyata dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) (Steel & Torrie, 1989).

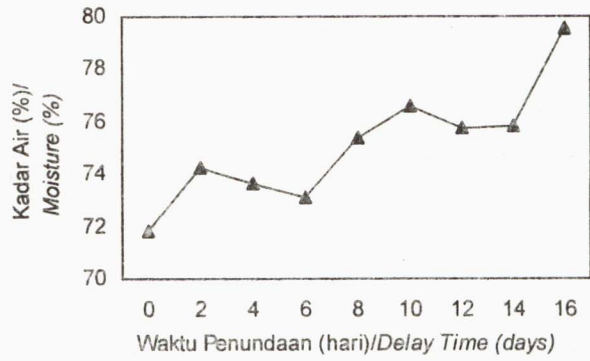
## HASIL DAN BAHASAN

Kadar air ikan lisong yang diperlakukan pada suhu kamar selama 16 jam berkisar antara 71,8 sampai 73,4%, sedangkan pada perlakuan dengan es selama 16 hari penyimpanan berkisar antara 71,8 sampai 79,5% (Gambar 1). Perlakuan penundaan pengolahan pada suhu kamar tidak berpengaruh nyata ( $p=0,05$ ) terhadap kadar air ikan, sedangkan pada perlakuan penundaan pengolahan dengan es berpengaruh nyata yaitu semakin lama penyimpanan mengakibatkan kadar air ikan semakin tinggi. Meningkatnya kandungan air ini diduga disebabkan terjadinya penyerapan air selama proses penyimpanan dengan es. Pada penelitian ini penggantian es dilakukan setiap 2 hari. Pada penyimpanan suhu kamar kadar air relatif stabil, karena efek penguapan yang terjadi relatif kecil atau tidak berpengaruh terhadap kadar air.

Perkembangan kandungan histamin dan bakteri pembentuk histamin selama penundaan pengolahan disajikan dalam Gambar 2 dan 3. Penyimpanan pada suhu kamar berpengaruh nyata ( $p=0,05$ ) terhadap kadar histamin ikan lisong, sedangkan penyimpanan dengan es tidak. Pada perlakuan suhu kamar kadar histamin meningkat dengan cepat dari 75,7 mg/100g menjadi 280,4 mg/100 g selama 16 jam penyimpanan, sementara pada perlakuan dengan es kadar histamin

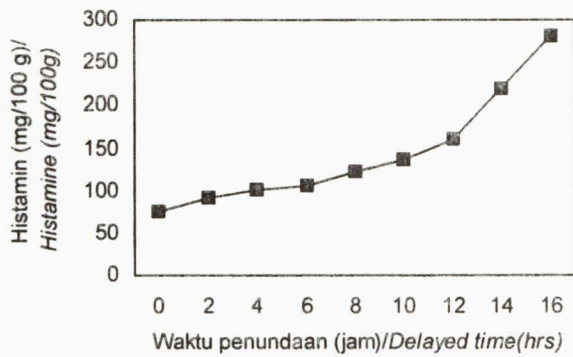


Suhu kamar/Ambient temperature

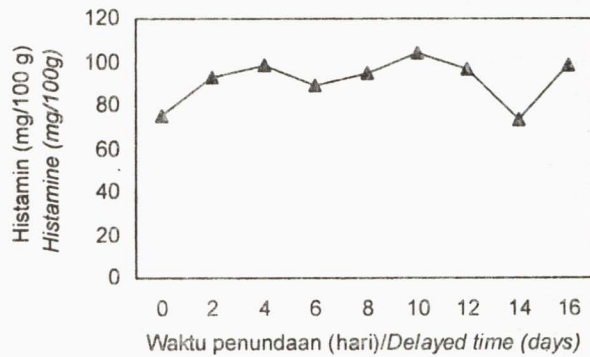


Suhu dingin (es) / Icing temperature

Gambar 1. Perubahan kadar air ikan lisong selama perlakuan penundaan pengolahan.  
Figure 1. The changes of moisture content of slimy mackerel during delayed processing.

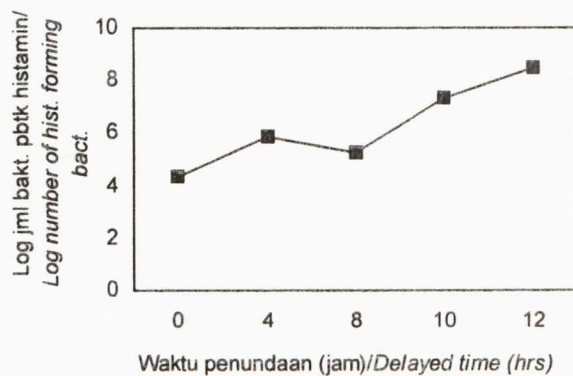


Suhu kamar/Ambient temperature

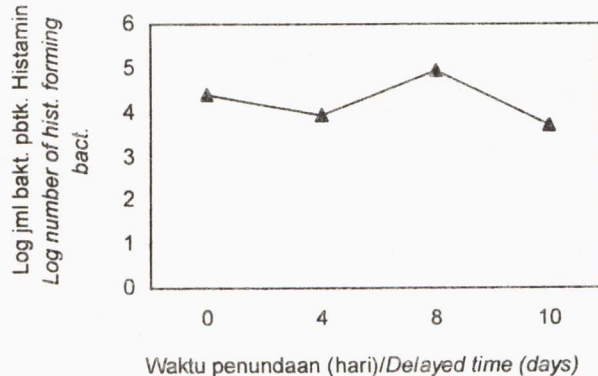


Suhu dingin (es) / Icing temperature

Gambar 2. Perubahan kadar histamin ikan lisong selama penundapan pengolahan.  
Figure 2. The changes of histamine content of slimy mackerel during delayed processing.



Suhu kamar/Ambient temperature



Suhu dingin (es) / Icing temperature

Gambar 3. Pertumbuhan bakteri pembentuk histamin ikan lisong selama penundaan pengolahan.  
Figure 3. Growth of histamine forming bacteria of slimy mackerel during delayed processing.

hanya sedikit meningkat menjadi 104,2 mg/100 g selama 10 hari penyimpanan. Setelah 10 hari penyimpanan kadar histamin cenderung tetap atau sedikit menurun. Berdasar kandungan histaminnya, ikan masih layak dikonsumsi sampai dengan 4 jam penundaan tanpa pemberian es dengan kandungan histamin di bawah batas yang dapat menyebabkan keracunan yaitu 100 mg/100 g. Sementara itu, ikan masih aman untuk dikonsumsi hingga 8 hari penyimpanan dengan pemberian es, dengan penggantian es setiap 2 hari sekali dimana kadar histaminnya sebesar 94,8 mg/100g.

Proses pembentukan histamin pada ikan sangat ditentukan oleh aktivitas enzim histidin dekarboksilase yang dihasilkan oleh bakteri pembentuk histamin (Bennour *et al.*, 1991). Suhu optimum bagi perkembangan bakteri-bakteri tersebut adalah 20 - 30°C. Penyimpanan ikan tuna albakor pada suhu 25°C menunjukkan kandungan histamin pada hari ke-5 sebesar 20 mg/100 g, hari ke-6 adalah 50 mg/100 g dan pada hari ke-7 sebesar 100 mg/100 g (Kim *et al.*, 1999). Haaland *et al.* (1990) mengatakan adanya hubungan antara suhu dengan proses pembentukan asam amino bebas pada ikan makarel. Kandungan asam amino tertentu akan menurun pada penyimpanan suhu 20°C, tetapi tidak terlihat pada suhu 0°C. Selain suhu, kandungan histamin pada bahan baku awal sangat menentukan kandungan histamin pada fase perlakuan selanjutnya. Pada penelitian ini kandungan histamin bahan baku sudah cukup tinggi, yaitu di atas 50 mg/100g. Hal ini kemungkinan karena penanganan ikan selama di kapal kurang baik.

Hasil penelitian Yoguchi *et al.* (1990) menunjukkan bahwa penyimpanan pada suhu 25°C selama 24 jam dapat meningkatkan kandungan histamin hingga 120 mg/100g. Sementara itu pada suhu 35°C, peningkatan histamin dari 0 menjadi 20 mg/100g membutuhkan waktu hanya 0,9 hari, tetapi pada suhu 10°C baru dicapai dalam waktu 8 hari. Pembentukan histamin pada suhu 0-5°C sangat kecil bahkan dapat diabaikan (Fletcher *et al.*, 1995). Hal ini karena aktivitas enzim histidin dekarboksilase menjadi sangat rendah pada suhu rendah. Penelitian Fujii *et al.* (1994) menunjukkan bahwa aktivitas enzim histidin dekarboksilase menurun hingga 27-53% selama 7 hari pada suhu -20°C. Hasil penelitian Price *et al.* (1991) juga menunjukkan bahwa pembentukan histamin akan terhambat pada suhu 0°C atau lebih rendah.

Bakteri pembentuk histamin ditemukan dalam jumlah yang cukup tinggi pada perlakuan suhu kamar. Pada awal perlakuan jumlah bakteri sebesar  $2,4 \times 10^4$  koloni/g meningkat menjadi  $2,8 \times 10^8$  koloni/g pada akhir penyimpanan pada jam ke-16, sedangkan pada perlakuan dengan es jumlah bakteri lebih stabil dan

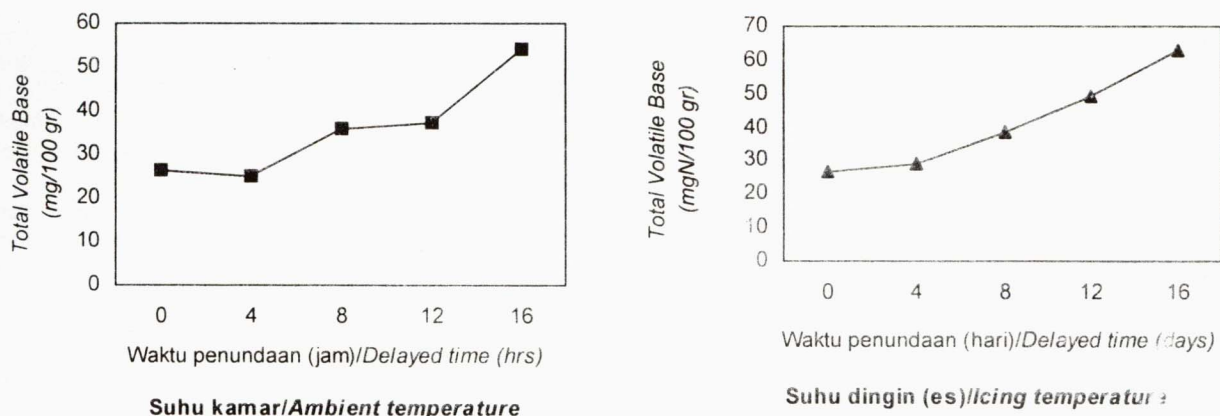
hanya meningkat menjadi  $8,7 \times 10^4$  koloni/g pada hari ke-8. Jika dibandingkan dengan kandungan histamin, jumlah bakteri pembentuk histamin berkorelasi dengan kandungan histamin pada ikan. Meskipun bakteri pembentuk histamin berperan dalam pembentukan histamin, namun jumlah histamin tidak selalu berkorelasi dengan jumlah bakteri (Bennour, 1991; Fletcher *et al.*, 1995).

Bakteri pembentuk histamin kebanyakan dari famili *enterobacteriaceae* yang jenisnya sangat banyak, namun yang paling berperan dalam mendekarboksilasi histidin adalah *Morganella morganii*, *Hafnia alvei* dan *Klebsiella pneumonia* (Sally *et al.*, 1980). Mengingat suhu optimum bakteri pembentuk histamin adalah 20-25°C (Masayo, *et al.*, 1981) maka perlakuan penundaan pada suhu rendah (es) efektif untuk menekan pertumbuhan bakteri tersebut. Pada penelitian ini jumlah bakteri pada hari ke-16 perlakuan dengan es tidak diamati karena mutu ikan secara organoleptik sudah ditolak panelis.

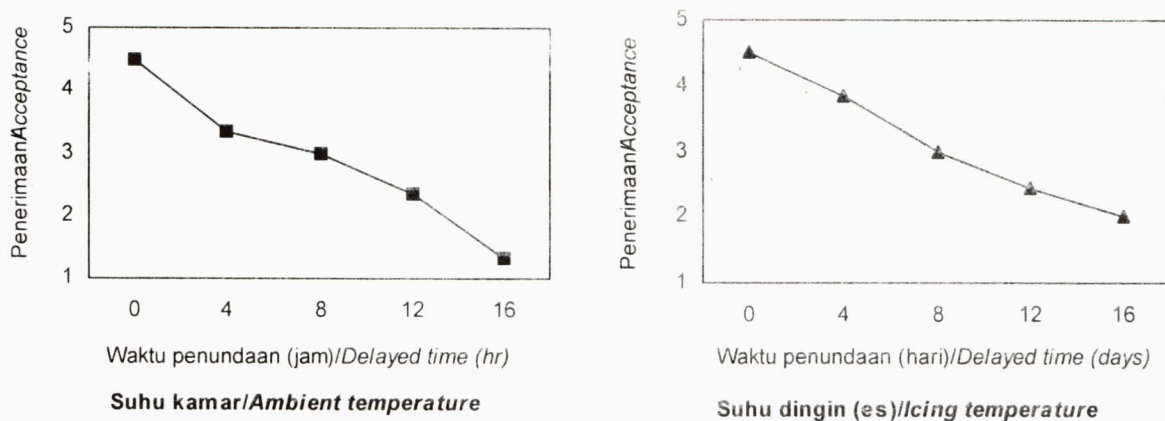
Ababouch *et al.* (1992) pernah melakukan isolasi bakteri dari ikan sardin. Dari 568 isolat yang diperoleh, 55 di antaranya adalah bakteri pembentuk histamin dari jenis *enterobacteriaceae*. *Proteus spp* merupakan spesies yang dominan diikuti dengan *Providencia stuartis*, *Morganella morganii* serta 4 isolat yang belum diketahui. Kondisi optimum bagi pertumbuhan bakteri tersebut adalah pH 5 dengan suhu 25°C. Di samping penurunan suhu hingga 4°C, penambahan 2% NaCl efektif untuk menekan 3 strain *Proteus spp*.

Perlakuan penundaan pada suhu kamar maupun dalam es berpengaruh nyata ( $p=0,05$ ) terhadap kandungan TVB ikan (Gambar 4). Pada suhu kamar TVB meningkat dari 26,4 mgN/100 g menjadi 54,3 mgN/100 g selama 16 jam penyimpanan. Sementara pada perlakuan dengan es meningkat hingga 62,7 mgN/100 g selama 16 hari penyimpanan. Pada perlakuan suhu kamar, peningkatan kandungan TVB berkorelasi dengan peningkatan kandungan histamin, tetapi pada perlakuan dengan es tidak demikian. Meskipun kandungan histamin relatif stabil, kandungan TVB mengalami peningkatan seperti pada perlakuan suhu kamar. Peningkatan kandungan TVB berkaitan dengan proses autolisis enzimatik serta aktivitas bakteri, terutama bakteri halofilik (Hernandez-Herrero *et al.*, 1999). Meskipun perlakuan suhu rendah dapat menekan aktivitas bakteri, namun beberapa jenis bakteri psikrofilik kemungkinan masih berkembang dengan baik dan berperan dalam peningkatan kandungan TVB.

Pengaruh perlakuan penundaan terhadap penerimaan panelis terlihat pada Gambar 5. Nilai organoleptik ikan semakin menurun dengan perlakuan penundaan. Pada suhu kamar mutu ikan mulai ditolak pada jam ke-12 dimana pada parameter mata terlihat



Gambar 4. Perubahan kadar TVB ikan lisong selama penundaan pengolahan.  
 Figure 4. The changes of TVB content of slimy mackerel during delayed processing.



Gambar 5. Penerimaan panelis terhadap ikan lisong selama perlakuan penundaan.  
 Figure 5. Panelist acceptance on treated slimy mackerel during delayed processing.

cekung, kornea keruh dan warna kusam. Sementara itu insang sudah pucat dengan filamen jarang serta pada lapisan epidermis/kulit lendir mulai banyak. Pada perlakuan dengan es, panelis menolak ikan pada hari ke-10 yang ditandai dengan dinding perut mudah sobek dan duri menonjol. Sementara itu sayatan otot tidak elastis dengan lapisan mudah lepas serta insang sudah pucat dengan filamen yang tidak kompak lagi.

Kecenderungan perubahan nilai organoleptik terlihat berkorelasi negatif dengan nilai TVB baik pada perlakuan suhu kamar maupun perlakuan dengan es. Semakin tinggi nilai TVB maka penilaian panelis terhadap organoleptik ikan semakin menurun. Berdasarkan nilai TVB, ikan sebenarnya sudah tidak segar pada jam ke-8 suhu kamar dan pada hari ke-8 dengan penyimpanan es karena nilai TVB sudah di atas batas kesegaran ikan yaitu 30 mgN/100g (Sikorski *et al.*, 1990). Berdasarkan kandungan histamin ikan sudah tidak aman pada penundaan

selama 4 jam pada suhu kamar dan 8 hari pada penyimpanan dengan es. Dengan demikian terlihat bahwa meskipun kadar TVB dan kadar histamin pada ikan sudah melewati ambang batas yang diperbolehkan, tetapi secara organoleptik umumnya kondisi ikan tersebut masih bisa diterima oleh panelis. Oleh karena itu untuk menghindari terjadinya keracunan histamin pada produk perikanan, parameter organoleptik kesegaran ikan saja tidak cukup untuk dijadikan tolok ukur untuk menentukan aman tidaknya produk perikanan tersebut, sehingga pengamatan kimiawi mutlak diperlukan.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan parameter yang diamati, ikan yang diteliti umumnya masih layak untuk dikonsumsi hingga jam ke-8 pada penundaan suhu kamar. Sedangkan pada perlakuan suhu dingin (es) pada hari ke-8.

Penyimpanan pada suhu kamar berpengaruh nyata terhadap peningkatan kandungan histamin, tetapi pada perlakuan dengan es tidak. Berdasarkan kandungan histamin, ikan yang diteliti masih berada di bawah batas aman untuk dikonsumsi sampai dengan 4 jam penyimpanan suhu kamar dan 8 hari dengan es. Namun demikian ikan yang digunakan pada penelitian ini kandungan histamin awalnya sudah agak tinggi (> 50 mg/100g).

Pertumbuhan bakteri pembentuk histamin umumnya berkorelasi dengan kandungan histamin ikan. Pada suhu kamar pertumbuhan bakteri pembentuk histamin sangat cepat sedangkan pada perlakuan suhu dingin (es) relatif stabil hingga akhir pengamatan selama 16 jam.

Perlakuan penundaan pada suhu kamar maupun dengan es berpengaruh nyata terhadap kandungan TVB ikan. Berdasarkan kandungan TVB ikan yang disimpan pada suhu kamar sudah tidak layak untuk dikonsumsi pada jam ke-8 serta hari ke-8 pada perlakuan dengan suhu dingin.

Pada perlakuan suhu kamar panelis menolak mutu ikan pada jam ke-12, sedangkan pada perlakuan dengan es panelis menolak mutu ikan pada hari ke-10.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ababouch, L. 1991. Histamine food poisoning : An update. *Fish Tech. News*, 11:3-5.
- Ababouch, L., Afilal, M.E, Rhafiri, S., Busta, FF. 1992. Identification of histamine-producing bacteria isolated from sardine (*Scomber pilchards*) stored in ice & ambient temperature. *J. Microbiol.* 8(2):127-136.
- Anggawati, A.M., Fawzya, Y.N. dan Putro, S. 1984. Studies on histamine contents of cured fishery product. *Laporan Penelitian Teknologi Perikanan* 33:29-32
- Anonim. 2000. Sembilan Warga Tewas Keracunan. *Tempo Interaktif*, 28 September 2000. [www.tempointeraktif.com](http://www.tempointeraktif.com)
- AOAC. 1980. *Official Methods of Analysis*, 13<sup>th</sup> ed. Association Official of Analytical Chemist. Washington DC. 1018pp.
- Bennour, M., Marrakchi, A.E., Bouchriti, N., Hamama, A. and Ouadaa, M.E. 1991. Chemical and microbiological assessments of mackerel (*Scomber scombrus*) stored in ice. *J. Food Prot.* 54:789-792.
- Clifford, M.N, Walker, R. Hardy, R., and Murry, C.K. 1989. Studies with volunteers on the role of histamine in suspected scombrototoxicosis. *J. Sci. Food & Agric.* 47:365-375.
- Clifford, M.N, Walker, R., Wright, J., Ijomah, P., Hardy, R., Murry, C.K. and Rainsford, K.D. 1991. Evidence of histamine being the causative toxin in scombroid-fish poisoning. *New England J. Med.* 325:515-516.
- Eitenmiller, R.R., Orr, J.H. and Wallis, W.W. 1982. Histamine formation in fish: Microbiological and biochemical conditions. In Martin, R.E., Flick, G.J., Hebard, C.E. and Ward, D.R. (Eds.). *Chemistry and Biochemistry of Marine Food Products*. AVI Publishing Co. Connecticut, p. 39-50.
- Fletcher, G.C., Summers, G., Winchester, R.V. and Wong R.J. 1995. Histamine and histidine in New Zealand marine fish and shellfish species, particularly kahawi (*Arripis trutta*). *J. Aqua. Food. Prod. Technol.* 4(2):53-74.
- Fujii, T., Kurihara, K. and Okuzumi, M. 1994. Viability and histidine decarboxylase activity of halophilic histamine-formation bacteria during frozen storage *J. Food Prot.* 57(7.):611-613.
- Haaland, H., Arnesen, E. and Njaa, L.R. 1990. Amino acid composition of whole mackerel (*Scomber scombrus*) stored anaerobically at 20°C and at 2°C. *Int. J. Food. Sci. Technol.* 25:82-87.
- Hardy, R. and Smith, J.G.M. 1976. The storage of mackerel (*Scomber scombrus*). Development of histamine & rancidity. *J. Sci. Food.* 27:595-599.
- Hernandez-Herrero, M.M., Roig-Sagues, A.X., Lopez-Sabater, E.I., Rodriguez-Jerez, J.J. and Mora-Ventura, M.T. 1999. Total volatile bases nitrogen and other physico-chemical and microbiological characteristics as related to ripening of salted-anchovies. *J. Food Sci.* 64(2):344-347.
- Kim, S.H, An, H. and Price, R.J. 1999. Histamine formation and bacterial spoilage of albacore harvested of the U.S. Northwest Coast. *J. Food Sci.* 64 (2): 340-343.
- Kongpun, O. and Suwonsakornkul, P. 2000. Histamine formation during salting of spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*). *J. Aqua. Food Prod. Technol.* 9(1):21-30.
- Masayo, O., Shozo, O. and Masaishi. 1981. Isolated of psychrophilic histamine forming bacteria from *Scomber japonicus*. *Bul. Jap. Soc. Sci. Fish.* 47(12):1591-1598.
- Niven, C.F., Jeffrey, M.B. and Corlett, D.A. 1981. Differential plating medium for quantitative detection of histamine-producing bacteria. *J. Appl. Environ. Microbiol.* 41:321-322
- Ozogul, F., Polat, A. and Ozogul, Y. 2004. The effect of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardines (*Sardinella pilchardus*). *J. Food Chem.* 85(1):49-57.
- Price, R.J., Melvin, E.F. and Bell, J.W. 1991. Postmortem changes in chilled round bled and dressed albacore. *J. Food Sci.* 35:318-321.
- Rawles, D.D, Flick G.J. and Martin. 1996. Biogenic amines in fish shellfish. *Adv. Food. Nutr. Res.* 39:329-364.
- Sally, H.A., Price, R.S. and Brown, W. 1980. Histamine formation by bacteria isolated from skipjack tuna. *Bul. Jap. Soc. Sci. Fish.* 46(8):991-995.
- Sarnianto, P., Irianto, H.E. dan Putro, S. 1984. Studies on the histamine contents of fermented fishery products. *Laporan Penelitian Teknologi Perikanan* 32:35-39.

- Sikorski, Z.E., Kolakowska, A. and Burt, J.R. 1990. Postharvest biochem and microbial changes. In Sikorski, Z.E (Ed). *Seafood: Resource, Nutrition Composition and Preservation*. CRC Press Inc. Boca Reton, Fl. p.55-75.
- Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1989. *Prinsip dan Prosedur Statistika*, 2<sup>nd</sup> ed. PT. Gramedia, Jakarta. 748 pp.
- Supraptini. 2000. Penelitian tentang cara pengolahan ikan (tongkol, udang, kembung) yang aman untuk kesehatan. *Tempo Interaktif*, 28 September 2000. [www.tempointeraktif.com](http://www.tempointeraktif.com)
- Taylor, S.L. 1986. *Histamine Poisoning Associated With Fish, Cheese and Other Foods*. World Health Organization. VPH/FOS/85.1
- Wonggo, J. 1995. *Pengaruh Perendaman Filet Ikan dalam Air Kelapa Terhadap Kandungan Histamin*. Tesis. Program pascasarjana. KPK IPB-UNSRAT. 64 pp.
- Yoguchi, R., Okuzumi, M. and Fujii, T. 1990. Seasonal variation in number of halophilic histamine-formation bacteria on marine fish. *Bul. Jap. Soc. Sci. Fish.* 56(9) 1473-1479.