

PEMBENTUKAN FORMALDEHID PADA IKAN KERAPU MACAN (*Ephinephelus fuscoguttatus*) SELAMA PENYIMPANAN SUHU DINGIN

Novalia Rachmawati, Rudi Riyanto dan Farida Ariyani¹⁾

ABSTRAK

Penelitian pembentukan formaldehid pada proses pembusukan ikan telah dilakukan untuk mengetahui proses pembentukan formaldehid secara alami dari ikan yang disimpan pada suhu dingin. Dalam penelitian ini, ikan kerapu (*Ephinephelus fuscoguttatus*) dalam keadaan hidup dimatikan dengan cara *shock* suhu dingin (*hypothermia*) selama 30–60 menit atau sampai ikan mati. Kemudian ikan disimpan pada suhu 0–4°C menggunakan es curai dan diamati setiap 2 hari sekali. Pengamatan dilakukan terhadap kadar formaldehid yang terbentuk, serta parameter lain seperti *Total Volatile Base* (TVB), kadar air dan mutu organoleptik. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa formaldehid mulai terbentuk pada hari ke-10 penyimpanan, sebesar 0,62 ppm, selanjutnya mengalami penurunan sampai akhir penyimpanan. Berdasarkan nilai TVB, ikan sudah tidak layak untuk dikonsumsi sejak hari ke-10 penyimpanan dengan nilai TVB sebesar 49,77 mgN%, sedangkan berdasarkan hasil uji organoleptik, ikan ditolak oleh panelis setelah hari ke-12 penyimpanan. Formaldehid pada kadar yang tidak terlalu tinggi (0,4–0,6 ppm) yang terdeteksi pada ikan kerapu macan yang telah mengalami deteriorasi selama penyimpanan dalam es, diperkirakan terbentuk secara alami sebagai hasil dari proses pembusukan.

ABSTRACT : *Formaldehyde formation on grouper fish (Ephinephelus fuscoguttatus) during storage in ice. By: Novalia Rachmawati, Rudi Riyanto and Farida Ariyani*

Research on formaldehyde formation of spoiling fish has been carried out to determine formation of formaldehyde occurred during storage in ice. In this research, live groupers (Ephinephelus fuscoguttatus) were killed using hypothermal process for 30-60 min. or until the fish dead, then stored in crushed ice (0-4°C). Formaldehyde content, water content, Total Volatile Base (TVB) value and organoleptic scores were determined every two days. The results showed that formaldehyde was formed after 10 days of storage at concentration of 0.62 ppm then decreased at the end of storage. Based on TVB value, fish could not be consumed since 10th day of storage where TVB value was 49.77mgN%. Results of organoleptical assesment showed that fish was rejected by panelist at 12 days of storage. The low concentration of formaldehyde (0.4-0.6 ppm) detected on deteriorated grouper stored in ice was presumably ocured naturally as a result of spoilage process.

KEYWORDS: *formaldehyde, grouper (Ephinephelus fuscoguttatus), ice storage*

PENDAHULUAN

Formaldehid atau dikenal sebagai *methanal/methylaldehyde/methylenel glycol*, pada suhu kamar berbentuk gas, berbau sangat menyengat, sangat reaktif dan sangat mudah terpolimerisasi, mudah larut dalam air, alkohol dan solven polar lain. Formaldehid murni tidak tersedia di pasaran, tetapi dijual dalam bentuk padat sebagai *trioxane* atau dalam bentuk cair dengan konsentrasi 37% yang biasanya ditambah dengan metanol atau alkohol lain sebagai penstabil. Formaldehid cair ini yang biasa dikenal sebagai formalin (Anon., 2001).

Beberapa tahun terakhir ini, formalin sengaja ditambahkan pada proses pengolahan maupun distribusi produk pangan, termasuk produk perikanan, untuk tujuan mempertahankan tingkat kesegaran produk dalam waktu yang lama. Kasus

penyalahgunaan pemakaian formalin seperti ini sampai saat ini masih banyak terjadi di berbagai daerah di Indonesia (Heruwati *et al.*, 2005; Anon., 2006; Heruwati *et al.*, 2006; Wisnuaji & Rahman, 2006). Karena adanya kasus-kasus tersebut, maka residu formalin kini dijadikan salah satu parameter keamanan produk perikanan.

Pada kenyataannya, keberadaan formaldehid pada ikan tidak selalu karena penambahan dengan sengaja, tetapi dapat berada pada daging ikan sebagai hasil proses deteriorasi. Dalam jumlah kecil, formaldehid kadang terdapat secara alami pada berbagai produk makanan termasuk ikan (Anon., 2001). Dari penelitian Riyanto *et al.* (2006), diketahui bahwa pada ikan kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) yang dibiarkan mengalami pembusukan pada suhu kamar menghasilkan formaldehid secara alami sampai kisaran konsentrasi 2,40–3,02 ppm selama rentang

¹⁾ Peneliti pada Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan

20 jam penyimpanan. Selain pada penyimpanan suhu kamar, menurut Huss (1995) pada penyimpanan beku formaldehid juga terbentuk pada proses deteriorasi ikan.

Penurunan kualitas produk perikanan dapat terjadi secara cepat yang disebabkan faktor kimia, fisika dan biologis (proses enzimatis) yang mempengaruhi empat senyawa utama pada kebanyakan ikan (atau *seafood*) yaitu protein, lemak, karbohidrat dan air. Beberapa senyawa seperti *trimethylamine* (TMA), *dimethylamine* (DMA), formaldehid, asam-asam amino bebas, basa volatil nitrogen termasuk amonia, dan histamin yang merupakan hasil degradasi senyawa utama tersebut berperan dalam penurunan kualitas ikan (Hammond, 2004). Proses deteriorasi ikan oleh bakteri sendiri menyebabkan terbentuknya berbagai senyawa hasil penguraian protein, asam amino dan lemak, dan beberapa jenis aldehid termasuk formaldehid.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pembentukan formaldehid dan jumlah yang terbentuk secara alami selama proses pembusukan ikan yang disimpan pada suhu dingin. Informasi ini nantinya diharapkan dapat dijadikan sebagai referensi mutu produk ikan yang disimpan pada suhu dingin. Di samping itu, informasi ini juga diharapkan dapat berguna bagi para pengambil kebijakan dalam menentukan apakah formaldehid yang terdeteksi pada produk ikan berasal dari formaldehid yang sengaja ditambahkan secara *illegal* atau dari proses pembusukan yang terjadi secara alami pada ikan.

BAHAN DAN METODE

Pada penelitian ini digunakan ikan kerapu macan (*Ephinephelus fuscoguttatus*) hidup yang dimatikan dengan metode pengesan (*hypothermia*). Ikan kerapu ini diperoleh dari hasil budidaya di Balai Budidaya Laut Lampung dan telah dipuasakan terlebih dahulu selama 3 hari yang bertujuan untuk mengurangi tingkat metabolisme dan pergerakan ikan.

Ikan dibawa ke Laboratorium Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi (BBRP2B) Kelautan dan Perikanan Jakarta dengan menggunakan teknik transportasi basah. Ikan tersebut dimasukkan ke dalam kantong plastik yang berisi air dan oksigen, kemudian dipak ke dalam *styrofoam* dan dibawa ke Laboratorium BBRP2B. Selanjutnya ikan dimatikan dengan cara pengesan, yaitu ikan dimasukkan ke dalam bak *fiber glass* yang telah berisi air es dan dibiarkan sampai ikan mati (30–60 menit); setelah itu ikan disimpan dalam *cool box* yang berisi es curai dengan perbandingan ikan dan es 1:1 (b/b) dan dilakukan pengamatan setiap 2 hari. Pengamatan kadar formaldehid yang terbentuk dilakukan dengan

menggunakan alat *spektrofotometer* (Siang, 1992). Parameter lain yang diamati adalah kadar air dan *Total Volatile Base* (TVB) sesuai standar AOAC (AOAC, 1999) serta penilaian organoleptis terhadap mata, insang, epidermis/tekstur, dinding perut, sayatan otot dan bau dengan skala penilaian 1-5 (terlampir).

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal dengan 3 kali ulangan. Analisis data dilakukan menggunakan analisis varian (ANOVA). Apabila terdapat perbedaan nyata, analisis dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (LSD) (Stell & Torrie, 1989).

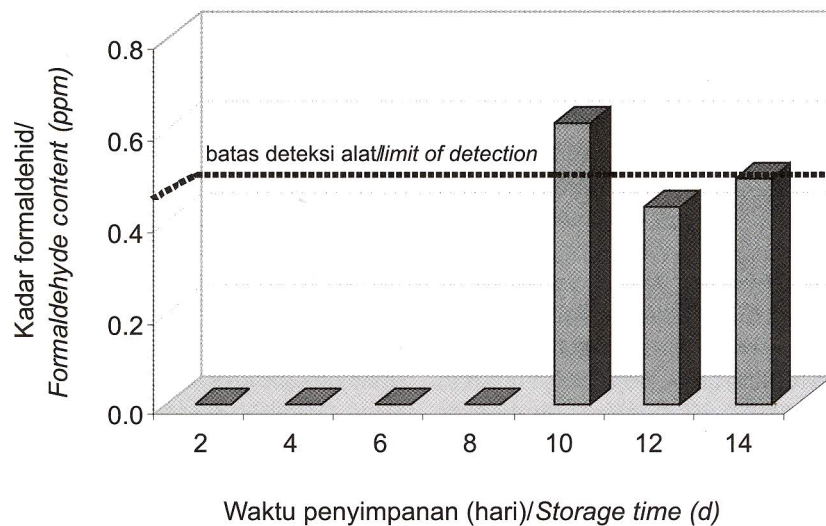
HASIL DAN BAHASAN

Kadar Formaldehid

Dari hasil pengamatan kadar formaldehid secara kuantitatif didapatkan bahwa sampai dengan 8 hari penyimpanan pada suhu dingin, kadar formaldehid masih jauh di bawah 0,43 ppm sebagai batas/limit deteksi alat spektrofotometer di BBRP2B. Formaldehid mulai terbentuk dan naik drastis pada hari ke-10 penyimpanan yaitu sebesar 0,62 ppm (Gambar 1) tetapi menurun pada hari ke-12 penyimpanan, meskipun penurunan kandungan formaldehid tidak signifikan ($p < 0,05$). Pada tahap awal proses deteriorasi ikan, terjadi pemecahan TMAO menjadi TMA, atau menjadi TMA dan FA (formaldehid), tergantung pada jenis enzim dan bakteri. Pemecahan TMAO menjadi DMA dan FA terjadi karena adanya enzim *Trimethylamine Oxide Dimethylase* atau TMAase (Oehlenschlager dalam Ozogul & Ozogul, 2000). Pada tahap ini, DMA dan formaldehid yang dihasilkan sangat kecil karena pada dasarnya proses pembusukan yang menghasilkan senyawa-senyawa berbau busuk belum terjadi, meskipun telah terjadi pemecahan protein menjadi senyawa-senyawa dengan berat molekul yang lebih pendek. Hal tersebut menjadi dasar yang menjelaskan bahwa sampai pengamatan hari ke-8 formaldehid yang terbentuk masih di bawah limit deteksi alat.

Apabila terjadi penetrasi oksigen ke dalam tubuh ikan karena adanya aktivitas bakteri, enzim TMAase tersebut dihambat dan peran bakteri menjadi lebih dominan dalam deteriorasi lebih lanjut yang mengarah pada pembusukan. Pada tahap ini terjadi pemecahan protein lebih lanjut sehingga dihasilkan amin sekunder dan formaldehid. Fenomena ini menjelaskan terjadinya kenaikan kadar formaldehid pada penyimpanan 10 hari (Gambar 1).

Terjadinya penurunan formaldehid pada akhir penyimpanan kemungkinan disebabkan karena formaldehid terurai menjadi senyawa lain atau



Gambar 1. Kadar formaldehid selama penyimpanan ikan kerapu pada suhu dingin
 Figure 1. Formaldehyde content of grouper during storage in ice

formaldehid yang terbentuk bereaksi (berikatan dengan senyawa lain ataupun terpolimerisasi) membentuk senyawa baru karena formaldehid bersifat sangat reaktif, mudah berikatan dengan senyawa lain dan mudah terpolimerisasi (Ozogul & Ozogul, 2000). Reaktivitas formaldehid juga dinyatakan oleh Huss (1995) yang mengatakan bahwa sebagian besar formaldehid yang terbentuk akan terikat pada jaringan sehingga sulit terekstrak dan sulit untuk dapat dihitung tepat secara kuantitatif.

Menurut Oehlenschlager, pola pembentukan DMA hasil degradasi TMAO bermacam-macam tergantung kepada jenis ikan. Pada ikan *haddock* yang disimpan dalam es, terjadi kenaikan DMA secara perlahan sampai dengan hari ke-6, kemudian berhenti pada hari ke-7 dan terjadi kenaikan berfluktuasi pada penyimpanan selanjutnya. Sedangkan pada ikan *cod* yang disimpan dalam es, perkembangan kenaikan DMA linier dari awal sampai akhir penyimpanan selama 20 hari (Oehlenschlager dalam Ozogul & Ozogul, 2000). Karena formaldehid merupakan hasil samping degradasi TMAO menjadi DMA, maka kemungkinan pola pembentukannya juga kurang lebih sama dengan DMA. Pada penelitian ini terlihat bahwa pola pembentukan formaldehid cenderung sejalan dengan pola pembentukan DMA pada ikan *haddock* tetapi berlawanan dengan ikan *cod*.

Apabila dibandingkan dengan proses deteriorasi jenis ikan yang sama pada suhu kamar, kadar formaldehid yang terbentuk selama penyimpanan pada suhu dingin pada penelitian ini lebih kecil. Pada penyimpanan suhu kamar (Riyanto *et al.*, 2006), saat ikan kerapu yang disimpan selama 20 jam dinyatakan busuk, kadar formaldehid yang terdeteksi mencapai

3,00 ppm, sedangkan pada penelitian ini, selama penyimpanan suhu dingin formaldehid yang terbentuk hanya mencapai 0,43 ppm pada 12 hari penyimpanan. Hal ini menunjukkan bahwa selama penyimpanan pada suhu dingin aktivitas enzim pemecah TMA menjadi DMA dan FA maupun bakteri pembusuk tetap berjalan meskipun laju aktivitasnya lebih kecil dibandingkan jika disimpan pada suhu kamar.

Jumlah formaldehid yang terbentuk secara alami pada ikan beragam tergantung pada kondisi penanganan, pengolahan dan penyimpanan. Yasuhara & Shibamoto dalam Anon. (2001), memberikan kisaran konsentrasi formaldehid pada ikan sekitar 10–20 ppm sebagai batas ikan tidak layak untuk dikonsumsi. Sementara *International Programme on Chemical Safety (IPCS) dalam Hammond (2004)* memberikan batas konsentrasi formaldehid 2,6 ppm sebagai konsentrasi maksimum formaldehid yang diperbolehkan pada bahan makanan untuk konsumsi manusia.

Kadar TVB

Berlainan dengan DMA dan formaldehid, pembentukan TVB pada ikan selama penyimpanan cenderung mengalami kenaikan dengan bertambahnya waktu penyimpanan. Hal ini disebabkan karena TVB merupakan senyawa hasil degradasi protein, terutama yang terdiri atas amonia, *trimethylamine* (TMA) dan *dimethylamine* (DMA) karena aktivitas enzim maupun bakteri pembusuk. Meskipun proses autolisis telah selesai, degradasi protein tetap berlangsung yang dilanjutkan dengan proses deteriorasi oleh bakteri sehingga nilai TVB menjadi semakin meningkat dengan semakin lamanya waktu penyimpanan sampai

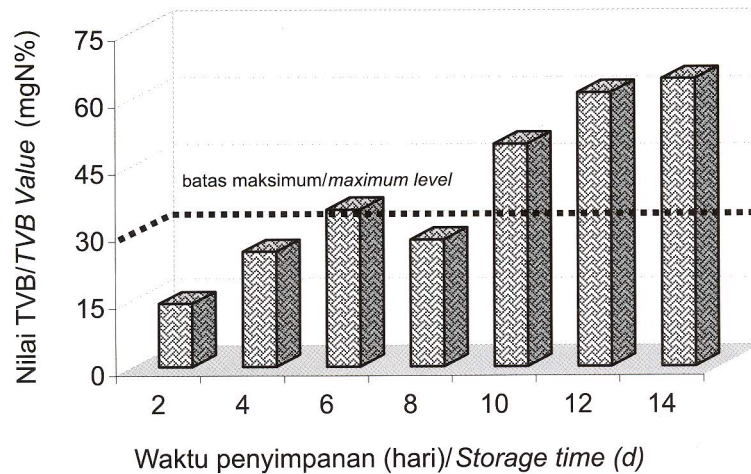
terjadi proses pembusukan (Ozogul & Ozogul, 2000; Gonzalez-Rodriquez *et al.*, 2001).

Pada kebanyakan ikan segar, nilai TVB 30 mgN% merupakan nilai batas kelayakan ikan untuk dikonsumsi karena ikan mulai mengalami proses pembusukan akan tetapi nilai ini juga dipengaruhi oleh jenis/spesies ikan (Huss, 1988; Sirkorski *et al.*, 1990; Oehlenschlager *dalam* Ozogul & Ozogul, 2000). Berdasarkan standar tersebut, maka ikan kerapu seharusnya sudah tidak layak dikonsumsi sejak hari ke-6 penyimpanan yang pada saat itu nilai TVB telah mencapai 35,05 mgN% dan pada akhir penyimpanan bahkan telah mencapai 64,29 mgN% (Gambar 2). Meskipun demikian, dari hasil analisis statistik yang dilakukan, nilai TVB pada hari ke-4 dengan hari ke-6 dan ke-8 tidak berbeda nyata ($p < 0,05$); sehingga

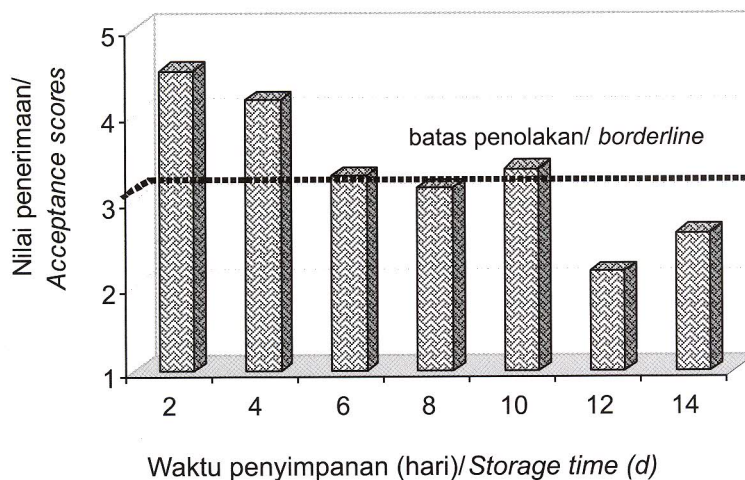
kenaikan yang terjadi pada pengamatan hari ke-6 tidak dapat dijadikan sebagai patokan nilai yang sebenarnya. Dengan demikian ikan yang dinyatakan tidak layak dikonsumsi berdasarkan pada nilai maksimum TVB terjadi setelah penyimpanan 8 hari (Gambar 2).

Penilaian Organoleptis

Penilaian organoleptis dilakukan terhadap parameter mata, insang, epidermis/tekstur, dinding perut, sayatan otot dan bau dengan skala 1-5. Hasil penilaian panelis terhadap mutu hedonik ikan kerapu yang disimpan pada suhu dingin dapat dilihat pada Gambar 3. Apabila didasarkan pada nilai 3 sebagai nilai batas penolakan, ikan ditolak pada hari ke-12 penyimpanan, pada saat mata terlihat cekung, kornea



Gambar 2. Kadar TVB ikan kerapu yang disimpan pada suhu dingin.
Figure 2. TVB content of grouper during storage in ice.



Gambar 3. Penerimaan panelis terhadap ikan kerapu yang disimpan pada suhu dingin
Figure 3. Panelist acceptance on grouper during storage in ice

keruh dan pupil kusam. Di samping itu insang telah berwarna pucat, filamen jarang dan berlendir tebal, epidermis mengalami diskolorasi dan terdapat lendir yang tebal. Dinding perut juga berubah warna dan mudah sobek, sedangkan sayatan otot sudah tidak elastis dan secara keseluruhan ikan berbau menusuk.

Pada penyimpanan hari ke-10, pada saat ikan kerapu dinyatakan tidak layak konsumsi berdasarkan nilai TVB karena melebihi batas maksimum (>30 mgN%) dan kadar formaldehid yang terdeteksi mencapai nilai tertinggi (0,62 ppm), panelis menilai ikan masih layak dikonsumsi dan belum ditolak. Terdapat perbedaan pada perubahan fisik ikan yang disimpan pada suhu kamar dan suhu dingin. Pada ikan yang disimpan pada suhu kamar, deteriorasi tahap awal terlihat jelas pada tekstur/epidermis yang cepat menjadi lembek dan berlendir serta bau dan lendir pada insang (Bremner *et al.*, 1985), sedangkan pada penelitian ini, perubahan yang terjadi secara cepat pada ikan yang disimpan pada suhu dingin adalah mata yang terlihat cekung dan berkabut yang diikuti perkembangan bau dan warna insang, sedangkan perubahan pada tekstur/epidermis maupun bau dan lendir lebih lambat. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh terjadinya *leaching* terutama apabila ikan disimpan dengan menggunakan es yang akan melarutkan komponen bau dan lendir pada ikan sehingga ikan terlihat masih bagus. Fenomena ini yang menyebabkan penilaian panelis masih cukup tinggi pada hari ke-10 penyimpanan ikan kerapu pada suhu dingin sementara nilai TVB sudah melewati batas maksimum.

Proses pembusukan tahap awal yang terjadi pada ikan merupakan proses autolisis secara enzimatik. Hal ini menyebabkan secara fisik ikan mengalami

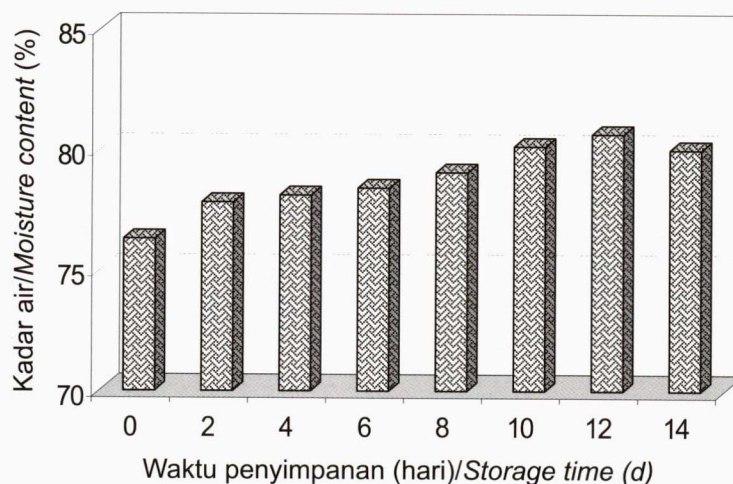
perubahan bau menjadi netral akan tetapi teksturnya masih bagus. Sedangkan pada tahap selanjutnya ikan mengalami proses pembusukan yang disebabkan oleh kerja bakteri. Pada tahap ini secara fisik ikan mulai berbau busuk dan teksturnya mengalami perubahan yang signifikan (Shawyer & Pizzali, 2003). Pada penyimpanan hari ke-12 proses pembusukan ikan oleh bakteri kemungkinan mulai terjadi yang menyebabkan ikan ditolak oleh panelis.

Kadar Air

Kadar air ikan selama penyimpanan adalah sebesar 77,84–80,67% (Gambar 4). Kenaikan kadar air pada ikan berjalan seiring dengan terjadinya proses deteriorasi. Pada ikan yang disimpan pada suhu dingin, kemampuan otot dalam menahan air dalam jaringan akan menurun sehingga air mudah terlepas dari jaringan. Menurut Cepeda *et al.* (1990) dalam Hultmann & Rustad (2002), penurunan kemampuan otot ini diawali dengan terjadinya proses hidrolisis berbagai macam protein dalam jaringan oleh enzim protease yang pada akhirnya menyebabkan tekstur ikan pada akhir penyimpanan menjadi lebih lembek atau tidak elastis.

Korelasi Kadar Formaldehid, Nilai TVB dan Nilai Penerimaan

Dilihat dari aspek kondisi ikan dalam kaitannya dengan kadar formaldehid yang terbentuk pada ikan kerapu macan yang disimpan dalam es, terlihat bahwa pada kondisi ikan yang sudah tidak layak konsumsi berdasarkan nilai batas TVB yakni pada hari ke-10, formaldehid yang terdeteksi mencapai kadar maksimum yaitu 0,62 ppm, tetapi secara fisik ikan masih diterima oleh panelis (Gambar 5).



Gambar 4. Kadar air kerapu yang disimpan pada suhu dingin.
Figure 4. Moisture content of grouper during storage in ice.

Sementara pada kondisi ikan yang telah busuk dan ditolak panelis yang terjadi pada penyimpanan 12 hari, kadar formaldehid sedikit menurun menjadi 0,43 ppm atau dapat dikatakan cenderung konstan karena penurunan tersebut tidak signifikan (Gambar 5).

Dari hasil korelasi antara kadar formaldehid, nilai TVB dan nilai penerimaan, maka dapat dikatakan bahwa pada penyimpanan ikan kerapu macan pada suhu dingin (dies), terbentuk formaldehid pada tahap awal deteriorasi sebelum ikan mencapai kondisi busuk (ditolak panelis) dengan kadar maksimum 0,62 ppm. Kadar formaldehid ini dapat dikatakan cukup rendah apabila dibandingkan dengan kadar formaldehid pada ikan-ikan yang ditemukan di lapangan yang diyakini melakukan penambahan formalin secara sengaja, (yang pada umumnya mencapai lebih dari 2 ppm). Sedangkan berdasarkan penelitian sebelumnya, perendaman ikan dalam formalin pada konsentrasi 0,2% selama 4 jam, menghasilkan residu formalin pada ikan sebesar 3–4 ppm (Heruwati *et al.*, 2005).

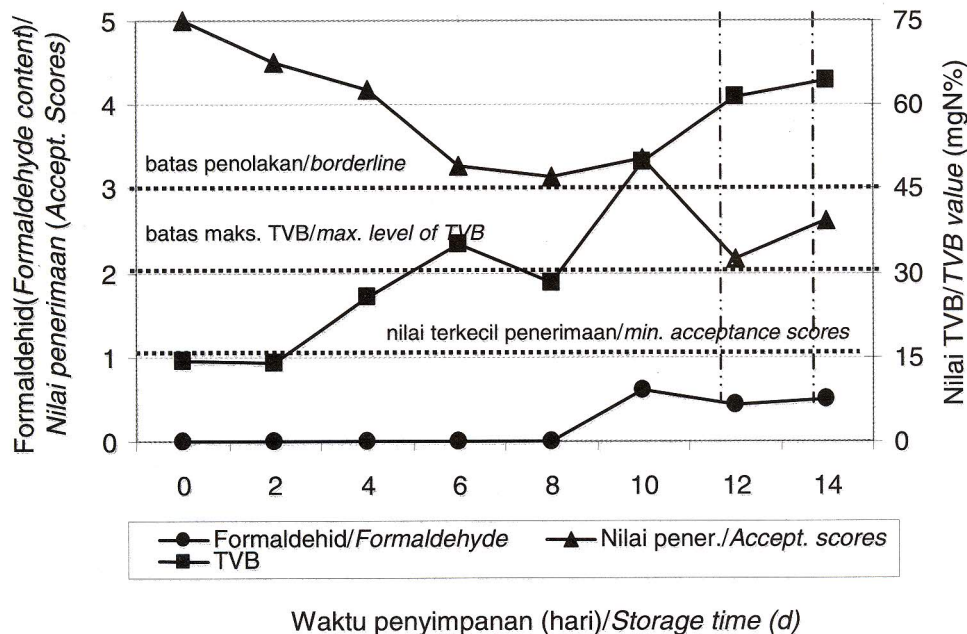
Formaldehid bukan merupakan bahan tambahan makanan dan dilarang penggunaannya dalam makanan sebagaimana tertuang dalam peraturan Menteri Kesehatan No X tahun 1999, sehingga adanya residu formaldehid pada makanan seringkali dijadikan indikator terjadinya penyalahgunaan formaldehid atau formalin. Namun demikian penelitian ini membuktikan bahwa formaldehid yang terdeteksi pada ikan dapat terbentuk secara alami selama proses pembusukan,

jadi tidak selalu berasal dari penambahan secara sengaja. Dengan demikian apabila di lapangan ditemukan ikan kerapu macan yang telah mengalami deteriorasi dan mengandung formaldehid yang tidak terlalu tinggi (0,4–0,6 ppm), ada kemungkinan telah terjadi pembentukan formaldehid secara alami sebagai akibat proses deteriorasi yang terjadi selama penyimpanan dan distribusi. Akan tetapi bila kondisi ikan belum mengalami deteriorasi lanjut namun mengandung formaldehid dengan kadar tinggi, maka perlu diwaspadai adanya kemungkinan terjadi penambahan formaldehid (dalam bentuk formalin) secara sengaja.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang diperoleh, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut,

1. Formaldehid terbentuk secara alami pada ikan kerapu macan selama penyimpanan suhu dingin sampai konsentrasi tertinggi 0,62 ppm yaitu pada penyimpanan hari ke-10 pada saat nilai TVB ikan mencapai 49,77 mgN%;
2. Pada ikan kerapu macan yang telah mengalami deteriorasi awal maupun lanjut dan mengandung formaldehid yang tidak terlalu tinggi (0,4–0,6 ppm), kemungkinan telah terjadi pembentukan formaldehid secara alami sebagai akibat proses deteriorasi yang terjadi selama penyimpanan dan distribusi;



Gambar 5. Hubungan antara kadar formaldehid, nilai TVB dan nilai penerimaan pada ikan kerapu yang disimpan pada suhu dingin.

Figure 5. Relationship between formaldehyde content, TVB value and acceptance scores on grouper during storage in ice.

3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui perkembangan pembentukan formaldehid secara alami pada proses deteriorasi ikan pada berbagai jenis ikan mengingat pola pembusukan ikan tidak selalu sama;
4. Perlu kecermatan dalam menentukan bahwa formaldehid pada ikan berasal dari penambahan formalin dengan sengaja atau alami sebagai hasil proses deteriorasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2001. *Canadian Environmental Protection Act., 1999. Priority Substances List Assessment Report. Formaldehyde*. Health Canada, Canada. 102 pp.
- Anonim, 2002. *Panduan Penerapan Bahan Tambahan Pangan*. Departemen Perindustrian dan Perdagangan, Jakarta. 113 pp.
- Anonymous, 2006. Formalin, ditemukan pada mi basah, tahu, dan ikan asin, <http://www.kompas.com/kesehatan/news/0512/27/075525.htm>, diakses tanggal 6 Nopember 2006.
- AOAC. 1999. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, vol.2, 16th ed. Association Official of Analytical Chemist. Washington DC, chapter 34: 35–36.
- Bremner, H.A., Statham, J.A. and Sykes, S.J. 1985. Tropical species from North-West shelf of Australia : Sensory assessment and acceptability of fish stored on ice . In: Reilly (ed.). *Spoilage of Tropical Fish and Product Development. Proceeding of a Symposium held in conjunction with the Sixth Session of the Indo-Pacific Fishery Commision Working Party on Fish Technology and Marketing*. RMIT, Melbourne, Australia, 23-26 October 1984. p. 41–53.
- Gonzalez-Rodriguez, M., Sanz, J.J., Santos, J.A., Otero, A. and Garcia-Lopez, M. 2001. Bacteriological quality of aquacultured freshwater fish portions in prepackaged trays stored at 3°C. *J. of Food Protection*. 64(9): 1399–1404.
- Hammond, M.D. 2004, *The Use of Chitosan to Preserve and Extend Atlantic Salmon Quality*, Thesis, Dept. of Food Science and Human Nutrition, The University of Maine. p. 1–3.
- Heruwati, E.S., Ariyani, F., Indriati, N., Yenni, Y., Riyanto, R. and Kusmarwati, A. 2005. Riset penanggulangan kerusakan mutu dan penggunaan bahan-bahan berbahaya pada produk perikanan. *Laporan Teknis, Pusat Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, Jakarta.
- Heruwati, E. S., Ariyani, F., Indriati, N., Yenni, Y., Riyanto, R. and Kusmarwati, A. 2006. Riset penanggulangan kerusakan mutu dan penggunaan bahan-bahan berbahaya pada produk perikanan. *Laporan Teknis, Pusat Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, Jakarta.
- Hultmann, L. and Rustad, T. 2002. Textural changes during iced storage of salmon (*Salmo salar*) and cod (*Gadus Morhua*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 11:3-4, The Haworth Press Inc., 105 pp.
- Huss, H.H. 1995. Quality and quality changes in fresh fish. *FAO Fisheries Technical Paper*, no. 348., FAO, Rome, Italy.
- Ozogul, F. and Ozogul, Y. 2000. Comparison of methods used for determination of total volatile basic nitrogen (TVB-N) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turk J. Zool*. 24: 113–120.
- Riyanto, R., Kusmarwati, A. dan Dwiwitno, 2006. Pembentukan formaldehid pada ikan kerapu (*Epinephelus fuscoguttatus*) selama penyimpanan suhu kamar. *JPB Perikanan*. 1(2): 111–116.
- Siang, Ng. C. 1992. Determination of formaldehyde in fish meat using Nash's reagent. In: Miwa, K. and Ji, L.S. (eds.). *Laboratory Manual on Analytical Methods and Procedures for Fish and Fish Products*. 2 nd edition. Bangkok, MFRD-SEAFDEC and JICA: B.5.1-B.5.5.
- 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. 55–57.
- Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1989. *Prinsip dan Prosedur Statistika*, 2nd ed. PT Gramedia, Jakarta. 748 pp.
- Wisnuaji, E. dan Rahman, H. 2006. Cumi-cumi dan ikan pindang masih berformalin. <http://www.liputan6.com/view/3,128268,1,0,1157351862.html>, diakses tanggal 6 Nopember 2006.

LEMBAR PENILAIAN KEMUNDURAN MUTU IKAN SEGAR

Tanggal :
 Panelis :

Jenis ikan :

FAKTOR YANG DIAMATI		DESKRIPSI	KODE		
MATA	5	Cembung, menonjol, kornea jernih, transparan, pupil hitam cemerlang, warna perak/emas mengkilat jelas batasnya			
	4	Cembung, kornea jernih, pupil hitam abu-abu, warna perak/emas agak kusam			
	3	Mendatar, kornea berkabut, pupil hitam abu-abu, warna perak/emas kusam			
	2	Agak cekung, kornea keruh, pupil abu-abu, warna perak/emas kemerahan kusam			
	1	Bola mata dan pupil tenggelam tertutup lendir, mengering			
INSANG	5	Merah/merah tua cemerlang, lendir tipis, transparan encer, filamen rapat, teratur berisi, bau amis segar spesifik jenis hampir netral			
	4	Merah/merah tua, lendir agak kental, filamen rapat dan berisi, bau amis segar spesifik jenis hamper netral			
	3	Merah/merah tua agak kusam, lendir kental, filamen jarang dan menciut, bau asam/logam lemah			
	2	Pucat, lender tebal, filamen jarang, menciut, bau busuk			
	1	Coklat kelabu, filamen ciut, berkelompok, bau busuk			
EPIDERMIS/ TEKSTUR	5	Lendir tipis encer, transparan, warna kontras mengkilat, jelas batasnya, elastis bila ditekan jari, sisik erat utuh.			
	4	Lendir agak kental, berkabut, warna kontras jelas, elastis bila ditekan jari, sisik erat utuh.			
	3	Lendir tebal, diskolorasi, warna kontras pudar, bila ditekan jari lambat, sisik mudah lepas			
	2	Lendir tebal berwarna, diskolorasi lanjut, bau menusuk			
	1	Lendir coklat, kotor, bau menusuk, busuk, warna asli hilang			

FAKTOR YANG DIAMATI		DESKRIPSI	KODE		
DINDING PERUT	5	Dinding perut bercahaya dengan warna spesifik jenis, tidak mudah robek, isi perut utuh teratur, ginjal merah terang, bau segar			
	4	Dinding perut agak kusam, tidak mudah robek, isi perut utuh teratur, ginjal merah, bau segar			
	3	Dinding perut kusam, ditekan dengan jari mudah robek, terasa tonjolan duri, isi perut berubah susunan, ginjal merah kecoklatan, bau tidak normal			
	2	Dinding perut berubah warna, mudah sobek, duri menonjol, isi perut tidak teratur, bau menusuk			
	1	Dinding perut bocor, isi perut hancur, bau menusuk			
SAYATAN OTOT	5	Sayatan berwarna spesifik jenis, cemerlang, elastis, antar lapisan erat			
	4	Sayatan berwarna spesifik, cemerlang, elastis, antar lapisan erat, terdapat cairan bening			
	3	Sayatan kusam, antar lapisan terdapat selokan, kurang elastis			
	2	Sayatan berubah warna, lapisan mudah lepas, tidak elastis			
	1	Sayatan membubur			
BAU	5	Segar, bau rumput laut spesifik jenis			
	4	Bau spesifik jenis hampir netral			
	3	Bau spesifik jenis netral			
	2	Bau logam/asam/aldehyd/asing yang menusuk			
	1	Bau busuk			