

**Analisis Bakteri Pembentuk Histamin Pada Ikan Tongkol
(*Katsuwonus pelamis*): Studi Kasus Di Perairan Pantai
Kecamatan Dumai Timur, Kota Dumai**

Dessy Yoswaty

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau
✉ dyoswaty@yahoo.com

Abstrak

Ikan tongkol bonito (*Katsuwonus pelamis*) banyak terdapat di Kecamatan Dumai Timur, hasil tangkapan yang utama bagi nelayan. Bakteri pembentuk histamin pada ikan tongkol dapat digunakan sebagai bioindikator pencemaran laut. Kandungan histamin pada ikan tongkol, jika dikonsumsi dapat menyebabkan alergi dan keracunan. Penelitian bertujuan untuk menganalisis sebaran bakteri pembentuk histamin pada ikan tongkol. Hasil penelitian diharapkan memberikan gambaran keberadaan bakteri pembentuk histamin. Penelitian dilaksanakan dari Juli-Desember 2010, dengan menggunakan metode survei. Analisis bakteri pembentuk histamin dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Pangan Faperika UNRI. Uji total bakteri pembentuk histamin pada Formulasi medium Niven yang dimodifikasi, uji konfirmasi pada L. Histidine Decarboxylase broth, dan identifikasi isolat dengan uji biokimia. Rancangan penelitian yaitu RAL satu faktor dengan empat taraf. Perlakuan yang diberikan adalah lama penyimpanan 0 jam (A0), 2 jam (A2), 4 jam (A4) dan 6 jam (A6). Hasil analisis menunjukkan bahwa keseluruhan bakteri yang telah diisolasi dari ikan tongkol segar mempunyai kemampuan untuk memproduksi histamin (koloni bakteri berwarna merah jambu). Total bakteri pembentuk histamin: $1,5 \times 10^3 - 2,2 \times 10^6$ sel g^{-1} sampel. Total bakteri pembentuk histamin tertinggi yaitu lama penyimpanan 6 jam, ikan tongkol masih layak untuk dikonsumsi dan resiko bahaya adalah rendah. Uji statistik lama waktu penyimpanan tidak berpengaruh nyata terhadap total bakteri pembentuk histamin pada ikan tongkol ($p > 0,05$). Hasil uji konfirmasi yaitu bakteri pembentuk histamin positif pada semua sampel.

Kata Kunci: bakteri pembentuk histamin, ikan tongkol, bioindikator pencemaran

Pendahuluan

Ikan tongkol (*Katsuwonus pelamis*) merupakan salah satu komoditas perikanan laut, jenis ikan ekonomis penting, bahan pangan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat dan mengandung nilai gizi yang tinggi, terutama protein. Kandungan protein yang tinggi pada ikan tongkol bermanfaat sebagai sumber protein hewani yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan manusia dan mencegah berbagai macam penyakit seperti jantung koroner, mata dan kanker.

Ikan tongkol termasuk salah satu jenis ikan yang banyak terdapat di Provinsi Riau dan hasil tangkapan yang utama bagi para nelayan. Produksi ikan tongkol mencapai 11.215 ton pada 1999 dan produksinya meningkat menjadi 22.693,9 ton pada 2000 (Dinas Perikanan dan Kelautan, 2001). Ikan tongkol (*K. pelamis*) adalah golongan ikan pelagis,

perenang cepat, mengandung kadar lemak rendah dan mempunyai komposisi daging merah atau gelap dan daging putih atau terang (Winarno & Rahayu, 1994).

Produksi hasil perikanan laut yang sangat penting seperti ikan tongkol telah dimanfaatkan oleh masyarakat di Kecamatan Dumai Timur sebagai sumber protein hewani, gizi dan kesehatan. Selain hal tersebut, perairan pantai Kecamatan Dumai Timur juga mempunyai ekosistem yang memiliki fungsi ekologis, beriklim tropis dan kawasan hutan mangrove dengan berbagai flora dan fauna.

Pemantauan kualitas perairan laut di Kecamatan Dumai Timur untuk mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan dapat dilakukan secara bakteriologis, termasuk melindungi lingkungan perairan pantai dan produksi hasil perikanan yang menimbulkan penyakit terhadap manusia. Bakteri dapat berperan sebagai bioindikator untuk menentukan kualitas perairan laut yang belum tercemar atau sudah tercemar oleh limbah domestik dan industri. Magos (1990) menyatakan bahwa laut mengandung sejumlah virus, bakteri dan fungi yang sebagian bersifat pathogen terhadap manusia.

Ikan tongkol cepat mengalami proses pembusukan dan menimbulkan penyakit apabila dikonsumsi, biasanya disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme dan perubahan secara kimiawi. Bakteri pembentuk histamin pada ikan tongkol dapat digunakan sebagai indikator pencemaran laut. Enzim dekarboksilasi yang dikeluarkan oleh beberapa bakteri tersebut akan menguraikan asam amino histidin bebas menjadi histamin sebagai penyebab alergi dan keracunan pada manusia yang mengkonsumsi ikan tongkol.

Pencemaran limbah domestik dan pembangunan yang pesat di sepanjang perairan pantai Dumai diduga dapat meningkatkan jumlah bakteri pembentuk histamin. Pemantauan sejauh mana pencemaran limbah domestik telah meningkatkan jumlah bakteri pembentuk histamin pada ikan tongkol dapat didekati dengan menganalisis sebaran bakteri pembentuk histamin.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi sebaran bakteri pembentuk histamin pada ikan tongkol di perairan pantai Kecamatan Dumai Timur untuk mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran keberadaan bakteri pembentuk histamin sebagai indikator pencemaran.

Bahan dan Metode

Pengukuran kualitas air laut dilakukan secara langsung di perairan pantai Kecamatan Dumai Timur. Analisis bakteri pembentuk histamin pada ikan tongkol



dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Pangan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Ikan uji adalah ikan tongkol segar dengan ukuran ± 1 kg ekor⁻¹ sebanyak 20 ekor. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode survei. Rancangan penelitian yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan empat taraf. Perlakuan yang diberikan adalah lama penyimpanan 0 jam (A0), 2 jam (A2), 4 jam (A4) dan 6 jam (A6). Sampel ikan tongkol segar didapatkan dari pedagang ikan di pasar tradisional Kecamatan Dumai Timur.

Sampel ikan tongkol segar (*K. pelamis*) diambil secara acak. Parameter bakteriologis berdasarkan jumlah bakteri pembentuk histamin yang terdapat pada ikan tongkol segar. Koloni bakteri yang dihitung berwarna merah jambu dan ditengahnya berwarna ungu pada formulasi yang dimodifikasi Nivens Medium (Niven *et al.* 1981 dalam Nursyirwani, 1992). Uji konfirmasi dilakukan pada L. Histidine Decarboxylase Broth. Reaksi positif apabila warna *broth* berubah dari merah jambu kecoklatan (jernih) ke warna ungu tua jernih. Identifikasi isolat bakteri pembentuk histamin dengan serangkaian uji biokimia seperti pewarnaan Gram, bentuk sel, pewarnaan spora, dan uji katalase (Cappuccino & Sherman, 2001).

Data yang diperoleh, ditabulasikan kedalam bentuk tabel dengan dianalisis secara deskriptif dan statistik. Data uji kualitas air laut dianalisis secara deskriptif dan uji total bakteri pembentuk histamin dengan Anova.

Hasil dan Pembahasan

Analisis bakteri pembentuk histamin

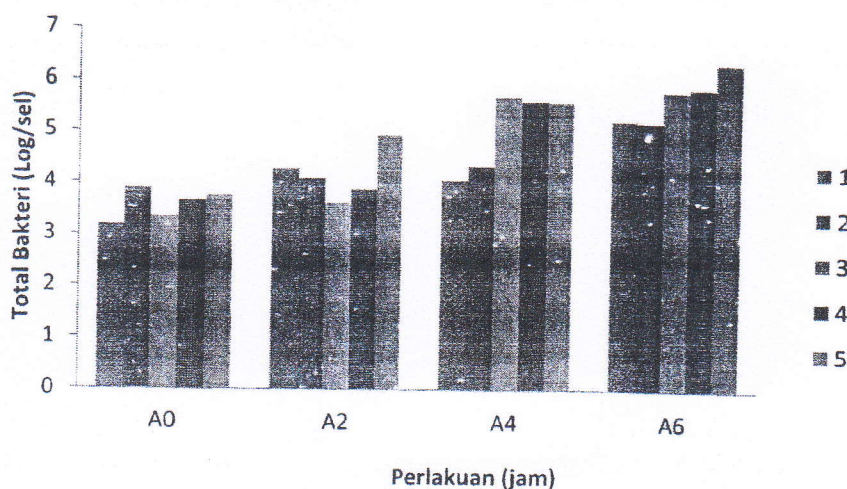
Hasil analisis mikroorganisme indikator pencemaran di perairan laut Kecamatan Dumai Timur yaitu bakteri pembentuk histamin pada ikan tongkol segar dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil pengamatan bakteri pembentuk histamin menunjukkan bahwa keseluruhan bakteri yang telah diisolasi dari ikan tongkol segar dengan lama penyimpanan (0, 2, 4 dan 6 jam) mempunyai kemampuan untuk memproduksi histamin. Hal ini dilihat dari terjadinya pertumbuhan koloni bakteri berwarna merah jambu pada medium Niven yang dimodifikasi.

Total bakteri pembentuk histamin pada ikan tongkol seperti pada Tabel 1, berkisar antara $1,5 \times 10^3 - 2,2 \times 10^6$ sel g^{-1} sampel. Total bakteri pembentuk histamin tertinggi diperoleh pada lama penyimpanan 6 jam. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa perlakuan sampai jam ke-6 yang ditinjau dari jumlah bakteri pembentuk histamin masih layak untuk dikonsumsi. Wibowo dan Ristanto (1988) menyatakan bahwa ikan berkualitas baik apabila jumlah bakteri g^{-1} sampel kurang dari 10^6 sel g^{-1} . Menurut Fardiaz (1992), batas minimal suatu mikroorganisme yang menyebabkan penyakit antara lain *Salmonella sp* 10^5 sel, *E.coli* 10^6 sel dan *Clostridium perfringens* 10^6 sel.

Semakin lama ikan tongkol disimpan, maka jumlah bakteri pembentuk histamin semakin meningkat sampai pada batas tertentu dan akhirnya mengalami fase kematian. Buckle *et al.* (1987) menyatakan bahwa jika terdapat lingkungan yang optimal dan nutrisi dalam medium, maka akan terjadi pertumbuhan bakteri secara maksimal dan pertumbuhan kurva meningkat. Hasil rata-rata total bakteri pembentuk histamin pada ikan tongkol dapat dilihat pada Grafik 1.

Tabel 1. Total bakteri pembentuk histamin pada ikan tongkol

Ulangan	Perlakuan (jam)			
	A0	A2	A4	A6
1	$1,5 \times 10^3$	$1,8 \times 10^4$	$1,1 \times 10^4$	$1,6 \times 10^5$
2	$7,7 \times 10^3$	$1,2 \times 10^4$	$2,1 \times 10^4$	$1,5 \times 10^5$
3	$2,2 \times 10^3$	$4,1 \times 10^3$	$4,7 \times 10^5$	$6,2 \times 10^5$
4	$4,5 \times 10^3$	$7,2 \times 10^3$	$3,8 \times 10^5$	$7,1 \times 10^5$
5	$5,6 \times 10^3$	$8,1 \times 10^4$	$3,6 \times 10^5$	$2,2 \times 10^6$



Grafik 1. Rata-rata total bakteri pembentuk histamin pada ikan tongkol (Log x).

Berdasarkan Grafik 1. dapat dilihat bahwa total bakteri pembentuk histamin terendah terdapat pada penyimpanan 0 jam dan tertinggi pada penyimpanan 6 jam untuk masing-masing perlakuan. Resiko bahaya yang terdapat pada ikan segar yang diambil adalah rendah. Hasil analisis ini sesuai dengan Murano (2003) yang menyatakan bahwa keberadaan mikroba dalam ikan hidup atau yang baru ditangkap biasanya rendah.

Apabila lama penyimpanan lebih dari 6 jam, maka keberadaan bakteri pembentuk histamin akan meningkat sehingga ikan tongkol tidak layak untuk dikonsumsi. Jamal (1998) menyatakan bahwa keberadaan mikroba indikator yang tinggi dalam suatu contoh uji menggambarkan keberadaan mikroba pathogen.

Keracunan histamin terjadi beberapa menit sampai beberapa jam setelah mengkonsumsi ikan yang mengandung histamin tinggi. Intoksikasi histamin terjadi dengan gejala seperti kemerahan di sekitar leher dan wajah, badan terasa panas, gatal-gatal, diare dan sakit kepala (Dalgaard *et al.* 2008).

Kurva pertumbuhan mikroba terdiri dari 4 fase yang berbeda yaitu: fase lag, fase eksponensial, fase stasioner dan fase kematian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri pembentuk histamin terus bertambah jika ikan tongkol semakin lama disimpan. Fase eksponensial pertumbuhan bakteri pembentuk histamin terjadi pada lama penyimpanan 6 jam. Peningkatan aktivitas bakteri pembentuk histamin akan semakin tinggi setelah lama penyimpanan 6 jam, dimana dapat menimbulkan keracunan setelah mengkonsumsi ikan tongkol. Keracunan biasanya cenderung tinggi apabila ikan tongkol tidak ditangani dengan tepat. Hal ini dapat disebabkan kegagalan dalam menerapkan mata rantai selama penanganan, pengolahan dan penyimpanan pada suhu dingin sehingga menyebabkan tingginya peningkatan kadar histamin pada ikan tongkol.

Uji statistik menunjukkan bahwa lama waktu penyimpanan tidak berpengaruh nyata terhadap total bakteri pembentuk histamin pada ikan tongkol ($p > 0,05$). Uji beda nyata terkecil (BNT) (Tabel 2.) menunjukkan bahwa lama penyimpanan (0, 2 4 dan 6 jam) tidak berbeda nyata.

Tabel 2. Uji beda nyata terkecil (BNT) total bakteri pembentuk histamine pada ikan tongkol.

Perlakuan	Rata-rata	BNT 0,05	BNT0,01
A0	3,56	a	A
A2	4,14	a	A
A4	5,03	a	A
A6	5,67	a	A

Keterangan: Huruf yang sama dalam satu kolom berarti tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95% maupun 99%.

Smolin dan Grosvenor (2003) menyatakan bahwa ikan mengandung protein tinggi, asam amino (protein lengkap) untuk pertumbuhan dan fungsi tubuh. Profil asam amino dalam protein ikan hampir sama dengan daging, telur dan susu. Protein ikan terdapat dalam bagian otot yang akan membentuk daging ikan (40-60%). Keberadaan jaringan penghubung (*connective tissue*) yang kurang dalam daging ikan (3-5%), memudahkan daging ikan dikunyah dan 90-95% protein ikan akan dicerna. Faktor ini menyebabkan ikan baik bagi golongan tua dan anak-anak.

Uji konfirmasi bakteri pembentuk histamin

Hasil uji konfirmasi bakteri pembentuk histamin dalam medium L. Histidin Decarboxylase Broth menunjukkan bakteri pembentuk histamin positif pada semua sampel yaitu ditandai terjadinya perubahan warna ungu pada medium. Kim *et al.* (2002) menyatakan bahwa bakteri dapat menghasilkan histamin dari hasil metabolit sekunder, untuk penyeimbang kondisi lingkungan yang semakin asam bagi pertumbuhannya. Bakteri yang dapat menghasilkan histamin adalah *Morganella morganii*, *Lactobacillus buchneri*, *Clostridium perfringens*, *Micrococcus spp.*, *Klesbiella pneumoniae*, *Enterobacter aerogenes*, *Vibrio anguillarum* dan *Hafnia alvei*.

Bakteri pembentuk histamin pada ikan tongkol segar yang diperoleh dari perairan pantai Kecamatan Dumai Timur digolongkan kepada bakteri saluran pencernaan. Indriati *et al.* (2006) menyatakan bahwa hasil penelitian mereka menunjukkan ada 15 jenis bakteri pembentuk histamin pada daging ikan kembung peda dan 11 jenis bakteri pembentuk histamin pada isi perut ikan kembung peda. Winarno (1993) menyatakan bahwa bagian depan tubuh ikan tongkol memiliki kadar histamin yang paling tinggi, sedangkan kadar histamin yang terendah terdapat di bagian ekor ikan tongkol.

Keberadaan bakteri pembentuk histamin di laut dapat bersumber dari buangan limbah domestik. Pemukiman penduduk yang mendiami sekitar perairan pantai, semakin bertambahnya tingkat konsumsi masyarakat lokal dan aktivitas lainnya, akan menghasilkan limbah domestik seperti sampah dan buangan deterjen. Limbah domestik tersebut dapat memacu pertumbuhan bakteri pembentuk histamin.

Uji biokimia bakteri pembentuk histamin

Faktor lingkungan dan lama penyimpanan ikan tongkol memengaruhi pertumbuhan bakteri pembentuk histamin. Bakteri pembentuk histamin yang telah tumbuh diamati terhadap warna, bentuk dan identifikasi isolat (Tabel 3).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa koloni bakteri pembentuk histamin pada semua perlakuan (0, 2, 4 dan 6 jam) yaitu sel Gram positif yang berbentuk batang, berwarna merah muda dan terbentuk gelumbang gas. Bakteri pembentuk histamin pada semua perlakuan dapat tumbuh pada suhu 37 °C. Hart dan Shears dalam Setiaji (2009) menyatakan bahwa pada bakteri kelompok Gram positif, hampir seluruh dinding selnya terdiri dari dua lapisan peptidoglikan dengan polimer-polimer asam teikoat yang melekat padanya.

Ikan tongkol mengandung asam amino histidin dan diuraikan oleh enzim histidin dekarboksilase yang dikeluarkan oleh bakteri sehingga menghasilkan histamin. Histamin merupakan modifikasi dari asam amino yang mengakibatkan alergi dengan gejala seperti sulit bernafas, kulit merah atau panas, gatal-gatal, timbul lendir, kudis dan mata berair. *Food & Drug Administration* (1998) menyatakan bahwa konsumsi histamin dalam jumlah rendah (8-10 mg) tidak membahayakan. Gejala keracunan akan timbul apabila mengkonsumsi 70 sampai 1000 mg histamin. Keracunan histamin sebesar 20 mg 100 gr⁻¹ ikan dapat terjadi akibat penanganan ikan yang tidak higienis.

Tabel 3. Uji biokimia bakteri pembentuk histamin pada ikan tongkol

Uji biokimia	Perlakuan (jam)			
	0	2	4	6
Pewarnaan Gram	+	+	+	+
Bentuk sel bakteri	batang	batang	batang	batang
Pewarnaan spora	merah jambu	merah jambu	merah jambu	merah jambu
Uji katalase	+	+	+	+

Parameter kualitas perairan

Hasil pengukuran kualitas perairan Kecamatan Dumai Timur seperti dilihat pada Tabel 4 masih mendukung untuk pertumbuhan ikan tongkol. Kisaran suhu perairan berkisar antara 29-30 °C, pH berkisar antara 7-8, salinitas berkisar antara 27-30‰/∞, oksigen terlarut (DO) berkisar antara 4,4-8,3 ppm. Fardiaz (1992) menyatakan bahwa jumlah dan jenis mikroorganisme di dalam air dipengaruhi oleh faktor fisika dan kimia seperti suhu, pH, tekanan osmotik, tekanan hidrostatik, aerasi dan penetrasi sinar matahari serta jenis bahan polutan yang masuk ke perairan tersebut.

Faktor lingkungan menyebabkan pencemaran mikroorganisme, residu toksik makhluk perusak dan residu logam berat (Amaraneni 2002). Hasil pembusukan berupa histamin oleh bakteri akan optimal pada temperatur 30°C dan menurun pada temperatur dingin yaitu pada temperatur antara 0-5°C (Lehane & Olley, 2000). Produk hasil perikanan mengalami kerusakan selama penyimpanan apabila kondisi lingkungan tidak memenuhi syarat (Afrianto & Liviawaty, 1989).

Tabel 4. Pengukuran parameter lingkungan perairan Kecamatan Dumai Timur

Parameter Kualitas Air	Pengamatan	Stasiun		
		I	II	III
Suhu (°C)	1	30	29	29
	2	29	30	29
	3	29	30	29
	4	30	29	29
	5	30	29	30
	Kisaran		29-30	29-30
pH	1	7	8	7
	2	7	8	7
	3	8	8	7
	4	8	7	8
	5	8	8	8
	Kisaran		7-8	7-8
Salinitas (‰/∞)	1	27	29	28
	2	27	29	29
	3	28	30	29
	4	29	30	29
	5	29	28	30
	Kisaran		27-29	28-30
DO (ppm)	1	4,4	6,5	5,6
	2	4,8	8,3	7,2
	3	6,2	7,4	7,7
	4	5,8	7,5	8,3
	5	6,5	8,1	6,4
	Kisaran		4,4-6,5	6,5-8,3

Bakteri pembentuk histamin pada ikan tongkol dapat digunakan sebagai bioindikator pencemaran laut. Ikan tongkol sangat mudah mengalami kerusakan, penurunan mutu atau proses pembusukan. Kerusakan tersebut akibat aktivitas mikroorganisme, enzim dan oksidasi oksigen. Ikan tongkol yang dibiarkan pada suhu kamar akan mengalami proses penurunan mutu atau tidak segar. Apabila dikonsumsi oleh manusia, akan menyebabkan keracunan (*scombroid fish poisoning*). Makin tinggi tingkat kerusakan ikan tongkol, maka makin banyak histamin yang terbentuk pada ikan tongkol. Jensen & Greenless (1997) menyatakan bahwa pengendalian ikan harus dilakukan setelah penangkapan, dijual di pasar, rumah makan atau pabrik pengolahan, sehingga dapat memberikan dampak kesehatan terhadap konsumen.

Simpulan dan Saran

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai bakteri pembentuk histamin pada ikan tongkol di perairan pantai Dumai Timur disimpulkan bahwa penyimpanan dengan perlakuan waktu yang berbeda (0, 2, 4 dan 6 jam) tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap total bakteri pembentuk histamin pada ikan tongkol. Uji beda nyata terkecil (BNT) menunjukkan bahwa lama penyimpanan tidak berbeda nyata. Total bakteri pembentuk histamin masih layak dikonsumsi pada penyimpanan 6 jam karena masih di bawah nilai ambang batas.

Saran

Ikan tongkol yang layak dikonsumsi adalah ikan yang disimpan tidak melebihi enam jam. Perlu penelitian lebih lanjut untuk mengetahui mikroorganisme yang berperan dalam pembentukan histamin pada ikan tongkol dan identifikasi bakteri pembentuk histamin.

Persantunan

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian Universitas Riau yang telah memberikan bantuan dana penelitian analisis bakteri pembentuk histamin pada ikan tongkol (*K. pelamis*): Studi kasus di Perairan Pantai Kecamatan Dumai Timur, Kota Dumai. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Kepala Laboratorium Mikrobiologi Pangan, Faperika-UNRI yang telah memberikan bantuan fasilitas penelitian.



Senarai Pustaka

- Afrianto E & Liviawaty E. 1989. *Pengawetan dan pengolahan ikan*. Kanisius. Jakarta.
- Amaraneni SR. 2002. *Persistence of pesticides in water, sediment and fish from fish farms in Kolleru Lake India*. *Journal of Food Science and Technology*, 82(8): 918-923.
- Buckle KA, Edward RA, Fleet GH, Wooton M. 1987. *Ilmu pangan*. Penterjemah Purnomo, H dan Adiono. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Cappuccino JG & Sherman N. 2001. *Microbiology: a laboratory manual*. State University of New York. New York.
- Dalgaard P, Embong J, Kjolby A, Sorensen ND, Ballin NZ. 2008. Histamine and biogenic amines: formation and importance in seafood *dalam* T. Borresen (edited). *Improving seafood products for the customer*. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC. North America.
- Dinas Perikanan dan Kelautan. 2001. *Laporan tahunan*. Dinas Perikanan Daerah Tingkat I Propinsi Riau. Pekanbaru.
- Fardiaz S. 1992. *Mikrobiologi pengolahan pangan lanjut*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Intitut Pertanian Bogor. Bogor.
- Food and Drug Administration. 1998. *Fish and fishery products hazards and controls guide*. Second Edition. <http://vm.cfsan.fda.gov/~dms/haccp-2.html>.
- Indriati N, Rispayeni, Heruwati ES. 2006. Studi bakteri pembentuk histamine pada ikan kembung peda selama proses pengolahan. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 1(2):88-99.
- Jamal KH. 1998. *Food: toxicity and safety*. The Board of language and literature. Kuala Lumpur.
- Jensen GL & Greenless KJ. 1997. Public health issues in aquaculture. *Revenue Scientific and Technique Office of International Epizooties*, 16(2): 641-651.
- Kim SH, Price RJ, Morrissey MT, Field KG, Wei CI, An H. 2002. Histamine production by *morganella morganii* in mackerel, albacore, mahi-mahi, and salmon at various storage temperature. *Journal of Food Science.*, 67(4):1522-1528.
- Lehane L & Olley J. 2000. Histamine fish poisoning Revisited. *Int. J. Food Microbiol.*, 58: 1-37.
- Magos L. 1990. Marine health hazards of anthropogenic and natural origin. *Technical Annexex to The Report on The State of The Marine Environment, UNEP*. 10: 447-507.
- Murano PS. 2003. *Understanding food science & technology*. Thomson & Wads Worth inc. Washington.
- Nursyirwani. 1992. Pembentukan histamin secara bakteriologis pada ikan atlantik makarel (*Scomber scombrus*). Efek waktu dan kalium sorbat dalam penanganan. Lembaga Penelitian Universitas Riau. Pekanbaru.
- Setiaji A. 2009. Uji aktivitas antibakteri ekstrak petroleum eter, etil asetat dan etanol 70% *Rhizoma Binahong (Anredera cordifolia)* terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 dan *Escherichia coli* ATCC 11229 serta skrining fitokimianya. Skripsi. Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Surakarta.



- Smolin LA and Grosvenor MB. 2003. *Nutrition Science and Applications*, 4th edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Winarno FG. 1995. *Pangan gizi, teknologi dan konsumen*. Jakarta. PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Winarno FG & Rahayu TS. 1994. *Bahan tambahan untuk makanan dan kontaminan*. Pustaka Sinar harapan. Bogor.
- Wibowo D & Ristanto. 1988. *Petunjuk khusus deteksi mikroba*. Pusat Antar Universitas. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.

