

Evaluasi Mutu dan Keamanan Pangan Tuna (*Thunnus albacares*) di Unit Pengolahan Ikan Maluku Utara, Indonesia

Evaluation of Food Safety and Quality of Thunnus albacares in the Fish Processing Plant of North Maluku, Indonesia

M. Djanib Achmad, Husnul Khatimah Ramli*, Eka Aprianti, dan Nurindrasari Abdurrahman

Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Universitas Khairun, Jl Raya Gambesi,
Kampus II, Ternate Selatan, 97719, Ternate, Maluku Utara, Indonesia

*Korespondensi penulis : husnul.khatimah@unkhair.ac.id

Diterima: 07 Mei 2024; Direvisi: 15 Oktober 2024; Disetujui: 06 November 2024

ABSTRAK

Laut Maluku merupakan salah satu daerah tangkapan ikan tuna dengan produksi yang cukup tinggi, terutama di perairan Maluku Utara. Zona operasi penangkapan ikan tuna di Maluku Utara berada di perairan pulau Bacan, Tidore, Ternate, Obi, Sanana, dan Morotai. Isu pencemaran perairan yang berimplikasi terhadap perikanan karena beberapa jenis polutan bersifat persisten, akumulatif dan tidak dapat diuraikan, hal ini sejalan dengan isu keamanan pangan yang terjadi di Indonesia. Ikan tuna dapat menyebabkan permasalahan kesehatan pada manusia karena terjadinya kontaminasi mikroba dan kontaminasi kimia pada saat proses penangkapan, penanganan maupun pengolahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas dan keamanan ikan *Thunnus albacares* dengan beberapa parameter uji yaitu Organoleptik, Angka Lempeng Total (ALT), uji Histamin dan Merkuri. Sample dikumpulkan dari hasil tangkapan nelayan dengan lokasi *fishing ground* di sekitar perairan Sanana, perairan Fala, Tobelo, Ternate, Pulau Obi dan Morotai. Evaluasi organoleptik dilakukan untuk melihat kondisi ikan keseluruhan (mata, insang, lendir, daging, bau, dan tekstur), kondisi ikan dalam keadaan segar dengan nilai rata-rata >7. Nilai ALT menunjukkan rata-rata 5×10^3 cfu/g, kandungan histamin < 2,4 ppm dan akumulasi logam berat pada daging *Thunnus albacares* berada di bawah batas legal yaitu < 1 ppm. Tidak ditemukan nilai uji diatas ambang batas legal. *Thunnus albacares* yang ditangkap di perairan Maluku Utara, Indonesia berkualitas baik dan aman untuk dikonsumsi.

Kata kunci: histamin, keamanan pangan, logam berat

ABSTRACT

Maluku Sea is one of the tuna fishing areas with quite high production, especially in the waters of North Maluku. The tuna fishing operation zone in North Maluku is in the waters of Bacan, Tidore, Ternate, Obi, Sanana, Morotai and Ambon islands. The issue of water pollution which has implications for fisheries is increasingly receiving world attention because several types of pollutants are persistent, accumulative and cannot be described, this is in line with the food safety issue that occurs in Indonesia. Tuna fish can cause health problems due to microbial contamination and chemical contamination during the catching, handling and processing processes. This study aims to evaluate the quality and safety of Thunnus albacares fish using several test parameters, namely Organoleptic, Total Plate Number (ALT), Histamine and Mercury tests. Samples were collected from fishermen's catches at fishing ground locations around Sanana waters, Fala waters, Tobelo, Ternate, Obi Island and Morotai. Organoleptic evaluation was carried out to see the overall condition of the fish (eyes, gills, mucus, flesh, smell and texture), the condition of the fish was fresh with an average value of >7. The ALT value showed an average of 5×10^3 CFU/g, the histamine content was <2.4 ppm/g, and the accumulation of heavy metals in Thunnus albacares meat was below the legal limit, namely <1 ppm/g. No test values were found above the legal threshold. Thunnus albacares caught in the waters of North Maluku, Indonesia are of good quality and safe for consumption.

Keyword: food safety, histamine, heavy metal

PENDAHULUAN

Industri pengolahan ikan semakin berkembang seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk sehingga menyebabkan peningkatan konsumsi ikan dan produk perikanan. Penanganan dan pengolahan ikan segar harus dilaksanakan sesuai dengan SSOP dan GMP yang telah dipersyaratkan oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan dan diatur dalam Standar Nasional Indonesia. Suhu pusat bahan baku tuna segar pada saat penerimaan bahan baku dan penanganan harus dipertahankan maksimum pada suhu 4°C untuk menghambat pembentukan histamin serta mempertahankan kesegaran ikan (Suryanto & Sipahutar, 2021). Air yang digunakan selama proses penanganan dan pengolahan ikan harus dingin. Suhu pusat bahan baku tuna beku pada saat penerimaan adalah -18°C dan tetap dipertahankan pada suhu tersebut selama penanganan untuk mempertahankan mutunya (BSN, 2015).

Histamin adalah senyawa yang pada umumnya terdapat pada daging ikan atau produk ikan yang berasal dari Famili *Scombroidae* yang karena kontribusi bakteri pembusuk menghasilkan histamin yang tinggi (Suryanto & Sipahutar, 2021). Ikan tuna berpotensi menyebabkan masalah kesehatan karena adanya kontaminasi mikroba pada proses penangkapan, penanganan maupun pengolahan. Kadar histamin yang tinggi menyebabkan keracunan pada manusia sehingga dijadikan sebagai indikator mutu dan keamanan pangan produk tuna (Wodi & Cahyono, 2021). Angka Lempeng Total umumnya tidak terkait pada *food safety issues*, namun kadang digunakan sebagai parameter untuk menunjukkan kualitas, *self life*, kontaminasi serta status hygiene produk pada saat produksi sesuai dengan SNI 01-2332.3-2006 (BSN, 2006). Pengujian organoleptik memiliki peran penting sebagai pendeteksi awal untuk menilai mutu serta untuk mengetahui penyimpangan dan perubahan yang terjadi dalam produk (BSN, 2006). Logam berat merupakan salah satu elemen kimiawi metalik dan metaloida dengan bobot atom dan bobot jenis yang tinggi yakni lebih besar dari 5 g/cm³, contoh di antaranya adalah merkuri (Hg), timbel (Pb) dan kadmium (Cd). Kandungan logam berat yang semakin tinggi dalam perairan maka akan mempengaruhi kandungan logam berat yang terakumulasi dalam tubuh organisme (Maddusa et al., 2017).

Unit Pengolahan Ikan (UPI) di Maluku Utara memainkan peran sentral dalam menjaga mutu dan keamanan Tuna sebelum diekspor

maupun didistribusikan ke pasar lokal. Proses pengolahan ikan yang tidak memenuhi standar dapat meningkatkan resiko kontaminasi mikroba, penurunan mutu fisik, serta penurunan kandungan gizi pada ikan. Sehingga, dibutuhkan evaluasi komprehensif terhadap mutu dan keamanan pangan terkait ikan Tuna yang diolah di UPI agar dapat memenuhi standar keamanan pangan (SNI) maupun internasional (negara importir) (Talib, 2018).

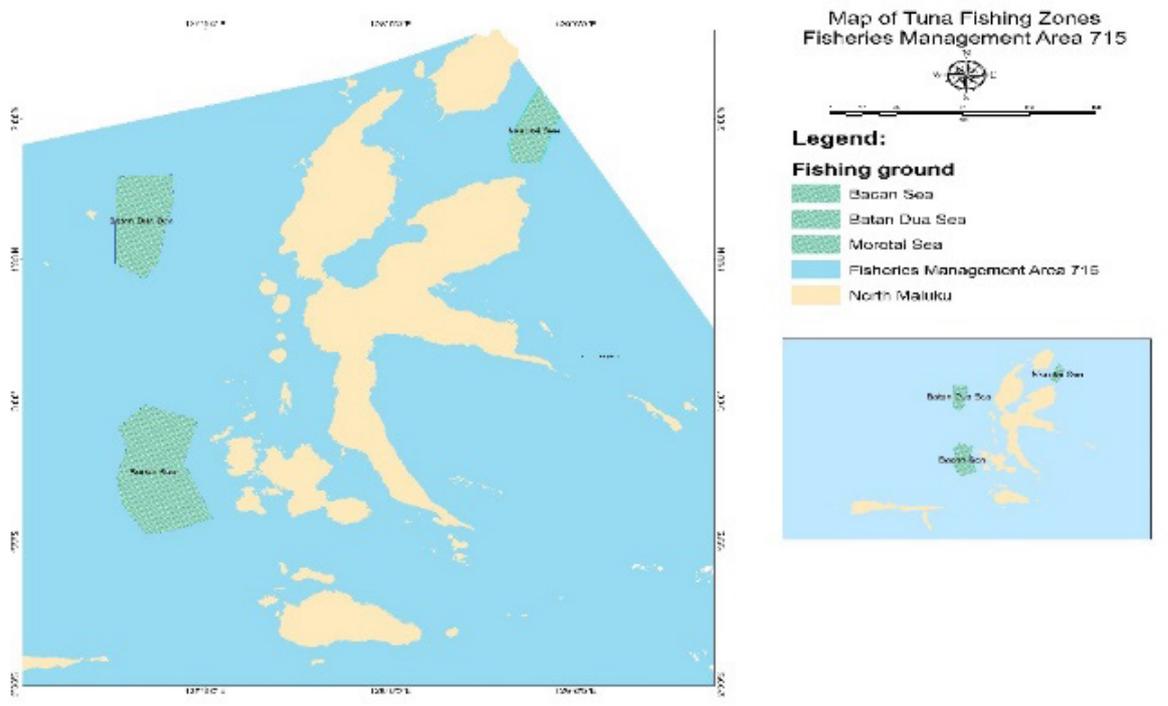
Di Indonesia, terjadi beberapa kasus penolakan produk perikanan dari negara importir. Hal ini dikarenakan produk perikanan yang tidak memenuhi persyaratan mutu dan keamanan pangan, seperti tingginya kadar histamin, logam berat dan adanya bakteri patogen (FDA, 2020). Menurut data *US Food and Drug Administration* (FDA) per Desember 2020, pada tahun 2020 terdapat 97 kasus penolakan ekspor perikanan dari Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi keamanan dan kualitas ikan tuna loin beku dengan beberapa parameter uji yaitu Organoleptik, Angka Lempeng Total (ALT), Merkuri dan Histamin yang dikumpulkan dari unit pengolahan ikan di Ternate, Maluku Utara, Indonesia dan diharapkan hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi informasi terkait kualitas hasil perikanan di Maluku Utara.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Sebanyak 20 sampel loin tuna dikumpulkan dari beberapa unit pengolahan ikan yang didapatkan dari hasil tangkapan nelayan di perairan Sanana (2°03'31.2"S126°00'34.7"E), perairan Tobelo, perairan Ternate (0°48'20.7"N127°15'28.5"E), perairan Obi (1°09'54.3"S 128°03'08.9"E) dan perairan Morotai (2°29'01.9"N127°24'10.9"E) yang didaratkan di Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Ternate, Maluku Utara, peta lokasi daerah penangkapan dapat dilihat pada gambar 1 (WPP715). Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuades, *Plate Count Agar* (PCA), TCA, KCKT, NaOH (Merck), HCl (Merck), HNO₃ (Merck), H₂SO₄ (Merck), H₂O₂ (Merck).

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah plastik *vacuum*, *scroresheet*, pulpen, inkubator (Yamato IS 900), autoklaf (Yamato SM 52), timbangan digital, *refrigerator*, *HPLC (High-performance liquid chromatography)*, spektrofotometer serapan atom tanpa nyala (*flameless SSA*) dan *homogenizer* (sentrifuse).



Gambar 1 Lokasi penangkapan *Thunnus albacares*

Figure 1 fishing ground *Thunnus albacares*

Metode

Uji organoleptik

Pengujian organoleptik meliputi parameter mata, insang, lendir, bau dan tekstur. Penilaian dilakukan secara langsung oleh 10 panelis standar pada saat kedatangan ikan. Lembar *scoresheet* yang digunakan mengacu pada SNI 2729:2013 (BSN, 2013). Nilai tiap parameter menggunakan skala 1-9 sesuai dengan lembar *scoresheet* yang dipersyaratkan.

Uji Angka Lempeng Total (ALT)

Pengujian ini menggunakan metode *spread plate* (metode sebar) dengan terlebih dahulu menyiapkan *Plate Count Agar* (PCA) pada cawan petri. Uji ALT mengacu pada prosedur SNI 01-2332.3-2006 (BSN, 2006). Sampel sebanyak 0.1ml pada setiap pengenceran dimasukkan ke dalam cawan berisi media PCA kemudian diratakan dengan batang gelas bengkok dan selanjutnya diinkubasi pada suhu 36-37°C selama 24-48 jam.

Uji Histamin

Berdasarkan SNI 2354.10:2016 (BSN, 2016), pengujian histamin dilakukan dengan metode *HPLC*

(*High-performance liquid chromatography*). Sampel sebanyak 50 g dan 100 ml TCA 10% diblender hingga homogen kemudian disentrifuge pada 3,500 rpm selama 10 menit. Supernatan disaring dan disimpan pada suhu $\pm 4^{\circ}\text{C}$. Derivatisasi supernatan. 135 μL larutan baku kerja dan filtrat sample dimasukkan ke dalam tabung rekasi 10mL. Tambahkan masing-masing ke dalam larutan baku dan filtrat sampel berturut-turut 1.8 6 mL air pro KCKT kemudian divortex. 0.4 mL NaOH 1N, sampel dibiarkan selama 1 menit. 0,1 mL larutan OPA, vortex dan dibiarkan selama 4 menit. 0,2 mL HCl 3N, vortex. Sampel dimasukkan ke vial dan siap untuk diinjeksikan ke kromatograf.

Uji Logam Berat (Merkuri-Hg)

Metode pengujian logam berat dengan *flameless SSA* dilakukan berdasarkan SNI 01-2354.6-2006 (BSN, 2006) dan juga menggunakan *automatic mercury analyzer*. Sampel dihaluskan hingga homogen dan disimpan dalam wadah *polystyrene*. Sebanyak 5 g sampel ditimbang, larutan kontrol positif (0,5 mL larutan standar merkuri 1mg/L ke dalam sampel). 3-5 buah batu didih ditambahkan kemudian ditambahkan kembali 10-20 mg V_2O_5 , 10 mL HNO_3 65% dan H_2SO_4 95-97% ditambahkan berturut-urut. Pemanasan dilakukan dengan

panas rendah hingga mendidih secara perlahan selama kurang lebih 6 menit, kemudian dilanjutkan pemanasan yang lebih tinggi untuk menghasilkan larutan berwarna coklat kuning yang bening. Labu digoyangkan selama digesti berlangsung sampai zat padat tidak ada lagi kecuali apungan lemak yang tampak setelah didinginkan pada suhu ruang selama kurang lebih 4 menit. Pendingin dibilas dengan 15 mL air deionisasi, ditambahkan 2 tetes H₂O₂ 30% melalui ujung atas pendingin, kemudian dibilas pendingin dengan 15 mL air deionisasi. Larutan didinginkan pada suhu ruang, kemudian dilanjutkan dengan tahap pembacaan SSA.

Metode analisis

Data dianalisis secara deskriptif dari data hasil pengujian yang telah dimasukkan ke dalam software Ms. Excel guna mengilustrasikan pola distribusi nilai kandungan logam berat, histamin, ALT (Angka Lempeng Total), dan kondisi mutu ikan tuna yang tertangkap di perairan Maluku Utara.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Organoleptik

Uji organoleptik dilakukan untuk mengetahui tingkat kesegaran ikan tuna yang diterima oleh Perusahaan, dan juga untuk penentuan *grade* ikan tuna sebelum diolah lebih lanjut. Nilai rata-rata hasil uji organoleptik dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil penilaian dari 10 panelis untuk 20 sampel, menunjukkan bahwa nilai rata-rata parameter organoleptik (mata, insang, lendir, dan bau) adalah 8,46; 8,30; 8,51; 8,38; dan 8,43. Hasil penilaian ini menunjukkan bahwa ikan yang diterima pada perusahaan di PPN Bastiong merupakan ikan yang tergolong segar. Hal ini sesuai dengan persyaratan SNI Ikan Segar dimana ambang batas ikan dapat diterima bernilai 7 dengan skala 1-9 (BSN, 2013). Ikan yang diterima oleh Unit Pengolah Ikan (UPI) merupakan ikan segar hasil tangkapan nelayan di WPP 715. Sebelum melakukan transaksi jual beli jangka panjang, pihak UPI telah memberikan persyaratan kepada Nelayan maupun pengepul, bahwa ikan yang diterima merupakan ikan segar yang ditangani sesuai dengan standar perusahaan, mengingat *grade* ikan yang dibutuhkan Perusahaan adalah *grade export*. Selain itu, UPI juga memberikan persyaratan terkait penggunaan es, cara penanganan hingga proses distribusi hasil tangkapan menuju Unit Pengolahan Ikan. Dengan adanya penerapan ini, nelayan dapat mempertahankan mutu ikan dari setelah ditangkap

hingga diserahkan ke UPI. Berdasarkan penelitian Litaay et al. (2020) ditemukan bahwa apabila teknik penanganan ikan di atas kapal dilakukan dengan baik, maka ikan akan memiliki kualitas yang baik pula dengan harga jual yang tinggi. Kenampakan mata dan insang merupakan parameter yang paling sering diperhatikan oleh konsumen sebelum membeli ikan, sesuai dengan Herliany et al. (2018) yang menyatakan bahwa mata merupakan salah satu bagian tubuh ikan yang dapat dijadikan sebagai parameter tingkat kesegaran ikan. Bola mata yang cembung, kornea dan pupil dan jernih, serta mata yang mengkilap merupakan ciri ikan yang masih segar. Begitu pula dengan insang yang berwarna merah tua/seperti coklat kemerahan dan lendir yang terdapat pada permukaan badan ikan masih jernih/transparan, tidak menggumpal dan tidak berwarna (BSN, 2013).

Parameter uji kenampakan ini paling banyak diterapkan oleh masyarakat saat akan membeli ikan segar baik di pasar/pelelangan ikan. Bagian Insang dan isi perut ikan merupakan sumber bakteri terbanyak yang terdapat pada tubuh ikan. Penanganan yang bersih dan dengan menerapkan rantai dingin, baik menggunakan air es maupun es batu, dapat menghambat pertumbuhan bakteri *pathogen* yang terdapat pada ikan. Menurut Litaay et al. (2020), faktor kebersihan sangat penting pada saat penanganan, dikarenakan sebagian besar lokasi pendaratan ikan yang tidak memiliki fasilitas sanitasi dan penanganan. Ikan yang sudah dibongkar harus segera dilakukan penimbangan dan dilakukan penerapan suhu dingin untuk menjaga suhu (0-4°C), sehingga hal ini dapat memperlambat laju pembusukan yang disebabkan oleh bakteri dan aktivitas enzim. Selama di kapal, ikan hasil tangkapan dicuci menggunakan air laut untuk mengurangi kotoran yang menempel pada tubuh ikan, serta mengurangi kemungkinan bakteri yang menempel. Selain itu, penggunaan es harus disesuaikan dengan jumlah hasil tangkapan, untuk mendapatkan suhu dingin, dimana bakteri pembusuk dapat dihentikan aktivitasnya. Ikan yang baru ditangkap bersuhu sekitar 25°C, proses penyimpanan ikan hasil tangkapan dalam palka perlu dipertahankan suhunya mendekati 0°C selama ±12 jam dari awal ikan ditangani di atas kapal hingga tiba di pusat pendaratan ikan, hal ini agar tingkat kesegaran ikan akan tetap terjaga dan menghambat aktivitas bakteri.

Daging ikan merupakan salah satu faktor penentu kesegaran ikan. Daging ikan yang tergolong masih sangat segar memiliki warna yang cemerlang dan jaringan yang sangat kuat (BSN, 2013). Hasil rata-rata nilai parameter daging menunjukkan nilai >7,

Tabel 1 Hasil uji parameter organoleptik pada *Thunnus albacares*Table 1 organoleptic result on *Thunnus albacares*

Daerah Penangkapan/ <i>Fishing Ground</i>	Parameter Organoleptik/ <i>Organoleptic Parameters</i>				
	Mata/ <i>Eyes</i>	Insang/ <i>Gills</i>	Lendir/ <i>Mucus</i>	Bau/ <i>Smell</i>	Tekstur/ <i>Texture</i>
Sanana	8.33 ± 0.58	8.67 ± 0.58	8.67 ± 0.58	8.33 ± 0.58	8.67 ± 0.58
Sanana	8.33 ± 0.58	8.33 ± 0.58	8.33 ± 0.58	8.33 ± 0.58	8.00 ± 0.00
Ternate	8.67 ± 0.58	8.00 ± 0.00	9.00 ± 0.00	8.67 ± 0.58	8.33 ± 0.58
Ternate	8.67 ± 0.58	8.00 ± 0.00	8.67 ± 0.58	8.00 ± 0.00	8.33 ± 0.58
Ternate	8.33 ± 0.58	8.33 ± 0.58	8.67 ± 0.58	8.67 ± 0.58	8.33 ± 0.58
Ternate	8.00 ± 0.00	8.33 ± 0.58	8.00 ± 0.00	8.33 ± 0.58	8.33 ± 0.58
Obi	8.67 ± 0.58	8.67 ± 0.58	8.33 ± 0.58	8.00 ± 0.00	8.33 ± 0.58
Obi	8.67 ± 0.58	8.00 ± 0.00	9.00 ± 0.00	8.00 ± 0.00	8.67 ± 0.58
Obi	8.67 ± 0.58	8.33 ± 0.58	8.67 ± 0.58	8.67 ± 0.58	9.00 ± 0.00
Obi	8.33 ± 0.58	8.33 ± 0.58	8.00 ± 0.00	8.33 ± 0.58	8.00 ± 0.00
Fala	8.67 ± 0.58	8.33 ± 0.58	8.33 ± 0.58	8.33 ± 0.58	8.33 ± 0.58
Fala	8.33 ± 0.58	8.33 ± 0.58	8.33 ± 0.58	9.00 ± 0.00	8.67 ± 0.58
Fala	8.67 ± 0.58	8.33 ± 0.58	8.67 ± 0.58	8.00 ± 0.00	8.67 ± 0.58
Tobelo	8.33 ± 0.58	8.67 ± 0.58	9.00 ± 0.00	8.33 ± 0.58	8.67 ± 0.58
Tobelo	8.67 ± 0.58	8.33 ± 0.58	8.33 ± 0.58	8.67 ± 0.58	8.67 ± 0.58
Tobelo	8.00 ± 0.00	8.67 ± 0.58	8.33 ± 0.58	8.33 ± 0.58	8.33 ± 0.58
Morotai	9.00 ± 0.00	8.33 ± 0.58	8.00 ± 0.00	8.67 ± 0.58	8.00 ± 0.00
Morotai	8.00 ± 0.00	8.00 ± 0.00	8.67 ± 0.58	8.00 ± 0.00	8.00 ± 0.00
Morotai	9.00 ± 0.00	8.00 ± 0.00	9.00 ± 0.00	8.67 ± 0.58	8.67 ± 0.58
Morotai	8.00 ± 0.00	8.00 ± 0.00	8.33 ± 0.58	8.33 ± 0.58	8.67 ± 0.58

sehingga hal ini menunjukkan bahwa ikan tuna hasil tangkapan di Maluku Utara masih dalam keadaan segar, sesuai dengan persyaratan mutu organoleptik ikan segar SNI 2729-2013 (BSN,2013). Nilai rata-rata parameter daging sesuai dengan kenampakan daging pada sampe yang diuji. Daging padat dan kenyal, serta warnanya cerah dan tidak terbentuk *honeycomb*. Kondisi ikan yang masih segar ini menunjukkan bahwa penanganan di atas kapal hingga proses pembongkaran dan distribusi ke Unit Pengolah Ikan merupakan hasil dari penerapan Cara Penanganan Ikan yang Baik (CPIB) oleh nelayan. Sebagian besar ikan yang masuk ke UPI merupakan ikan *grade export* yang bernilai ekonomis. Penerapan cara penanganan yang baik oleh nelayan akan memberikan dampak yang positif baik bagi nelayan, unit pengolah, hingga konsumen. Semakin tinggi kesadaran nelayan akan pentingnya penerapan CPIB akan meningkatkan kualitas hasil tangkapan, serta memberikan mutu terbaik untuk konsumen.

Bau menjadi salah satu parameter yang digunakan untuk mendeteksi tingkat kesegaran ikan. Berdasarkan (BSN, 2013) (BSN, 2013), bau dari ikan harus segar, dan tidak terdapat bau busuk/amoniak. Nilai rata-rata hasil uji parameter bau pada penelitian ini >7. Nilai ini sesuai dengan standar yang ditetapkan SNI Ikan Segar, dimana ikan masih dapat diterima pada ambang batas nilai 7 (skala 1-9). Adanya bau busuk/amoniak pada ikan yang tidak segar disebabkan karena adanya aktivitas bakteri dan enzim. Penanganan yang baik serta bersih, dan menjaga rantai dingin merupakan Langkah awal untuk mempertahankan mutu ikan. Hal ini sesuai dengan Wijana et al. (2018), dimana penanganan hasil tangkapan dengan penambahan *slurry ice* yang menghasilkan suhu 18°C dapat menghambat kinerja enzim dan mikroba pembusuk. Kandungan air pada ikan juga masih tetap terjaga sehingga hal ini mempertahankan bau yang spesifik pada ikan. Hasil penelitian Sari et al. (2020)

berkesimpulan bahwa penanganan ikan yang baik dimulai saat nelayan mempersiapkan perbekalan melaut sebelum berangkat, seperti es. Pasokan es yang dipersiapkan oleh nelayan harus cukup, dan penanganan seperti palka sudah dalam keadaan *hygiene*. Kemudian, saat ikan di atas kapal, harus dipastikan bahwa lantai dek kapal sudah dalam keadaan bersih. Pada saat di atas kapal, ikan hasil tangkapan tidak diperkenankan untuk dilempar-lempar. Penanganan harus dilakukan dengan segera (cepat) dan hati-hati hingga hasil tangkapan masuk ke dalam palka penyimpanan agar ikan tidak lama berada di luar palka yang tidak berpendingin. Selain itu ABK harus menggunakan pakaian kerja sesuai standar operasi yang ada.

Parameter lain yang harus diperhatikan untuk memilih ikan segar adalah tekstur ikan tersebut. Konsumen yang membeli ikan di pasar, umumnya selain memperhatikan mata, insang, bau dan lender, konsumen juga terkadang menekan ikan

pada bagian daging, hal ini dilakukan untuk melihat apakah daging ikan masih Kembali dengan cepat apabila ditekan atau tidak. Ikan segar akan memiliki tekstur daging yang kompak, tidak lunak, dan elastis. Nilai rata-rata hasil uji parameter tekstur pada ikan Tuna segar adalah 9. Nilai ini dikatakan sangat segar, dikarenakan standar tingkat kesegaran ikan sesuai dengan SNI Ikan Segar adalah 7 (skala 1-9). Ikan yang busuk memiliki tekstur daging yang tidak elastis, dan apabila ditekan menggunakan jari, bekas jari tidak akan hilang (BSN, 2013). Penelitian (Wijana et al., 2018a) menunjukkan hasil bahwa penanganan ikan tongkol segar dengan penambahan es 1:4 (25% bb) sehingga mencapai suhu $\pm 18^{\circ}\text{C}$ dapat memperlambat proses pembusukan.

Angka Lempeng Total (ALT)

Pengujian ALT merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui jumlah bakteri yang terkandung

Tabel 2 Hasil uji ALT pada *Thunnus albacares*

Table 2 Total Plate Count Result on *Thunnus albacares*

Daerah Penangkapan/ <i>Fishing Ground</i>	ALT (cfu/g)
<i>Sanana</i>	5.0×10^3
<i>Sanana</i>	5.0×10^3
<i>Ternate</i>	5.0×10^3
<i>Obi</i>	5.0×10^3
<i>Fala</i>	5.0×10^3
<i>Fala</i>	5.0×10^3
<i>Fala</i>	5.0×10^3
<i>Tobelo</i>	5.0×10^3
<i>Tobelo</i>	5.0×10^3
<i>Tobelo</i>	5.0×10^3
<i>Morotai</i>	5.0×10^3

pada sample. Pada penelitian ini, dilakukan pengujian ALT dengan metode *pour plate* sesuai dengan SNI 01-2332.3-2006 (BSN, 2006).

Hasil uji ALT menunjukkan nilai rata-rata 6×10^3 cfu/g. Hasil ini memenuhi standar SNI Produk perikanan maksimal 5×10^5 cfu/g. Hasil uji ALT yang memenuhi standar SNI menunjukkan bahwa penerapan GMP dan SSOP pada *raw material* hingga menjadi produk akhir telah dilakukan dengan baik. Selain itu, karena adanya perlakuan pembekuan pada produk tuna loin. Proses pembekuan dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen yang terdapat ikan. Hal ini sejalan dengan pendapat Dermawan et al. (2017) bahwa proses *quick freezing* akan menyebabkan *freeze shock* pada mikroorganisme dan tidak terjadi tahap adaptasi mikroorganisme tersebut dengan perubahan suhu sehingga dapat mengurangi resiko pertumbuhan mikroorganisme selama proses pembekuan berlangsung. Selain itu, hasil penelitian Sumartini et al. (2020) menunjukkan bahwa dengan penerapan GMP dan SSOP pada Unit Pengolahan Ikan (UPI), dari tahap awal penerimaan bahan baku hingga tahap akhir penyimpanan produk akhir di *cold storage*, dapat menghasilkan produk dengan mutu yang berkualitas. Dengan adanya perlakuan penanganan yang tepat, seperti menjaga kebersihan dan rantai dingin, akan meminimalisir pergerakan dan pertumbuhan bakteri patogen pada ikan. Ninan (2021) dalam penelitiannya, permukaan ikan yang mati merupakan habitat ideal bagi pertumbuhan bakteri dan hasil akhir dari aktivitas tersebut adalah ikan busuk, penurunan suhu dapat mencegah pertumbuhan banyak bakteri penyebab pembusukan. Penelitian Brown dan Dave (2021) pembekuan telah lama digunakan sebagai teknik pengawetan untuk menjaga kualitas produk dalam jangka waktu lama. Pembekuan memungkinkan produk perikanan disimpan sampai permintaan meningkat dan dikirim jarak jauh menggunakan transportasi darat yang lebih murah dengan tetap menjaga sifat organoleptik dan kualitas produk.

Histamin

Sebanyak 20 sampel tuna loin beku mewakili produk ekspor dari beberapa unit perusahaan ikan di Ternate, Maluku Utara, Indonesia. Berdasarkan analisis menggunakan Test Kit ELISA diperoleh kadar histamin semua sampel $< 2,4$ ppm. Berdasarkan pedoman yang dikeluarkan oleh SNI 2729:2021 (BSN, 2021) Maksimal kadar histamin pada ikan segar yaitu 100ppm, setiap sampel ikan yang dianalisis dalam penelitian ini tergolong ikan berkualitas baik, karena mengandung histamin < 100 ppm. Hasil ini menunjukkan bahwa penanganan ikan

dan pasca panen yang dilakukan oleh nelayan dan unit pengolahan ikan di ternate sangat baik untuk menjaga kualitas ikan. FAO/WHO dalam pertemuan pakar tentang risiko kesehatan masyarakat dari histamin dan amina biogenik lainnya dari ikan dan produk perikanan, menetapkan tingkat rata-rata maksimum histamin pada produk perikanan tidak lebih dari 100 ppm (FAO, 2013). USFDA-FDA dan EPA menentukan tingkat keamanan dalam peraturan yaitu 50ppm, karena histamin umumnya tidak terdistribusi secara merata pada ikan yang membusuk (Surya et al., 2019).

Banyak faktor yang menyebabkan peningkatan kadar histamin seperti mikroorganisme, studi yang dilakukan oleh Chummun dan Neetoo (2016) pada kasus ikan lencam dan tuna mata besar ditemukan keberadaan *V. parahaemolyticus* dan *V. alginolyticus*, yang merupakan pembentuk histamin. Faktor lainnya yaitu kondisi penanganan seperti makanan laut yang dipanggang memiliki kadar histamin yang lebih tinggi dibandingkan makanan laut mentah atau direbus (Chung et al., 2017). Teknik penyimpanan dengan suhu dingin, akan menghambat pertumbuhan bakteri dan deformasi dari histidin, perlakuan penyimpanan terbaik menggunakan pembekuan dapat menjaga kualitas sensori dan pencegah pertumbuhan histamin pada ikan (Norita et al., 2019). Penanganan ikan segar hasil tangkapan dilakukan dengan penanganan dengan suhu dingin dengan teknik *freezing* untuk mencegah penurunan kualitas ikan hal ini sesuai dengan hasil penelitian dengan penyimpanan produk pada suhu -40°C , didapatkan kandungan histamin pada tuna sebesar 0,3 ppm (Mawaddah et al., 2023).

Kondisi penyimpanan juga dapat menyebabkan peningkatan kadar histamin pada ikan contohnya pada ikan dengan otot berwarna gelap memiliki kandungan histidin yang lebih banyak dibandingkan dengan ikan yang berotot putih, oleh karena itu ikan tersebut mengakumulasi lebih banyak histamin bila disimpan pada suhu tinggi (Sedaghati & Mooraki, 2019). Selain itu, praktik pemanenan, dengan menggunakan alat tangkap longline dan gillnet dapat berkontribusi terhadap pembentukan histamin karena ikan berada dalam jangka waktu yang lama di laut sebelum dibawa ke kapal. Kondisi seperti ini sangat berbahaya bagi spesies tuna, karena dapat menghasilkan panas dalam tubuhnya melebihi suhu lingkungan, sehingga mendukung pertumbuhan mikroorganisme pembentuk histamin (FDA, 2011).

Menurut López-Sabater et al. (1995) histamin dalam jumlah beracun hanya terbentuk setelah kondisi tuna memburuk. Hasil ini menunjukkan bahwa pembentukan histamin tidak akan

mengancam kesehatan konsumen ketika disimpan dengan benar pada suhu rendah. Peningkatan kadar histamin dalam makanan laut menunjukkan terputusnya rantai pendinginan, yang menyebabkan kerusakan ikan bahkan tanpa adanya tanda-tanda khas yang menunjukkan produk tersebut tidak dapat dimakan; oleh karena itu, histamin dapat digunakan sebagai penanda kualitas dan indikator kesegaran produk ikan. Setelah diproduksi, histamin cenderung tidak berubah dalam makanan, karena sangat tahan terhadap panas, dan tidak rusak oleh suhu memasak normal. Telah diketahui bahwa akumulasi histamin paling sering dipengaruhi oleh kombinasi waktu dan suhu penyimpanan (Cicero et al., 2020). Namun di sisi lain, beberapa studi menunjukkan tidak adanya korelasi sensory terhadap kandungan histamin pada tubuh ikan seperti yang dilakukan oleh Shakila et al. (2003) kandungan histamin tidak menunjukkan korelasi apapun dengan perubahan sensorik. Aspek permasalahan lebih lanjut dari keberadaan histamin pada ikan dan makanan laut

faktanya bahwa histamin tidak mempunyai korelasi dengan perubahan sensorik pada produk ikan (Ruiz-Capillas & Herrero, 2019).

Hasil uji histamin pada penelitian ini menunjukkan bahwa pengendalian sistem rantai dingin sejak proses penangkapan, distribusi, penerimaan bahan baku, penanganan, hingga penyimpanan telah dilakukan dengan baik dan seluruh pekerja yang terlibat menerapkan cara penanganan yang baik. Penanganan yang baik akan menghasilkan produk yang memenuhi standar mutu pangan baik dari segi organoleptik, mikrobiologi, dan kimiawi. (Wijana et al., 2018b) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa hasil dengan nilai organoleptik terbaik dan nilai histamin 11.30 mg/100g adalah ikan tuna dengan perlakuan penambahan es 1:4 (b/b).

Antara spesies ikan tuna, terjadi perbedaan kandungan merkuri yang disebabkan oleh adanya tingkat kerakusan (*feeding habits*), perbedaan fisiologis spesies, tingkat pertumbuhan, pola

Tabel 3 Hasil uji histamin dan logam berat pada *Thunnus albacares*

Table 3 Histamin & heavy metal result on *Thunnus albacares*

Daerah penangkapan/ <i>Fishing Ground</i>	Histamin/ <i>Histamine</i> (ppm)	Merkuri/ <i>Mercury</i> (Hg) (ppm)
Sanana	3.00 ± 0.00	0.31 ± 0.07
Sanana	2.46 ± 0.01	0.38 ± 0.01
Ternate	2.46 ± 0.01	0.31 ± 0.06
Ternate	2.44 ± 0.04	0.34 ± 0.06
Ternate	2.43 ± 0.03	0.35 ± 0.06
Ternate	2.45 ± 0.04	0.31 ± 0.06
Obi	2.43 ± 0.04	0.28 ± 0.01
Obi	2.43 ± 0.04	0.34 ± 0.06
Obi	2.44 ± 0.03	0.27 ± 0.01
Obi	2.43 ± 0.02	0.27 ± 0.00
Fala	2.47 ± 0.03	0.33 ± 0.05
Fala	2.47 ± 0.03	0.33 ± 0.06
Fala	2.48 ± 0.03	0.30 ± 0.05
Tobelo	2.45 ± 0.04	0.28 ± 0.01
Tobelo	2.45 ± 0.05	0.28 ± 0.01
Tobelo	2.43 ± 0.04	0.31 ± 0.04
Morotai	2.47 ± 0.04	0.31 ± 0.06
Morotai	2.47 ± 0.03	0.27 ± 0.00
Morotai	2.48 ± 0.01	0.31 ± 0.06
Morotai	2.46 ± 0.03	0.30 ± 0.05

migrasi, rentang hidup, dan posisi rantai makanan (Yi et al., 2017). Terjadinya perbedaan kandungan merkuri dalam spesies ikan karena adanya proses bioakumulasi dan biomagnifikasi secara terus menerus melalui rantai makanan (Jinadasa & Fowler, 2019). Di sisi lain, dengan fokus pada logam berat, tuna yang merupakan spesies pelagis besar termasuk dalam famili Scombridae dianggap berpotensi toksik karena kadar logam beratnya (misalnya merkuri), sebanding dengan ukurannya, dan tingginya kandungan histidin yang dapat diubah menjadi histamin. Histamin adalah amina biogenik yang bertindak terutama sebagai mediator reaksi anafilaksis atau alergi (Kovacova-Hanuszkova et al., 2015). Uji histamin dianggap sebagai salah satu parameter pengujian karena kandungan histamin dalam jumlah tertentu digunakan sebagai salah satu parameter untuk mengamati penurunan kualitas ikan karena histamin merupakan produk penguraian asam amino bebas pada ikan setelah mati. Merkuri yang mengkontaminasi perairan dapat menimbulkan dampak biologis yang serius yang berujung pada penurunan kualitas dan kuantitas sumber daya ikan akibat kontaminasi logam berat yang terakumulasi pada tubuh hewan perairan melalui jaring makanan.

Logam Berat

Produk hasil perikanan kaya akan nutrisi penting seperti asam lemak dan protein, namun juga dapat menjadi salah satu sumber utama paparan Merkuri (Hg). Beberapa spesies ikan yang tinggi tercemar kandungan merkuri seperti ikan tuna, ikan todak, ikan hiu, ikan kerapu, ikan marlin, beberapa ikan lainnya. Ikan tuna dan jenis ikan pelagis lainnya umumnya dikonsumsi manusia dan menjadi sumber protein. Metil merkuri yang terkandung dalam ikan terkait dengan *food safety* yang memberikan pengaruh terhadap kesehatan manusia telah menjadi fokus dalam pembahasan Codex Alimentarius Commission (CAC) (Lukiawan & Suminto, 2017).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kandungan logam berat Hg pada 20 sampel tuna loin beku rata-rata 0,3449 ppm, dengan nilai minimum 0,270 ppm dan nilai maksimum 0,385 ppm. Ini menunjukkan bahwa kandungan logam berat Hg pada tuna loin beku (produk akhir) berada di bawah batas standar mutu 1.0 ppm yang ditetapkan oleh SNI 2729: 2021 (BSN, 2021).

Hasil menunjukkan bahwa ikan tuna yang uji dapat dikonsumsi dengan aman, dan hal ini kemungkinan terjadi dikarenakan pengelolaan lingkungan perairan di Maluku Utara yang masih cukup terjaga. (Marasabessy et al., 2011) dalam

penelitiannya melaporkan bahwa kandungan logam berat dalam air laut di daerah Maluku Utara masih relatif rendah dan sesuai dengan ambang batas yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup. Hasil lain untuk parameter fisika dan kimia seperti suhu, zat pada tersuspensi, turbiditas, salinitas, oksigen terlarut, nitrit, nitrat, pH, dan fosfat juga menunjukkan hasil yang masih sesuai dengan standar sehingga dikategorikan sebagai perairan kelas A (sangat baik). Pola global dalam akumulasi merkuri mencerminkan kompleksitas interaksi antara aktivitas manusia dan lingkungan alami (Tseng et al., 2021). Akumulasi Hg dalam tubuh ikan dipengaruhi oleh banyak hal salah satunya yaitu seiring dengan bertambahnya usia dan ukuran ikan (Kljaković-Gašpić & Tičina, 2021). Hal serupa juga dilaporkan oleh He et al. (2023) dalam studinya menemukan bahwa ukuran dan usia ikan berpengaruh terhadap akumulasi merkuri ikan pasific bluefin tuna. Terdapat hubungan positif yang relatif kuat diamati antara konsentrasi Hg dan berat ikan yellowfin tuna (Jinadasa et al., 2019). Seperti pada ikan predator laut lainnya, konsentrasi Hg pada ikan tuna meningkat seiring dengan bertambahnya usia dan ukuran ikan. Konsentrasi merkuri cenderung bervariasi tergantung pada lokasi geografis, dengan perbedaan yang signifikan antar daerah. Faktor-faktor lingkungan seperti suhu air dan pola migrasi juga memainkan peran penting dalam menentukan tingkat akumulasi merkuri (Tseng et al., 2021). Panjang dan bobot ikan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi akumulasi merkuri, namun dalam penelitian ini, sampel yang diterima adalah sampel loin. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ukuran berat dan panjang ikan mempengaruhi akumulasi logam berat dalam tubuh ikan. Ikan yang lebih besar dan lebih tua cenderung memiliki kandungan logam berat yang lebih tinggi, hal ini dikarenakan oleh beberapa faktor, seperti durasi paparan lingkungan, pola makan, serta metabolisme ikan yang membutuhkan waktu lebih lama dalam menyerap logam berat dalam tubuh (Ahmed et al., 2019; Nasyitah Sobihah et al., 2018).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter uji seperti organoleptik, ALT, histamin, dan merkuri tidak melebihi batas yang dipersyaratkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk produk perikanan. Sampel yang diambil dari beberapa unit pengolahan ikan yang berasal dari beberapa *fishing ground* di WPP 715 di Ternate, Maluku Utara, Indonesia, dapat disimpulkan tidak berbahaya secara

biologis dan kimia, selain itu, daerah penangkapan pengambilan sampel tidak berpengaruh terhadap kandungan histamin dan logam berat *Thunnus albacares*. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat dilakukan untuk membandingkan kandungan logam berat pada ikan tuna dari beberapa daerah geografis yang berbeda dan memperhatikan teknik penanganan yang menjadi salah satu faktor terbentuknya histamin pada ikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Khairun atas bantuan pendanaan penelitian, serta seluruh pihak yang terkait dalam penelitian ini, nelayan, *quality control*, dan seluruh pihak PPN Bastiong, Ternate.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, A. S. S., Rahman, M, Sultana, S, Babu, S. M. O. F., & Sarker, M. S. I. (2019). Bioaccumulation and heavy metal concentration in tissues of some commercial fishes from the Meghna River Estuary in Bangladesh and human health implications. *Mar Pollut Bull.* 145. doi:10.1016/j.marpolbul.2019.06.035.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2006). Cara uji mikrobiologi-Bagian 3: Penentuan angka lempeng total (ALT) pada produk perikanan (SNI 01-2332.3-2006). Di dalam: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2013). Ikan segar (SNI 2729:2013). *Badan Standardisasi Nasional*.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2015). Tuna Loin Beku (SNI-4104-2015). *Badan Standardisasi Nasional*.
- Brown, P. & Dave, D. (2021). Current Freezing and Thawing Scenarios Employed by North Atlantic Fisheries: Their Potential Role in Newfoundland and Labrador's Northern Cod (*Gadus morhua*) Fishery. *PeerJ.* 9(2010).doi:10.7717/peerj.12526.
- Chummun, S. & Neetoo, H. (2016). A Study on the Relationship Between Microbial Growth, Histamine Development and Organoleptic Changes in Retailed Fresh Sprangled Emperor and Big Eye Tuna. *Journal of Food Chemistry and Nanotechnology.* 2(1):6–13. doi:10.17756/jfcn.2016-005.
- Chung, B. Y. C., Park, S. Y., Byun, Y. S., Son, J. H., Choi, Y. W., Cho, Y. S., Kim, H. O., & Park, C. W. (2017). Effects of Different Cooking Methods on Folate Retention in Selected Mushrooms. *Korean Journal of Food Preservation.* 24(8):1103–1112. doi:10.11002/kjfp.2017.24.8.1103.
- Cicero, A., Cammilleri, G., Galluzzo, F. G., Calabrese, I., Pulvirenti, A., Giangrosso, G., Cicero, N., Cumbo, V., Vella, A., & Macaluso, A. (2020). Histamine in Fish Products Randomly Collected in Southern Italy: A 6-Year Study. *J Food Prot.* 83(2):241–248. doi:10.4315/0362-028X.JFP-19-305.
- Dermawan, E., Syawaluddin, S., Abrori, M. R., Nelfiyanti, N., & Ramadhan, A. I. (2017). Analisa Perhitungan Beban Kalor dan Pemilihan Kompresor dalam Perancangan Air Blast Freezer untuk Membekukan Adonan Roti. *Teknika: Engineering and Sains Journal.* 1(2):141. doi:10.51804/tesj.v1i2.138.141-144.
- FAO. (2013). Joint FAO/WHO Expert Meeting on the Public Health Risks of Histamine and other Biogenic Amines from Fish and Fishery Products.
- FDA. (2011). Fish and Fishery Products Hazards and Controls Guidance. Di dalam: *Fish and Fishery Products Hazard and Control Guidance.* hlm. 1–401.
- He, X., Chen, Y. S., Ang, S. J., Shiao, J. C., Tseng, C. M., & Reinfelder, J. R. (2023). Mercury Stable Isotopes Reveal Sources of Methylmercury and Prey in Giant Pacific Bluefin Tuna From the Western North Pacific Ocean. *Limnol Oceanogr Lett.* 8(3):481–489. doi:10.1002/lol2.10313.
- Herliany, N, E., Pariansyah, A., Negara, B. F., & Surya P. (2018). Aplikasi maserat buah mangrove *Avicennia marina* sebagai pengawet alami ikan nila segar. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal.* 5(1). doi:10.29103/aa.v5i1.454.
- Jinadasa, B. K. K. K., Chathurika, G. S., Jayasinghe, G. D. T. M., & Jayaweera, C. D. (2019). Mercury and Cadmium Distribution in Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) From Two Fishing Grounds in the Indian Ocean Near Sri Lanka. *Heliyon.* 5(6):e01875. doi:10.1016/j.heliyon.2019.e01875.
- Jinadasa, B. K. K. K. & Fowler, S. W. (2019). Critical Review of Mercury Contamination in Sri Lankan Fish and Aquatic Products. *Mar Pollut Bull.* 149(September):110526. doi:10.1016/j.marpolbul.2019.110526.
- Kljaković-Gašpić, Z., & Tičina V. (2021). Mercury and Selenium Levels in Archive Samples of Wild Atlantic Bluefin Tuna From the Mediterranean Sea. *Chemosphere.* 284(June).doi:10.1016/j.chemosphere.2021.131402.
- Kovacova-Hanusikova, E., Buday, T., Gavliakova, S., & Plevkova, J. (2015). Histamine, Histamine Intoxication and Intolerance. *Allergol Immunopathol (Madr).* 43(5):498–506. doi:10.1016/j.aller.2015.05.001.
- Litaay, C., Hari, W. S., & Arfah, H. (2020). Penanganan Ikan Cakalang oleh Nelayan Pole and Line. *J Pengolah Has Perikan Indones.* 23(1).doi:10.17844/jphpi.v23i1.30924.
- López-Sabater, E. I., Rodríguez-Jerez J. J., Hernández-Herrero, M., Roig-Sagués, A. X., & Mora-Ventura M. T. (1995). Sensory Quality and Histamine Formation During Controlled Decomposition of Tuna (*Thunnus thynnus*). *J Food Prot.* 59(2):167–174. doi:10.4315/0362-028X-59.2.167.
- Lukiawan, R. & Suminto, S. (2017). Kandungan Metil Merkuri pada Beberapa Jenis Ikan Sebagai Upaya Mendukung Pengembangan Standar Codex. *Jurnal Standardisasi.* 19(3):193. doi:10.31153/js.v19i3.607.
- Maddusa, S. S., Paputungan, M. G., Syarifuddin, A. R., Maambuat, J., & Alla, G. (2017). Kandungan logam

- berat timbal (Pb), merkuri (Hg), zink (Zn) dan arsen (As) pada ikan dan air Sungai Tondano, Sulawesi Utara. *Al-Sihah: Public Health Science Journal*. 9(2).
- Marasabessy, M. D. E., & Valentin, L. (2011). Pemantauan Kadar Logam Berat Dalam Air Laut Dan Sedimen Di Perairan Pulau Bacan, Maluku Utara. *MAKARA of Science Series*. 14(1).doi:10.7454/mss.v14i1.478.
- Mawaddah, A., Rozi, A., & Akbardiansyah, A. (2023). Tingkat Kandungan Histamin pada Ikan Cakalang (*Katsuwonus Pelamis*) dengan Metode Pembekuan yang Berbeda di CV. Novira Abadi Kota Banda Aceh. *COMSERVA: Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*. 3(02).doi:10.59141/comserva.v3i02.751.
- Nasyitah, S., N., Ahmad, Z., A., Khairul N., M., Ley J., L., & Kyoung, W. K. (2018). Bioaccumulation of heavy metals in maricultured fish, *Lates calcarifer* (Barramudi), *Lutjanus campechanus* (red snapper) and *Lutjanus griseus* (grey snapper). *Chemosphere*. 197.doi:10.1016/j.chemosphere.2017.12.187.
- Ninan, G. (2021). Chapter 5: Handling, Chilling and Freezing of Fishery Products.
- Norita, N., Nurilmala, M., & Abdullah, A. (2019). Quality of Longtail Tuna (*Thunnus tonggol*) in Different Storage Conditions. *J Pengolah Has Perikan Indones*. 22(3). doi:10.17844/jphpi.v22i3.28947.
- Ruiz-Capillas, C. & Herrero, A. M. (2019). Impact of Biogenic Amines on Food Quality and Safety. *Foods*. 8(62).doi:10.3390/foods8020062.
- Sari, N., Lubis, E., Nugroho, T., & Muninggar, R. (2020). Peningkatan Penanganan Ikan Hasil Tangkapan di Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Palabuhanratu. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat*. 2(1):80–84.
- Sedaghati, M. & Mooraki, N. (2019). Biogenic Amines in Sea Products. *Journal of Survey in Fisheries Science*. 6(1).doi:https://doi.org/10.17762/sfs.v6i1.184.
- Shakila, R. J., Vijayalakshmi, K., & Jeyasekaran, G. (2003). Changes in Histamine and Volatile Amines in Six Commercially Important Species of Fish of the Thoothukkudi Coast of Tamil Nadu, India Stored at Ambient Temperature. *Food Chem*. 82:347–352. doi:10.1016/S0308-8146(02)00552-6.
- Sumartini, S., Harahap, K. S., & Stehany, S. (2020). Kajian Pengendalian Mutu Produk Tuna Loin Precooked Frozen Menggunakan Metode Skala Likert di Perusahaan Pembekuan Tuna. *Aurelia Journal*. 2(1):29.doi:10.15578/aj.v2i1.9392.
- Surya, T., Sivaraman, B., Alamelu, V., Priyatharshini, A., Arisekar, U., & Sundhar, S. (2019). Rapid Methods for Histamine Detection in Fishery Products. *Int J Curr Microbiol Appl Sci*. 8(03):2035–2046.doi:10.20546/ijcmas.2019.803.242.
- Suryanto, M. R. & Sipahutar, Y. H. (2021). Kadar Histamin dan Nilai Angka Lempeng Total (ALT) pada Tuna Loin berdasarkan Jumlah Hari Penangkapan dan Ukuran Ikan di Unit Pengolahan Ikan, Surabaya. *Prosiding Simposium Nasional VIII Kelautan dan Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar, 5 Juni 2021*.:173–184.
- Talib, A. (2018). Peluang dan Tantangan Industri Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan dalam Mendukung Terwujudnya Lumbung Ikan Nasional (LIN) di Maluku Utara. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*. 11(1). doi:10.29239/j.agrikan.11.1.19-27.
- Tseng, C. M., Ang, S. J., Chen, Y. S., Shiao, J. C., Lamborg, C. H., He, X., & Reinfelder, J. R. (2021). Bluefin tuna reveal global patterns of mercury pollution and bioavailability in the world's oceans. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 118(38).doi:10.1073/pnas.2111205118.
- Wijana, N. R., Pandit, I. G. S., & Darmadi, N. M. (2018a). Pengaruh Penanganan Ikan Tongkol (*Auxis Thazard*) Segar yang Berbeda Terhadap Kadar Histamin dan Mutu Organoleptik. *Gema Agro*. 23(2):108–113.
- Wijana, N. R., Pandit, I. G. S., & Darmadi, N. M. (2018b). Pengaruh penanganan ikan tongkol (*Auxis thazard*) segar yang berbeda terhadap kadar histamin dan mutu organoleptik. *Gema Agro*. 23(2).
- Wodi, S. I. & Cahyono, E. (2021). Kajian total bakteri dan kadar histamin tuna pasca tangkap di perairan sangihe. *Jurnal Ilmiah Tindalung*. 7(1).doi:10.54484/jit.v7i1.385.
- Yi, Y., Tang, C., Yi, T., Yang, Z., & Zhang, S. (2017). Health Risk Assessment of Heavy Metals in Fish and Accumulation Patterns in Food Web in the Upper Yangtze River, China. *Ecotoxicol Environ Saf*. 145(July):295–302.doi:10.1016/j.ecoenv.2017.07.022.