
PENGENDALIAN HISTAMIN PADA RANTAI PROSES PRODUK IKAN TUNA BEKU EKSPOR

Histamine Control Study in the Process Chain for Export Frozen Tuna Product

Agung Santoso^{1,2}, Nurheni Sri Palupi^{3,4} dan Harsi D Kusumaningrum^{3,4}

¹Program Studi Magister Teknologi Pangan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Darmaga, Jl. Lingkar Akademik, Babakan, Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

²Kementerian Kelautan dan Perikanan

Mina Bahari II, Jl. Medan Merdeka Timur No.16, Jakarta, Indonesia

³Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Indonesia

⁴Seafast Center, Institut Pertanian Bogor, Indonesia

* email: hnpalupi@apps.ipb.ac.id

Diterima: 18 Mei 2019, Direvisi: 3 Oktober 2019, Disetujui: 20 Juli 2020

Abstrak

Tuna adalah salah satu spesies *scombridae* yang memiliki bahaya keamanan pangan, yaitu histamin. Unit Pengolahan Ikan (UPI) mengendalikan bahaya histamin pada produk tuna yang dapat terjadi sepanjang rantai proses dengan menerapkan prinsip *Hazard Analysis and Critical Control Point* (HACCP). Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh variabel persyaratan penting pada rantai proses yang belum diterapkan dengan optimal oleh UPI yang dapat berkontribusi terhadap meningkatnya kandungan histamin pada produk tuna. Metode penelitian menggunakan survei terhadap penanggung jawab mutu UPI di Indonesia yang mengolah produk tuna beku ekspor. Data hasil survei dianalisis untuk perhitungan tingkat pemenuhan persyaratan, korelasi dan determinasi antar variabel. Hasil penelitian menunjukkan variabel persyaratan yang belum dipenuhi secara optimal oleh UPI adalah bahan baku tuna yang diterima oleh UPI hanya berasal dari kapal yang sudah memiliki sertifikat Cara Penanganan Ikan yang Baik (CPIB). Tingkat pemenuhan persyaratan oleh UPI terhadap bahan baku hanya berasal dari kapal ikan yang memiliki sertifikat CPIB sebesar 29.89%. Persyaratan untuk bahan baku hanya berasal dari kapal ikan yang memiliki sertifikat CPIB berkorelasi positif terhadap UPI mensyaratkan sertifikat CPIB untuk kapal ikan pemasok bahan baku (Phi Correlation 0,509), dengan nilai determinasi sebesar 25.91%.

Kata kunci: HACCP, histamin, *scombroidae*, tuna, unit pengolahan ikan.

Abstract

Tuna is Scombridae species that have histamine food safety hazards. The Fish Processing Unit (FPU) controls the histamine in tuna along the process chain by applying the principle of Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP). This research was conducted to determine important requirements in the process chain that have not been optimally applied by FPU that can contribute to the increase in histamine content in tuna products. The research method is by surveying quality control personnel of FPU in Indonesia that processes frozen tuna products for export. Data were analyzed to calculate the level of fulfillment of requirements, correlations, and determination between variables. The results showed that the requirements that had not been optimally fulfilled by FPU were raw materials received by FPU only came from fishing vessels that already had a certificate of Good Handling Practices (GHdP). The level of fulfillment of requirements by FPU for raw materials only from fishing vessels that have GHdP certificates is 29.89%. The requirements for raw materials only come from fishing vessels that have GHdP certificates positively correlated with FPU requiring GHdP certificates for fishing vessels supplying raw materials (Phi Correlation 0.509), with a determination value of 25.91%.

Keyword : fish processing unit, HACCP, histamine, *Scombroidae*, tuna.

1. PENDAHULUAN

Ikan tuna adalah salah satu spesies *Scombridae* yang merupakan komoditi ekspor hasil perikanan penting bagi Indonesia karena Indonesia mempunyai sumber daya alam yang memadai dan ikan tuna digemari oleh masyarakat internasional terutama di negara Jepang, Amerika Serikat dan Uni Eropa (Yusuf *et al.* 2017). Berdasarkan data ekspor tuna di pasar internasional, pada tahun 2016, Indonesia merupakan salah satu dari sepuluh negara

pengekspor ikan tuna terbesar secara global (Atuna, 2018).

Kandungan protein pada ikan tuna merupakan bagian terbesar gizi yang ada pada tuna. Protein ini terdiri dari asam amino, diantaranya adalah asam amino histidin yang mempunyai komposisi paling besar jika dibandingkan dengan jenis ikan lainnya seperti mahi-mahi dan kakap (Antoine *et al.* 2001). Asam amino histidin bebas pada suhu lebih dari 4.4°C akan diurai menjadi histamin (*Scombroid fish poisoning*) oleh bakteri yang berasal dari dalam

tuna itu sendiri seperti bakteri *Morganella morganii* dan enzim histidin dekarboksilase. Pertumbuhan bakteri dikendalikan dengan penyimpanan dingin ikan tuna dengan suhu di bawah 4.4°C, tetapi pembentukan histamin dapat dihentikan dengan penyimpanan beku (Lee *et al.* 2012). Histamin merupakan senyawa biogenik amin mempunyai peran yang penting pada fungsi fisiologis tapi jika jumlahnya melebihi standar dapat mengakibatkan keracunan pada konsumen (Chong *et al.* 2011). Efek yang dapat ditimbulkan jika mengkonsumsi tuna yang mengandung histamin yang melebihi standar adalah gejala akut berupa memerah pada wajah, leher, dada bagian atas, muntah, berkering, mual, kram perut, sakit kepala, diare, pusing dan jantung berdebar-debar (EFSA, 2011).

Persyaratan kandungan histamin ikan tuna pada setiap negara berbeda (Evangelista *et al.* 2016). Amerika Serikat mensyaratkan kandungan histamine maksimum 50 ppm (FDA, 2011), Uni Eropa mensyaratkan kandungan histamin maksimum 100 ppm (EC, 2005), sedangkan *Codex Alimentarius* mensyaratkan kandungan histamin maksimum 200 ppm (FAO, 2012). Sementara, mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang persyaratan mutu dan ikan segar (SNI 2729-2013) bahwa standar histamin dipersyaratkan maksimum 100 ppm.

Ekspor produk tuna dari berbagai negara masih terdapat penolakan di negara tujuan ekspor karena adanya kandungan histamin yang tidak sesuai dengan persyaratan. Hal ini juga masih terjadi terhadap ekspor produk tuna dari Indonesia, yang mengindikasikan adanya tahap penanganan dan pengolahan tuna yang belum optimal. Kompilasi data notifikasi kasus histamin terhadap produk tuna yang diekspor dari Indonesia yang bersumber dari *FDA import refusal report* (Amerika), *CFIA Rejections of Products from Indonesia* (Kanada) dan *EU RASFF portal* (UE) dari tahun 2013 sampai dengan 2018 yaitu tahun 2013 terdapat 4 kasus, tahun 2014 sebanyak 6 kasus, tahun 2015 sebanyak 1 kasus, tahun 2016 sebanyak 1 kasus, tahun 2017 sebanyak 7 kasus dan tahun 2018 sebanyak 2 kasus.

Kandungan histamin pada ikan tuna dapat terjadi sejak tahap produksi, pengolahan dan distribusi. Histamin yang sudah terbentuk pada ikan tuna tidak dapat dihilangkan dengan teknologi pengolahan. Tahap produksi tuna merupakan tahap penanganan tuna pada kapal perikanan. Tahap penanganan tuna setelah dari kapal perikanan adalah di tempat pendaratan ikan, alat transportasi bahan baku tuna dan unit *supplier* pemasok bahan baku. Tahap pengolahan tuna dilakukan oleh UPI dengan menerapkan prinsip *Hazard Analysis and Critical Control Points* (HACCP) melalui cara pengolahan ikan yang baik.

Tahap distribusi tuna merupakan tahap penyaluran tuna dari UPI kepada pembeli menggunakan alat angkut transportasi produk akhir.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui variabel persyaratan penting pada rantai proses yang belum diterapkan dengan optimal oleh UPI yang dapat berkontribusi terhadap meningkatnya kandungan histamin pada produk tuna.

2. TINJAUAN PUSTAKA

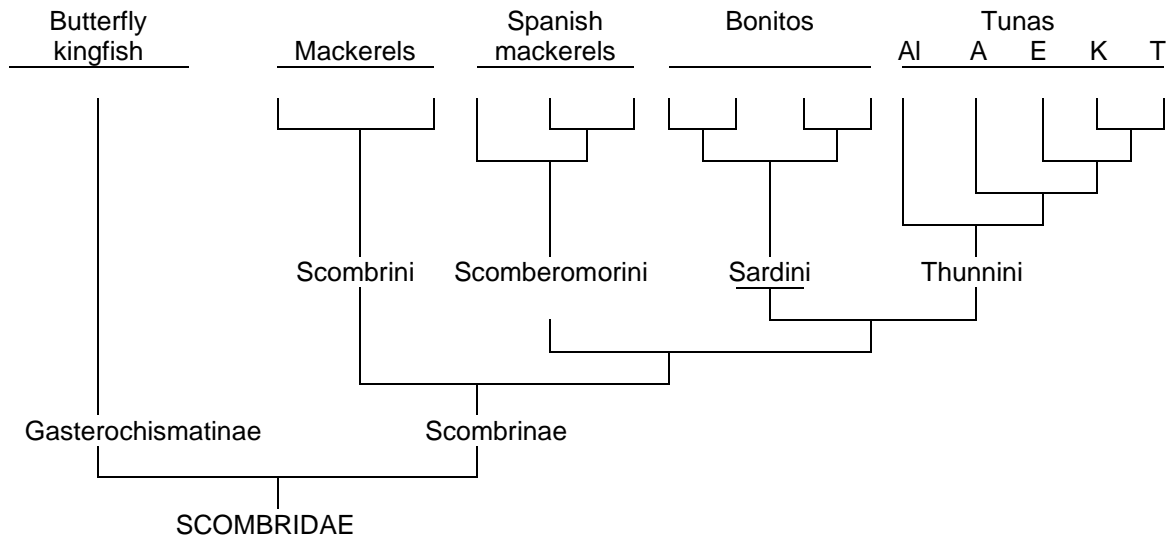
2.1. Klasifikasi dan morfologi ikan tuna

Ikan tuna merupakan salah satu jenis ikan dari keluarga *scombridae* (Graham and Dickson, 2004) dimana terdapat dua subfamiliya yaitu *Gasterochismatinae* dan *Scombrinae* seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Di dalam subfamili *Scombrinae* terdapat rumpun *Scombrini*, *Scomberomorini*, *Sardini* dan *Thunnini*. Sementara dalam subfamili *Gasterochismatinae* terdapat jenis ikan dari genus *butterfly kingfish*. Dalam genus *Thunnus* terdapat 8 spesies ikan tuna yang mempunyai nilai ekonomis penting yaitu *Yellowfin Tuna* (*Thunnus albacares*), *Bigeye tuna* (*Thunnus obesus*), *Albacore* (*Thunnus alalunga*), *Southern bluefin tuna* (*Thunnus maccoyii*), *Atlantic bluefin tuna* (*Thunnus thynnus*), *Pacific bluefin tuna* (*Thunnus orientalis*), *Blackfin tuna* (*Thunnus atlanticus*), *Longtail tuna* (*Thunnus tonggol*).

Ikan tuna adalah salah satu ikan pelagik predator yang mampu beruaya antar samudera karena memiliki bentuk tubuh yang memanjang (*streamline*) dengan kecepatan renang dapat mencapai 75 km/jam atau 47 mil/jam untuk jenis ikan tuna sirip kuning. Tuna memiliki tingkat pertumbuhan dan reproduksi yang tinggi, seperti *Atlantic bluefin tuna* (*T. thynnus*) yang dapat mencapai ukuran maksimum 315 cm dan berat 685 kg. Kisaran panjang dan berat dari tuna yang banyak tertangkap di perairan Indonesia adalah albakora pada kisaran panjang 121-130 cm dan berat 56-60 kg, tuna mata besar pada kisaran panjang 111-120 cm dan berat 61-65 kg dan madidihang pada kisaran panjang 131-140 cm dan berat 46-50 kg (Triharyuni dan Prisantoso 2012).

Ikan tuna mempunyai dua buah sirip punggung (*dorsal*) terpisah yang memiliki satu jari – jari keras pada jari – jari pertamanya dan sirip kaudal berbentuk bulan sabit. Seluruh ikan *scombridae* memiliki *finlet* di belakang sirip dorsal dan sirip anal. Daging ikan tuna mempunyai warna merah yang berbeda dengan daging jenis ikan lainnya yang umumnya berwarna putih. Warna daging merah ini disebabkan karena ikan tuna banyak mengandung *myoglobin*. Secara fisiologis, tuna dapat menaikkan suhunya di atas

suhu lingkungan sehingga ikan tuna dapat hidup pada lingkungan yang suhunya lebih rendah.



Gambar 1 Klasifikasi morfologi keluarga ikan *Scombridae*.

Keterangan: Singkatan untuk rumpun *Thunnini* yakni *Al*, *Allothunnus*; *A*, *Auxis*; *E*, *Euthynnus*; *K*, *Katsuwonus*; *T*, *Thunnus*. (Graham and Dickson 2004).

2.2. Kandungan gizi pada ikan tuna

Tuna merupakan salah satu jenis ikan yang mempunyai nilai gizi yang sangat tinggi yang umumnya mengandung karbohidrat, protein, lemak dan garam mineral (Kantun *et al.* 2015). Pada Tabel 1 memperlihatkan komposisi gizi pada

beberapa jenis ikan tuna. Negara maju seperti Amerika, Eropa dan Jepang menjadikan ikan tuna makanan kegemaran karena selain enak juga karena adanya kandungan gizi yang tinggi pada ikan tuna, mengakibatkan tuna mempunyai nilai komersil yang sangat tinggi.

Tabel 1 Komposisi gizi beberapa jenis ikan tuna.

Komposisi (per 100g)	Jenis Ikan Tuna		
	Bluefin	Skipjack	Yellowfin
Energi (Kal)	121.0	131.0	105.0
Protein (g)	22.0	26.2	24.1
Lemak (g)	2.7	2.1	0.2
Abu (g)	1.2	1.3	1.2
Kalsium (mg)	8.0	8.0	9.0
Fosfor (mg)	2.7	4.0	1.1
Besi (mg)	90.0	52.0	78.0
Sodium (mg)	10.0	10.0	5.0
Retinol (mg)	0.1	0.03	0.1
Thiamin (mg)	0.06	0.15	0.1
Riboflavin (mg)	0.6	0.15	0.1
Niasin (mg)	10.0	18.0	12.2

Sumber : Murniyati dan Sunarman (2004).

Berdasarkan data komposisi gizi pada beberapa jenis ikan tuna di atas, protein merupakan salah satu komposisi yang tinggi pada kandungan gizi ikan tuna. Protein yang terkandung dalam ikan terdiri dari berbagai macam asam amino yang salah satunya adalah histidin. Ikan tuna yang mengalami penurunan mutu, salah satunya disebabkan oleh pemutusan senyawa asam amino bebas termasuk histidin.

Asam amino histidin bebas ini dengan adanya enzim histidin dekarboksilase akan berubah menjadi senyawa histamin.

2.3. Penangkapan, penanganan, pengolahan dan distribusi tuna

Tuna sebagai komoditi konsumsi yang mempunyai gizi yang sangat baik bagi tubuh dan mempunyai nilai perdagangan yang tinggi harus

diatur tata kelola penangkapannya agar tidak terjadi penangkapan yang berlebihan. Pengendalian penangkapan tuna diatur dengan cara mendaftarkan nama dan identitas kapal yang melakukan penangkapan ikan tuna ke Organisasi Pengelolaan perikanan regional / *Regional Fisheries Management Organization* (RFMO). Manajemen penangkapan tuna dalam ruang lingkup RFMO meliputi *Indian Ocean Tuna Commission* (IOTC), *Commission for the Conservation of Southern Bluefin Tuna* (CCSBT), *Western and Central Pacific Fisheries Commission* (WCPFC), *Inter-American Tropical Tuna Commission* (IATTC) dan *International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas* (ICCAT).

Proses penangkapan ikan tuna akan sangat memengaruhi mutu hasil tangkapan terutama terkait dengan pembentukan histamin. Jenis alat tangkap ikan tuna yang banyak digunakan antara lain *huhate (pole and line)*, *pukat cincin (purse seine)*, *jaring insang hanyut (drift gill net)*, *rawai tuna (tuna long line)* dan *pancing tangan (hand line)* (Tamarol, 2013). Penanganan ikan tuna di atas kapal harus dilakukan dengan baik dan benar mengikuti prinsip Cara Penanganan Ikan yang Baik (CPIB). CPIB di kapal meliputi berbagai faktor pemenuhan persyaratan seperti kelengkapan, kesesuaian dan kebersihan sarana - prasarana kapal, pengetahuan dan keahlian personil yang menangani hasil tangkapan terutama terkait kecepatan penanganan dan penerapan sistem rantai dingin (*cold chain system*).

Ababouch (2014) berpendapat pengembangan dan penerapan cara hygiene yang baik termasuk pada sarana-prasarana kapal pemasok bahan baku dapat mengacu pada *Codex CoP on food hygiene (CAC/RCP 1-1969, Revision 2003) and the 'CoP for fish and fishery products (CAC/RCP 52-2003, Revision 2009)*. Tahap produksi merupakan rantai proses penanganan bahan baku yang dilakukan di kapal perikanan. Rantai proses penanganan bahan baku selanjutnya mencakup alat angkut bahan baku, tempat pendaratan ikan dan unit *supplier* bahan baku. Penanganan ikan adalah suatu rangkaian kegiatan dan/atau perlakuan terhadap ikan tanpa mengubah struktur dan bentuk dasar.

Tahap pengolahan merupakan rantai proses yang dilakukan oleh UPI melalui rangkaian kegiatan dan/atau perlakuan dari bahan baku sampai menjadi produk akhir untuk konsumsi manusia. Bahan baku tuna yang diterima oleh UPI diolah menjadi berbagai bentuk olahan, baik yang langsung dapat dikonsumsi atau harus diproses kembali sebelum dikonsumsi. Jenis hasil olahan tuna yang dihasilkan oleh UPI antara lain tuna segar (*fresh tuna*), tuna beku (*frozen tuna*), tuna kaleng (*canned tuna*), tuna asap (*smoked tuna*)

dan bentuk olahan lainnya. UPI dalam menjamin produk hasil perikanan yang aman untuk dikonsumsi menerapkan prinsip *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP) yang didalamnya mencakup pemenuhan persyaratan dasar (*pre requisite*) berupa pelaksanaan Cara pengolahan yang Baik / *Good Manufacturing Practices* (GMP) dan *Standard Sanitation Operating Procedure* (SSOP).

Otoritas Kompeten Indonesia dalam industri pengolahan hasil perikanan membangun Sistem Jaminan Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan (SJMHP) dari hulu ke hilir untuk mengendalikan mutu dan keamanan hasil perikanan. Otoritas Kompeten melakukan inspeksi secara rutin dan berkala untuk menilai efektivitas penerapan sistem HACCP yang diterapkan oleh UPI. Tingkat pemenuhan penerapan HACCP akan menentukan peringkat HACCP UPI yakni peringkat HACCP A, peringkat HACCP B dan peringkat HACCP C. Pemerintah menginginkan setiap produk hasil perikanan yang akan dikonsumsi baik untuk konsumen dalam negeri maupun konsumen luar negeri memenuhi persyaratan keamanan pangan dan aman untuk dikonsumsi. Khususnya, pada hasil perikanan yang akan diekspor dari Indonesia diharapkan tidak terjadi penolakan yang disebabkan persyaratan keamanan pangan yang tidak sesuai di negara tujuan ekspor.

Tahap distribusi merupakan rantai proses yang melakukan rangkaian kegiatan penyaluran hasil perikanan dari suatu tempat ke tempat lain sejak produksi, pengolahan sampai pemasaran. Proses distribusi merupakan rangkaian proses SJMHP yang harus tetap dipantau oleh UPI untuk menjamin proses distribusi mampu mengendalikan mutu dan keamanan hasil perikanan. Tahap distribusi hasil perikanan memerlukan alat angkut yang memenuhi persyaratan sanitasi dan mampu menjaga suhu untuk mempertahankan mutu dan keamanan hasil perikanan. Selama proses distribusi produk tuna, penerapan sistem rantai dingin (*cold chain system*) merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi kandungan histamin pada produk tuna. Kandungan histamin pada produk tuna selama distribusi dapat meningkat jika suhu kontainer tidak dijaga dibawah 4.4°C.

2.4. Keamanan ikan tuna

Ikan tuna selain mempunyai nilai gizi yang sangat tinggi, namun juga terdapat bahaya keamanan pangan yang harus dikendalikan sepanjang rantai proses. Bahaya keamanan pangan pada produk ikan tuna yang dapat mempengaruhi kesehatan konsumen ditampilkan pada Tabel 2.

Jenis bahaya keamanan pangan pada produk tuna yang sering menjadi perhatian adalah adanya kandungan histamin. Berdasarkan

penelitian Antoine *et al.* (2001) ikan tuna mempunyai kandungan asam amino histidin bebas yang lebih besar dibandingkan jenis ikan mahi – mahi dan ikan kakap. Histidin merupakan prekursor terbentuknya histamin yang dipengaruhi oleh enzim histidin dekarboksilase dari bakteri yang dikatalis adanya peningkatan suhu. Enzim histidin dekarboksilase akan mengubah histidin menjadi histamin seperti ditunjukkan pada

Gambar 2. Histamin merupakan salah satu senyawa biogenik amin yang merupakan senyawa yang mengandung unsur nitrogen yang terdapat pada ikan tuna. Senyawa biogenik amin mempunyai peran yang penting pada fungsi fisiologis tapi jika jumlahnya berlebih dapat mengakibatkan keracunan pada konsumen (Chong *et al.* 2011).

Tabel 2 Jenis bahaya keamanan pada produk tuna.

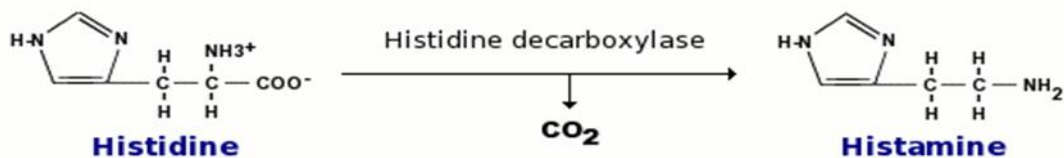
No	Bahaya	Penyebab
1	Histamin	Enzim <i>histidin dekarboksilase</i> dan meningkatnya suhu selama penanganan atau pengolahan.
2	Logam Berat	Sebagai pemangsa / predator akumulasi makanan yang mengandung logam berat.
3	Kontaminasi Bakteri Patogen	Sepanjang rantai produksi yang tidak saniter.
4	Racun <i>Botulin</i>	Bakteri <i>Clostridium botulinum</i> yang bersifat <i>anaerob</i> pada produk kaleng karena proses sterilisasi yang tidak sesuai.
5	Serpihan logam	Proses pananganan / pengolahan dari penggunaan alat-alat mengandung logam yang masuk ke dalam daging.

Proses dekarboksilase dipengaruhi oleh suhu, semakin tinggi suhu ikan tuna maka proses dekarboksilase oleh enzim histidin dekarboksilase akan semakin cepat. Enzim histidin dekarboksilase terbentuk secara endogenik yakni enzim yang terdapat pada ikan itu sendiri maupun eksogenik yang dihasilkan oleh beberapa bakteri antara lain *Morganella morganii*, *Enterobacter aerogenes*, *Raoultella planticola*, *Hafnia*, *Klebsiella*, *Escherichia*, *Clostridium*, *Lactobacillus*, *Enterobacter* dan *Proteus*, yang beberapa mikroorganisme tersebut secara alamiah ada dalam air laut. Pertumbuhan bakteri pembentuk histamin pada ikan tuna dikendalikan dengan penyimpanan dingin pada suhu dibawah 4.4°C, bahkan pembentukan histamin dapat dihentikan dengan penyimpanan beku (Lee *et al.* 2012).

tidak dibersihkan ketika pertama kali ditangkap dapat menjadi faktor lainnya yang menyebabkan tingginya kadar histamin. Penelitian Mahusain *et al.* (2017) menunjukkan bahwa peningkatan suhu dan adanya isi perut pada ikan tuna akan memengaruhi konsentrasi histamin pada ikan tuna.

Selain faktor kenaikan suhu yang dapat menyebabkan meningkatnya kadar histamin pada saat pengolahan, adanya bagian isi perut yang

Efek yang dapat ditimbulkan jika mengonsumsi histamin yang melebihi standar adalah gejala akut berupa memerah pada wajah, leher, dada bagian atas, muntah, berkeringat, mual, kram perut, sakit kepala, diare, pusing dan jantung berdebar (EFSA, 2011). Sekilas gejala keracunan histamin mirip dengan gejala alergi yang terjadi secara umum pada orang yang mempunyai hipersensitivitas terhadap stimulus tertentu pada dosis yang ditoleransi oleh individu yang normal (Oliver, 2013).



Gambar 2 Dekarboksilase histidin menjadi histamin.

2.5. Histamin dan penolakan ekspor ikan tuna

Bahaya keamanan pangan histamin biasa disebut juga sebagai *Scombroid fish poisoning* karena berdasarkan catatan, kasus histamin banyak disebabkan oleh jenis ikan golongan *Scombridae* seperti tuna, makarel dan bonito. Selain dari golongan *scombridae*, berdasarkan

regulasi UE, histamin juga dapat terjadi pada jenis ikan golongan *Clupeidae*, *Engraulidae*, *Coryfenidae*, *Pomatomidae*, *Scombresosidae* (EC 2005; EC, 2008). Informasi ketidaksesuaian persyaratan mutu dan keamanan pangan termasuk kasus histamin pada produk tuna di beberapa negara tujuan ekspor dapat diketahui melalui portal *website* di negara tujuan ekspor

atau berdasarkan informasi notifikasi yang dikirim dari Otoritas Kompeten negara tujuan ekspor kepada Otoritas Kompeten di negara pengekspor.

Uni Eropa mempunyai sistem informasi penolakan produk pangan dari negara eksportir melalui portal *Rapid Alert System for Food and Feed* (RASFF). Pada database RASFF, notifikasi terkait keberadaan senyawa biogenik amin dalam makanan paling banyak adalah kasus histamin pada produk perikanan. Berdasarkan data RASFF sepanjang tahun 2002 – 2010 terjadi 315 kasus histamin, dengan 201 kasus histamin berasal dari produk tuna (Leuschner *et al.* 2013).

Data penolakan produk pangan di negara Amerika Serikat dari berbagai negara dapat diketahui melalui Sistem informasi *Import Refusal Report* dari *Food and Drug Administration* (FDA). FDA mempunyai wewenang untuk menahan dan menolak produk pangan yang tidak sesuai dengan peraturan yang berlaku di Amerika Serikat. Sementara informasi penolakan produk hasil perikanan dari Otoritas Kompeten Kanada disampaikan secara resmi kepada Otoritas Kompeten Indonesia (*CFIA Rejections of Products from Indonesia*) berdasarkan perjanjian kerjasama *Arrangement on the mutual of fish and fishery products inspection and control system* sejak tahun 2002.

Rekapitulasi notifikasi kasus histamin pada produk tuna asal Indonesia melalui *EU RASFF Portal* (UE), *Import Refusal Report* (Amerika Serikat) dan *CFIA Rejections of Products from Indonesia* (Kanada) dari tahun 2013 sampai dengan 2018 ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Kompilasi data penolakan produk tuna dari Indonesia karena histamin di negara UE, USA dan Kanada.

Tahun	Jumlah Notifikasi Histamin			Total
	UE	USA	Kanada	
2013	3	0	1	4
2014	3	0	3	6
2015	0	1	0	1
2016	0	1	0	1
2017	2	5	0	7
2018	1	0	1	2
Total	9	7	5	21

Sumber: Pusat Pengendalian Mutu (Data diolah).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode survei yang meliputi 4 (empat) tahap penelitian yakni 1) pemilihan dan penetapan responden; 2) penyusunan dan pengujian kuesioner; 3) pelaksanaan survei; dan 4) pengolahan data.

Pengolahan data terkait perhitungan validitas, reliabilitas, persentase tingkat pemenuhan, nilai korelasi dan nilai determinasi dilakukan menggunakan program Microsoft Excel 2010.

3.1 Pemilihan dan penetapan responden

Responden dipilih dari daftar UPI yang terdaftar di seluruh Indonesia diambil dari portal <http://www.haccp.bkipm.kkp.go.id/>. Responden ditetapkan berdasarkan *purposive sampling* dari UPI dengan peringkat HACCP A, peringkat HACCP B dan peringkat HACCP C yang mengolah tuna beku di seluruh Indonesia yang berlokasi di 19 (sembilan belas) provinsi yakni Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Lampung, Banten, Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Utara, Gorontalo, Maluku dan Maluku Utara.

3.2. Penyusunan kuesioner

Pertanyaan dalam kuesioner mengacu pada Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 52A/KEPMEN-KP/2013 tentang Persyaratan Jaminan Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan pada Proses Produksi, Pengolahan dan Distribusi. Kuesioner dibagi menjadi 4 (empat) bagian yakni: 1) Profil responden dan UPI; 2) Pengendalian bahaya histamin oleh UPI pada tahap produksi; 3) Pengendalian bahaya histamin oleh UPI pada tahap pengolahan; dan 4) Pengendalian bahaya histamin oleh UPI pada tahap distribusi.

Kuesioner pada tahap produksi merupakan pertanyaan pada rantai proses yang mencakup penanganan bahan baku di kapal perikanan, tempat pendaratan ikan, alat angkut bahan baku dan unit *supplier* bahan baku. Kuesioner pada tahap pengolahan merupakan pertanyaan pada rantai proses di UPI. Sementara kuesioner pada tahap distribusi merupakan pertanyaan pada rantai proses penanganan alat angkut distribusi produk akhir.

3.3. Pengujian kuesioner

Kuesioner sebagai alat ukur harus mempunyai validitas dan reliabilitas yang baik (Morissan, 2012). Validitas menunjukkan sejauh mana alat ukur yang digunakan dapat mengukur apa yang ingin diukur, sedangkan reliabilitas menunjukkan sejauh mana suatu hasil pengukuran relatif konsisten apabila pengukuran diulangi dua kali atau lebih. Validitas kuesioner ini diuji terhadap 30 responden penanggung jawab mutu UPI.

Singarimbun dan Efendi (2011) menyebutkan untuk mengetahui validitas kuesioner dilakukan perhitungan Koefisien Reprodusibilitas (*Coefficient of Reproducibility*) dan Koefisien Skalabilitas (*Coefficient of*

Scalability). Rumus perhitungan Koefisien Reprodusibilitas (Kr) ditunjukkan pada persamaan 1, sedangkan rumus perhitungan Koefisien Skalabilitas (Ks) sebagaimana ditunjukkan dalam persamaan 2.

$$Kr = 1 - \left(\frac{e}{n}\right) \dots\dots\dots 1$$

dimana:

- Kr = Koefisien Reprodusibilitas
- e = Jumlah Kesalahan / nilai error
- n = Jumlah pernyataan dikali jumlah responden

Syarat penerimaan nilai koefisien reprodusibilitas > 0.90

$$Ks = 1 - \left(\frac{e}{x}\right) \dots\dots\dots 2$$

dimana:

- Ks = Koefisien Skalabilitas
- e = Jumlah Kesalahan / nilai error
- x = 0.5 ({Jumlah pernyataan dikali jumlah responden} - Jumlah Jawaban "ya")

Syarat penerimaan nilai koefisien skalabilitas > 0.60.

Kuesioner yang sudah valid diuji reliabilitasnya menggunakan persamaan Kuder Richardson 20 (KR-20), sebagaimana persamaan 3.

$$r = \frac{K}{(K-1)} \left(\frac{St^2 - \Sigma pq}{St^2}\right) \dots\dots\dots 3$$

dimana:

- K = Jumlah item soal dalam instrumen
- p = Jumlah subyek yang menjawab 1
- q = 1-p
- St² = Varians total = Xt²/n (jumlah responden)

Nilai reliabilitas kurang dari 0,6 adalah kurang baik, sedangkan 0,7 dapat diterima dan diatas 0,8 adalah baik.

3.4. Pelaksanaan survei

Survei dilakukan secara *online* dengan menyebarkan kuesioner melalui media internet selama bulan Februari 2019 kepada 150 responden. Responden menjawab pertanyaan dan mengirimkan kembali jawaban kuesioner menggunakan media elektronik seperti telepon seluler (*handphone*), tablet dan komputer. Data hasil survei dari responden diterima secara *online* untuk dikompilasi dan ditabulasi dengan

menggunakan Microsoft Excel yang diolah sesuai dengan kebutuhan.

3.5. Pengolahan data

Tingkat pemenuhan persyaratan oleh UPI pada tahap proses dihitung melalui persentase jawaban responden. Perhitungan persentase berdasarkan jumlah jawaban responden yang menjawab "Ya" dibanding dengan keseluruhan jawaban responden. Perhitungan persentase dirumuskan dalam persamaan 4.

$$P = \frac{fi}{\Sigma fi} x 100\% \dots\dots\dots 4$$

dimana :

- P = Persentase responden dengan kategori tertentu
- Fi = Jumlah responden yang menjawab "Ya"
- Σfi = Total jawaban

Perhitungan koefisien korelasi antara variabel X yang merupakan variabel persyaratan pengendalian histamin, dengan variabel Y yang merupakan variabel tingkat pengendalian histamin, pada skala Guttman dengan jawaban pertanyaan bersifat dikotomi ("Ya"/ "Tidak"), menggunakan korelasi Phi (Φ) dengan rumus pada persamaan 5.

$$\Phi = \frac{bc-ad}{\sqrt{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)}} \dots\dots\dots 5$$

dimana:

- a = Jumlah responden yang menjawab variabel X dengan "ya" dan variabel Y dengan "ya"
- b = Jumlah responden yang menjawab variabel X dengan "tidak" dan variabel Y dengan "ya"
- c = Jumlah responden yang menjawab variabel X dengan "ya" dan variabel Y dengan "tidak"
- d = Jumlah responden yang menjawab variabel X dengan "tidak" dan variabel Y dengan "tidak"

Korelasi ini digunakan untuk mengorelasikan frekuensi antar kategori pada variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y).

Pengaruh variabel independen (bebas) terhadap variabel dependen (terikat) diukur melalui uji Koefisien Determinasi (R²). Koefisien determinasi (R²) merupakan alat untuk mengukur seberapa jauh kemampuan model dalam menerangkan variasi variabel dependen. Perhitungan untuk koefisien determinasi ditunjukkan pada persamaan 6.

$$R^2 = r^2 \dots\dots\dots 6$$

dimana r adalah koefisien korelasi

Nilai koefisien determinasi adalah antara nol dan satu. Nilai R² kecil berarti kemampuan variabel independen dalam menjelaskan variasi variabel dependen amat terbatas. Sebaliknya, jika nilai yang mendekati 1 berarti variabel independen memberikan hampir semua informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variabel dependen.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Validitas dan reliabilitas kuesioner

Kuesioner yang baik harus memenuhi kombinasi persyaratan validitas dan reliabilitas (Taherdoost, 2016). Uji validitas dan reliabilitas dilakukan terhadap 30 responden penanggungjawab mutu UPI yang terdiri dari laki – laki berjumlah 11 orang (36.7%) dan perempuan berjumlah 19 orang (63.3%). Hasil uji validitas dan reliabilitas kuesioner terhadap 30 responden dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil uji validitas dan reliabilitas kuesioner (N=30).

No	Pertanyaan	Validitas		Reliabilitas (>0,60)
		Reprodusibilitas (>0,90)	Skalabilitas (>0,60)	
1	Kapal: 1. Sertifikasi Kapal	0.96	0.92	0.80
	2. Bahan Baku dari Kapal	0.97	0.95	0.77
2	Penanganan di TPI	0.98	0.96	0.72
3	Kondisi Alat Angkut Bahan Baku	0.98	0.96	0.63
4	Suplier: 1. Sertifikasi Suplier	0.97	0.95	0.74
	2. Bahan Baku dari Suplier	0.97	0.95	0.70
5	UPI: 1. Suhu Bahan Baku	0.99	0.97	0.77
	2. Organoleptik Bahan Baku	0.96	0.91	0.66
	3. Histamin Bahan Baku	0.98	0.96	0.72
	4. Histamin Produk Akhir	0.96	0.91	0.70
	5. Pengujian laboratorium	0.98	0.96	0.52
	6. Rantai Dingin Sar-Pras	0.97	0.93	0.71
	7. Kompetensi SDM	0.98	0.96	0.69
6	Proses Distribusi	0.92	0.83	0.65

Hasil uji validitas menyatakan bahwa kuesioner adalah valid yang ditunjukkan nilai koefisien reprodusibilitas > 0.90, dan nilai koefisien skalabilitas > 0.60. Uji reliabilitas memperlihatkan data survei pada pengujian laboratorium memiliki nilai yang rendah yakni 0.52 sehingga tidak memenuhi syarat nilai minimal 0.60. Kuesioner terkait laboratorium pengujian histamin mempunyai validitas yang baik namun nilai reliabilitas yang rendah sehingga tidak digunakan dalam pelaksanaan survei terhadap responden.

4.2. Profil responden dan UPI

Responden yang mengisi kuesioner dalam penelitian ini sebanyak 134 orang berasal dari UPI yang mengolah tuna beku di seluruh Indonesia. Responden terdiri dari 70 orang laki – laki (52.5 %) dan 64 orang perempuan (47.8%). Tingkat pendidikan responden secara umum adalah setingkat diploma sebesar 41% dan setingkat

sarjana sebesar 40.03%. Sebagian besar responden pada penelitian ini sudah mempunyai sertifikat pelatihan HACCP sebanyak 122 orang (91.0%), sedangkan yang tidak memiliki sertifikat pelatihan HACCP sebanyak 12 orang (9.0%). UPI pengolah tuna beku dari responden tersebar di seluruh Indonesia dengan proporsi tiga lokasi terbesar berada di Jakarta sebanyak 36 UPI (26.9%), Bali sebanyak 20 UPI (14.9%) dan Jawa Timur sebanyak 18 UPI (13.4%) serta lokasi lainnya 60 UPI (44.8%). Peringkat HACCP UPI dari responden yang mengikuti survei mencakup peringkat HACCP A sebanyak 59 UPI (44.0%), peringkat HACCP B sebanyak 58 UPI (43.3%) dan peringkat HACCP C sebanyak 17 UPI (12.7%).

4.3. Pengendalian histamin pada rantai proses tuna

Secara umum, pengendalian bahaya histamin pada produk tuna oleh UPI dipengaruhi oleh

tingkat pemenuhan persyaratan pada tahap produksi, pengolahan dan distribusi (Mercogliano and Santonicola, 2019). Tingkat pemenuhan persyaratan pada setiap rantai proses produk tuna ditunjukkan dalam Tabel 5. Pada rantai proses produk tuna oleh UPI, pemenuhan persyaratan yang lebih rendah dari 70% adalah kapal pemasok bahan baku (64.60%), unit *supplier* (68.72) dan alat angkut produk akhir (57.46%). Rendahnya nilai pemenuhan persyaratan, menunjukkan adanya variabel persyaratan yang belum dapat diterapkan oleh UPI. Variabel yang belum dapat dipenuhi ini dapat menjadi salah satu faktor kritis yang mengakibatkan ditolak produk tuna beku yang diekspor karena kandungan histamin yang melebihi standar yang ditetapkan di negara tujuan ekspor.

Salah satu variabel persyaratan pada unit *supplier* dan alat angkut distribusi produk akhir dalam pengendalian bahaya histamin pada produk tuna oleh UPI adalah adanya data rekaman suhu. Rekaman suhu sepanjang rantai proses produk tuna merupakan variabel penting yang dapat menjadi salah satu indikator pemantauan kandungan histamin pada produk tuna. UPI dapat mensyaratkan unit *supplier* bahan baku untuk menyampaikan data rekaman suhu bahan baku tuna selama penanganan di unit *supplier*. Rekaman suhu penanganan bahan baku dari unit *supplier* dapat menjadi indikasi untuk mengetahui bahan baku tuna yang diterima oleh UPI jika terjadi peningkatan kandungan histamin.

Tabel 5 Pemenuhan persyaratan pada rantai proses pengendalian bahaya keamanan histamin produk tuna (N = 134).

No	Pemenuhan persyaratan pada rantai proses	Persentase Pemenuhan Persyaratan (%)			
		Grade A (N=59)	Grade B (N=58)	Grade C (N=17)	Total (N=134)
Tahap Produksi					
1.	Kapal pemasok bahan baku	70.59	63.50	52.31	64.60
2.	Tempat Pendaratan Ikan	88.24	83.33	74.36	83.91
3.	Alat Angkut Bahan Baku	87.25	85.83	79.49	85.44
4.	Unit <i>Supplier</i>	74.40	62.78	60.00	68.72
Persentase Tahap Produksi					71.27
Tahap Pengolahan					
5.	Unit Pengolahan Ikan	88.49	79.24	67.40	81.81
Tahap Distribusi					
6.	Alat Angkut Produk Akhir (Rekaman suhu selama distribusi)	60.59	56.74	50.00	57.46
Tingkat Pemenuhan rantai proses		81.81	73.81	63.78	75.99

Pada tahap distribusi, UPI dapat menerapkan mekanisme pengendalian distribusi ekspor dengan menempatkan alat perekam suhu otomatis selama perjalanan di dalam kontainer yang diterima oleh pembeli. Produk akhir tuna beku mempunyai suhu pusat maksimum -18°C, sementara untuk menyebabkan meningkatnya kandungan histamin adalah ketika suhu produk tuna mencapai lebih besar dari 4.4°C. Rendahnya tingkat pemenuhan persyaratan tersedianya bukti rekaman suhu selama perjalanan diduga karena UPI menganggap suhu pusat produk tuna beku -18°C kecil kemungkinan mencapai suhu melebihi 4.4°C selama perjalanan.

Pengendalian histamin pada produk tuna beku selama distribusi tidak ada jaminan jika tidak terdapat data rekaman suhu selama distribusi karena tidak akan pernah diketahui bila pada waktu tertentu dalam perjalanan suhu pernah melebihi 4.4°C. Hal ini juga menunjukkan UPI belum menerapkan Cara Distribusi yang Baik / *Good Distribution Practices* (GDP) yang mempersyaratkan adanya bukti rekaman suhu. Rekaman suhu pada distribusi pangan

merupakan salah satu faktor penting dalam pengendalian bahaya keamanan pangan.

4.4. Pengendalian histamin pada tahap produksi

Penanganan bahan baku di kapal perikanan merupakan tahapan awal proses tuna yang paling penting untuk mengetahui adanya kandungan histamin. Ikan tuna pada saat baru diangkat pada kapal mempunyai suhu sekitar 30°C sehingga jika tidak segera ditangani dan didinginkan dapat menyebabkan meningkatnya kandungan histamin pada ikan tuna. Kandungan histamin yang sudah ada pada ikan tuna tidak dapat dihilangkan pada tahap proses selanjutnya, bahkan bisa bertambah jika selama tahap proses berikutnya tidak mempertahankan suhu lebih kecil dari 4.4°C. Tabel 6 memperlihatkan variabel tingkat pemenuhan persyaratan kapal pemasok bahan baku. Persyaratan kapal pemasok bahan baku adalah harus terdaftar, sebagai *approved supplier* dan mempunyai sertifikat Cara Penanganan Ikan yang Baik (CPIB). Persyaratan yang belum dapat dipenuhi dengan optimal pada kapal pemasok

bahan baku adalah variabel persyaratan bahwa bahan baku yang diterima oleh UPI hanya berasal dari kapal perikanan yang bersertifikat Cara Penanganan Ikan yang Baik (CPIB) dengan tingkat pemenuhan sebesar 29.89%. Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 52A/KEPMEN-KP/2013 tentang “Persyaratan Jaminan Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan pada Proses Produksi, Pengolahan dan Distribusi”, mempersyaratkan bahwa bahan baku

yang diterima oleh UPI berasal dari pemasok yang mempunyai sertifikat CPIB. Kendala untuk sertifikasi CPIB kapal diduga karena tidak ada komitmen pelaku usaha kapal pemasok bahan baku terhadap pemenuhan persyaratan pengendalian mutu dan keamanan hasil Perikanan. Selain itu, kapal pemasok bahan baku masih beranggapan bahwa tanpa sertifikasi CPIB, bahan baku masih dapat diterima oleh UPI.

Tabel 6 Tingkat pemenuhan persyaratan kapal pemasok bahan baku.

No	Persyaratan kapal pemasok bahan baku tuna	Jumlah responden		Total responden	Persentase pemenuhan (%)
		Ya	Tidak		
1.	UPI mempunyai daftar kapal	80	7	87	91.95
2.	UPI melakukan inspeksi kapal	66	21	87	75.86
3.	UPI hanya menerima dari kapal terdaftar	62	25	87	71.26
4.	UPI mempersyaratkan CPIB kapal	53	34	87	60.92
5.	Bahan Baku hanya dari kapal CPIB	26	61	87	29.89

Persyaratan bahan baku hanya berasal dari kapal bersertifikat CPIB ditentukan nilai korelasi dan determinasinya dengan menghubungkannya dengan beberapa persyaratan lainnya untuk mengetahui tingkat hubungan antar variabel dan tingkat pengaruh pengendalian bahaya histamin. Pada Tabel 7 memperlihatkan beberapa data korelasi dan determinasi pemenuhan persyaratan kapal pemasok bahan baku. korelasi dan determinasi yang mempunyai nilai tertinggi adalah hubungan

antara UPI mempersyaratkan CPIB kapal dengan UPI hanya menerima dari bahan baku dari kapal yang sudah mempunyai sertifikat CPIB. Hubungan kedua variabel tersebut berkorelasi positif dengan *Phi Correlation 0.509* dengan nilai determinasi 25.91%. Hal ini bermakna bahwa persyaratan sertifikasi CPIB untuk kapal dan UPI hanya menerima bahan baku dari kapal yang mempunyai sertifikat CPIB dapat berpengaruh pada adanya kandungan histamin pada tuna.

Tabel 7 Korelasi dan determinasi antar variabel persyaratan kapal pemasok bahan baku.

No	Persyaratan kapal pemasok bahan baku	Korelasi Phi	Determinasi (%)
1.	Bahan baku dari kapal terdaftar UPI hanya menerima bahan baku dari kapal CPIB	0.248	6.15
2.	Inspeksi kapal (<i>approved supplier</i>) UPI hanya menerima BB dari kapal terdaftar	0.251	6.30
3.	UPI mempersyaratkan CPIB kapal UPI hanya menerima bahan baku dari kapal CPIB	0.509	25.91

4.5. Pengendalian bahaya histamin di kapal pemasok bahan baku tuna

Pada penerapan CPIB di kapal, tahapan operasional penanganan bahan baku tuna merupakan elemen yang sangat penting dalam pengendalian bahaya histamin. Proses penanganan tuna di kapal meliputi penangkapan, pendaratan di atas kapal, pematian, pembuangan darah, pembuangan insang dan isi perut, pembersihan, pembilasan, pendinginan dan penyimpanan dingin.

Proses pendinginan merupakan faktor kritis dalam pengendalian peningkatan kandungan histamin pada ikan tuna. Menurut Blanc *et al.* (2005), waktu yang dibutuhkan untuk proses pendinginan adalah 6 – 12 jam untuk tuna ukuran kecil dengan berat antara 25 – 40 Kg. Tuna

dengan ukuran besar dapat didinginkan selama 24 Jam. Pada kapal dengan ukuran kecil seperti kapal nelayan yang tidak dapat melakukan proses pendinginan di kapal pendinginan dilakukan setelah kapal mendarat. Tuna yang terpapar suhu lebih dari 28.3°C, maka proses pendinginan harus segera dilakukan tidak lebih dari 6 jam setelah ikan tuna mati. Jika ikan tuna terpapar suhu lebih rendah dari 28.3°C, maka proses pendinginan harus segera dilakukan tidak lebih dari 9 jam setelah ikan tuna mati. Ikan tuna yang sudah dibuang insang dan isi perutnya sebelum didinginkan harus segera didinginkan tidak lebih dari 12 jam setelah ikan tuna mati (FDA, 2011). Selama sebelum dikonsumsi, suhu ikan tuna harus tetap dijaga lebih rendah dari 4.4°C sehingga asam amino histidin yang terkandung

dalam daging tuna tidak berubah menjadi histamin.

5. KESIMPULAN

Kajian pengendalian histamin pada rantai proses produk ikan tuna beku ekspor dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Persyaratan pengendalian bahaya histamin belum dapat dipenuhi secara optimal oleh UPI pada rantai proses produk tuna adalah pada kapal pemasok bahan baku (64.60%), unit *supplier* (68.72%) dan alat angkut distribusi produk akhir (57.46%).
- Faktor penting yang harus diperhatikan oleh UPI pada unit *supplier* dan alat angkut distribusi produk akhir adalah adanya data rekaman suhu sebagai bukti pengendalian bahaya histamin pada produk tuna.
- Pada kapal pemasok bahan baku faktor penting yang belum secara optimal dipenuhi oleh UPI adalah persyaratan bahan baku yang diterima oleh UPI hanya berasal dari kapal bersertifikat Cara Penanganan Ikan yang Baik (CPIB) dengan tingkat pemenuhan sebesar 29.89%. Variabel persyaratan ini berkorelasi positif (*Phi Correlation* 0,509) dengan variabel jika UPI mensyaratkan kapal pemasok bahan baku mempunyai sertifikat CPIB. UPI mempersyaratkan kapal pemasok bahan baku yang bersertifikat CPIB dapat berpengaruh sebesar 25.91% untuk UPI menerima bahan baku hanya dari kapal yang bersertifikat CPIB, selebihnya dipengaruhi oleh faktor lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Pusat Pengendalian Mutu, Badan Karantina Ikan Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan (BKIPM), Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) sebagai lembaga inspeksi dan sertifikasi hasil perikanan yang telah mengizinkan penulis mengolah data pemenuhan persyaratan sistem jaminan mutu dan keamanan hasil perikanan oleh UPI sebagai dasar penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ababouch L. (2014). *Food safety assurance system: Good practices in fisheries and aquaculture. Encyclopedia of Food Safety*, 159-167. doi:10.1016/B978-0-12-378612-8.00343-7
- Antoine ER, Wei CI, Littell RC, Quinn BP, Hogle AD, and Marshall MR. (2001). *Free amino acids in dark- and white-muscle fish as determined by o-phthaldialdehyde precolumn derivatization. Journal of Food Science*. 66(1).
- Atuna. (2018). *WORLD: Export of tuna products*. Internet. diunduh 2018 Juli 22. Tersedia pada: <http://www.atuna.com/index.php/en/trade/47-market-statistics>.
- Chong CY, Abu Bakar F, Russly AR, Jamilah B, & Mahyudin NA. (2011). *The effects of food processing on biogenic amines formation. International Food Research Journal*. 18(3): 867-876.
- [EC] European Commission. (2005). *Regulation (EC) No.2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs. Official Journal of the European Union*. L 338/1.
- [EC] European Commission. (2008). *Regulation (EC) No. 1441/2007 of 5 December 2007 amending Regulation (EC) No.2073/2005 on Microbiological criteria for foodstuffs. Official Journal of the European Union*. L 322/12.
- [EFSA] European Food Safety Authority. (2011). *Scientific opinion on risk based control of biogenic amine formation in fermented foods. EFSA Journal* 9(10):93
- Evangelista WP, Silva TM, Guidi LR, Tette PAS, Byrro RMD, Santiago-Silva P, Fernandes C, Gloria MBA. (2016). *Quality assurance of histamine analysis in fresh and canned fish. Food Chemistry*. 211: 100 – 106
- [FAO] Food Agricultural Organization of the United Nations. (2012). *Codex alimentarius Commission. Joint FAO/WHO Food standar programme. Codex committee on fish and fishery products, 32 session discussion paper histamine, 1-14*.
- [FDA] Food and Drug Administration. 2011. *Fish and fishery product hazards and control guidance –Fourth Edition. US Department Health and Human Services, Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition, Florida*.
- Graham JB, Dickson KA. 2004. *Tuna comparative physiology. Journal of Experimental Biology*. (207): 4015-4024. doi: 10.1242/jeb.01267
- Kantun W, Malik AA, Harianti (2015). Kelayakan limbah padat tuna loin madidihang Thunnus albacares untuk bahan baku produk diversifikasi. JPHPI. Vol 18. No.3
- Lee Y-C, Kung H-F, Lin C-S, Hwang C-C, Lin C-M, Tsai Y-H. (2012). *Histamine production by Enterobacter aerogenes in tuna dumpling stuffing at various storage*

- temperatures. *Food Chemistry*. 131 (2): 404-412.
- Leuschner RGK, Hristova A, Robinson T, Hugas M. (2013). *The rapid alert system for food and feed (RASFF) database in support of risk analysis of biogenic amines in food*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 29(1): 37-42.
- Mahusain NAS, Bayoi F, Karim NU, Zainol MK, Danish-Daniel M. 2017. *Changes of histamine levels and bacterial growth in longtail tuna, thunnus tonggol stored at different temperature*. *Journal of Sustainability Science and Management Special Issue No.3 2017 Improving the Health of Setiu Wetlands Ecosystems and Productivity of Crustacean Resources for Livelihood Enhancement* : 38-46
- Mercogliano R, Santonicola S. (2019). *Scombroid fish poisoning: Factors influencing the production of histamine in tuna supply chain*. *LWT – Food Science and Technology* 114 (2019) 108374.
- Morissan. (2012). *Metode Penelitian Survei*. Jakarta (ID): Kencana Prenadamedia Grup.
- Murniyati AS, Sunarman. (2004). *Pendinginan, pembekuan, dan pengawetan Ikan*. Kanisius, Yogyakarta.
- Oliver CE. (2013). *Food allergy*. *Journal of Allergy & Therapy*. DOI: 10.4172/2155-6121.S3-004
- Singarimbun M, Efendi S. (2011). *Metode Penelitian Survei*. Jakarta (ID): PT. Pustaka LP3ES Indonesia.
- Taherdoost H. (2016). *Validity and reliability of the research instrument; How to test the validation of a questionnaire/survey in a research*. *International Journal of Academic Research in Manajegement (IJARM)*. 5(3): 28-36
- Tamarol J. (2013). *Daerah penangkapan ikan tuna (Thunnus sp.) di Sangihe, Sulawesi Utara*. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis*. IX(2).
- Triharyuni S, Prisantoso Bl. (2012). *Komposisi jenis dan sebaran ukuran tuna hasil tangkapan longline di perairan Samudera Hindia selatan Jawa*. *Jurnal Saintek Perikanan*. Vol 8. No.1
- Yusuf R, Arthatiani FY, Putri HM. (2017). *Opportunities of tuna Indonesia export market: A Bayesian analysis approach*. *J. Kebijakan Sosek KP*. 7(1): 39