

Kajian Kualitas Mikrobiologi Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*) Beku yang Dijual di Supermarket Berdasarkan Angka Lempeng Total Koloni Bakteri

La Arlan^{1*}, Utami Sri Hastuti¹

¹Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang - Jl. Semarang no. 5, Malang

*E-mail: vnsallan743@gmail.com. No. HP 081247296419

Abstrak: Ikan tongkol merupakan salah satu komoditas perikanan yang memiliki kandungan gizi yang tinggi. Kualitas mikrobiologi ikan tongkol beku perlu mendapat perhatian agar tidak merugikan konsumen. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan ALT koloni bakteri ikan tongkol beku yang dijual di tiga supermarket yang berbeda di Kota Malang, menentukan kelayakan konsumsi ikan tongkol beku yang dijual di tiga supermarket yang berbeda di kota Malang berdasarkan ketentuan dari BPOM nomor 13 tahun 2019, serta mendeskripsikan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kualitas mikrobiologi ikan tongkol beku yang diteliti berdasarkan hasil observasi. Penelitian ini meliputi pembuatan media PCA, pengenceran sampel, inokulasi sampel, dan penghitungan ALT koloni bakteri menggunakan metode cawan sebar. Hasil penghitungan nilai ALT koloni bakteri ikan tongkol beku yang dijual oleh supermarket A yaitu $9,9 \times 10^6$ cfu/g, supermarket B yaitu $9,0 \times 10^7$ cfu/g dan Supermarket C yaitu $4,3 \times 10^4$ cfu/g. Ikan tongkol beku yang dijual oleh supermarket A dan supermarket B tidak layak dikonsumsi, karena melebihi batas maksimum cemaran bakteri berdasarkan ketentuan BPOM. Adapun ikan tongkol beku yang dijual oleh supermarket C masih layak dikonsumsi berdasarkan ketentuan BPOM nomor 13 tahun 2019, yaitu tidak melampaui $1,0 \times 10^6$ cfu/g sampel. Hasil wawancara dan observasi oleh peneliti menunjukkan bahwa faktor sanitasi dan hygiene berpengaruh terhadap kualitas mikrobiologi sampel ikan tongkol beku, jika ditinjau dari nilai ALT koloni bakteri.

Kata Kunci: kualitas mikrobiologi; ALT koloni bakteri; ikan tongkol beku

Abstract: Little tuna is one of the fishery commodities that has a high nutritional content. The microbiological quality of frozen little tuna needs attention so it does not cause detriment to the consumers. The aims of this study is to determine the TPC of bacterial colonies of frozen little tuna which sold in three supermarkets at Malang City, determine the feasibility of frozen little tuna sold in three supermarkets at Malang City based on the BPOM number 13 of 2019 order, and describe the factors that can affect the microbiological quality of frozen little tuna based on the observations result. This research consists of PCA media preparation, sample dilution, sample inoculation, and TPC of bacterial colonies determination using the spread plate method. The bacterial colonies TPC value of frozen little tuna from supermarket A is 9.9×10^6 cfu/g, supermarket B is 9.0×10^7 cfu/g and supermarket C is 4.3×10^4 cfu/g. The frozen little tuna sold at supermarket A and supermarket B are not allowed for consumption, because they exceed the maximum limit of TPC of bacterial colonies, that allowed by BPOM. Meanwhile, frozen little tuna from supermarket C is allowed for consumption based on BPOM order, which is does not exceed 1.0×10^6 cfu/g sample. The researcher interviews and observations result proved that sanitation and hygiene factors affected the microbiological quality of the frozen little tuna samples based on the TPC of bacterial colonies value.

Keywords: microbiological quality; TPC of bacterial colonies, frozen little tuna

PENDAHULUAN

Ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) merupakan salah satu produk perikanan yang digemari dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat baik dalam bentuk segar maupun olahan (Hizbullah dkk., 2020).

Arlan & Hastuti (2023)

Ikan tongkol memiliki kandungan protein yang tinggi dibandingkan nutrisi lainnya yang hampir setara dengan ikan tuna dengan harga yang lebih murah serta mudah diperoleh di pasar tradisional maupun supermarket (Jumiati & Fadzilla, 2018). Ikan tongkol menyediakan beberapa sumber nutrisi yang sangat penting bagi tubuh termasuk asam lemak omega-3 tak jenuh ganda, vitamin, mineral, protein, dan asam amino esensial lainnya (Hu & Chan, 2020). Komposisi gizi daging ikan tongkol dalam setiap 100 gram terdiri dari air 75,52%, protein 23,15%, lemak 0,07%, dan abu 1,23% (Kannaiyan dkk., 2019). Sebagian besar nutrisi pada ikan tongkol terdiri dari asam amino esensial dan asam amino non esensial (Vasava dkk., 2018). Kandungan nutrisi dalam tubuh ikan tongkol dipengaruhi oleh kesegaran dan kualitas ikan tongkol tersebut.

Kesegaran ikan merupakan faktor penting dalam penentuan kualitas ikan. Secara fisik ikan tongkol mudah mengalami kerusakan dan pembusukan. Penurunan kualitas ikan tongkol dapat disebabkan oleh kandungan air, protein, serta asam lemak tak jenuh yang tinggi sehingga dapat digunakan bakteri sebagai media tumbuh (Tesfay & Teferi, 2017). Penurunan kualitas ikan juga dapat dipicu oleh penanganan ikan yang tidak tepat setelah dilakukan penangkapan, aktivitas enzimatik, dan oksidasi lipid di dalam tubuh ikan (Prabhakar dkk., 2020). Kualitas ikan juga sangat dipengaruhi oleh suhu selama penyimpanan (Nakazawa & Okazaki, 2020). Kualitas ikan tongkol dapat dipertahankan dengan menggunakan teknik pengawetan untuk memperlambat pertumbuhan bakteri. Salah satu teknik pengawetan yang dapat dilakukan yaitu penyimpanan beku.

Penyimpanan ikan pada suhu beku dapat menghambat pertumbuhan bakteri dan bahkan bisa menyebabkan kematian pada bakteri kontaminan (Asiah dkk., 2020). Pengawetan melalui pembekuan dapat mempertahankan kualitas sensoris ikan untuk waktu yang lebih lama dibandingkan dengan metode pendinginan menggunakan es (Choi dkk., 2018). Disisi lain, hasil penelitian terdahulu tentang pengawetan ikan dengan cara pembekuan membuktikan bahwa masih terdapat beberapa spesies bakteri psikrofil yang lebih toleran dan tetap tumbuh pada suhu rendah (Kumar dkk., 2015). Bakteri tersebut dapat menghasilkan senyawa volatil yang dapat menurunkan kesegaran ikan dan menstimulasi terjadinya pembusukan pada ikan yang dibekukan (Duarte dkk., 2020). Aktivitas metabolisme bakteri psikrofil dapat dihambat dengan menerapkan metode pembekuan dengan baik dan benar (Asiah dkk., 2020).

Pembekuan yang baik sejauh ini dengan menerapkan sistem rantai dingin dengan tepat, yaitu dengan menjaga suhu di dalam mesin pendingin pada ikan tetap stabil dalam suhu rendah yang mendekati angka 0 °C, sehingga kualitas sensoris ikan tetap terjaga (Sumartini & Sari, 2021). Penyimpanan beku yang tidak dilakukan dengan tepat dapat meningkatkan risiko kontaminasi bakteri dan berbagai perubahan sifat fisik maupun kimia yang tidak dikehendaki (Asiah dkk., 2020). Kontaminasi bakteri juga dapat disebabkan oleh kurangnya pelaku usaha dalam menerapkan

manajemen sanitasi dan higienitas pada lokasi penjualan maupun tempat penyimpanan sehingga mempengaruhi kualitas ikan tongkol beku yang dijual (Purnamayati dkk., 2018).

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk menentukan kualitas ikan tongkol beku yaitu dengan melakukan pengujian kualitas mikrobiologi berdasarkan Angka Lempeng Total (ALT) koloni bakteri. ALT koloni bakteri adalah jumlah koloni bakteri yang terdapat dalam tiap gram ataupun mL sampel uji setelah sampel diinkubasi dalam media yang sesuai selama 24-28 jam pada suhu 37 °C (Yusmaniar dkk., 2017). Berdasarkan ketentuan peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) nomor 13 tahun 2019, batas cemaran maksimum bakteri pada ikan yang dibekukan, yaitu sebesar $1,0 \times 10^6$ cfu/g.

Menurut hasil penelitian lain yang telah dilakukan sebelumnya, menunjukkan bahwa tingkat cemaran bakteri pada ikan tongkol yang dijual di Tempat Pelelangan Ikan (TPI) memenuhi ketentuan BPOM yakni sebesar $8,8 \times 10^3$ cfu/g. Adapun Ikan tongkol yang dijual oleh Pedagang Ikan Keliling (PIK) menunjukkan tingkat cemaran bakteri sebesar $1,1 \times 10^7$ cfu/g (Affandi dkk., 2016). Perbedaan hasil pengujian tersebut disebabkan oleh perbedaan penanganan ikan setelah dilakukan penangkapan, waktu penyimpanan, dan manajemen sanitasi dalam penjualan ikan. Secara umum, ikan yang tidak laku disimpan dalam box yang telah diisi es batu atau kulkas oleh pedagang di TPI maupun pedagang PIK (Affandi dkk., 2016). Penanganan ikan setelah penangkapan dan sanitasi yang tepat sangat diperlukan untuk menjaga kualitas mikrobiologi ikan agar aman dikonsumsi oleh konsumen.

Pengawasan potensi kontaminasi pada ikan laut yang dibekukan sangat penting untuk memastikan keamanan konsumen (Pal dkk., 2016). Secara umum, konsumsi ikan yang telah terkontaminasi bakteri dalam jumlah yang besar dapat menyebabkan *foodborne disease*. Gejala yang ditimbulkan antara lain mual, muntah, diare, kram perut, sakit kepala, nyeri otot dan sendi, serta berbagai permasalahan kesehatan lainnya (Pal dkk., 2016). *Foodborne disease* yang disebabkan oleh konsumsi spesies ikan laut scombroid (salah satu diantaranya ialah tongkol) dimediasi oleh aktivitas bakteri yang menghasilkan enzim dekarboksilase dan mengubah histidin bebas menjadi histamin dalam jumlah besar sehingga berpotensi membahayakan manusia apabila dikonsumsi (Sumartini & Sari, 2021). Sejauh ini, belum ada penelitian yang meneliti terkait Kualitas mikrobiologi ikan tongkol beku yang dijual di supermarket berdasarkan ALT koloni bakteri, khususnya di Kota Malang. Pemilihan lokasi pengambilan sampel dilakukan berdasarkan ketersediaan sampel, adanya fasilitas penyimpanan sampel, serta efektivitas waktu dan jarak juga dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pengambilan sampel. Hal tersebut yang mendasari peneliti menetapkan supermarket di Kota Malang sebagai lokasi pengambilan sampel, sebab supermarket di Kota Malang menyediakan ikan tongkol beku yang disimpan di dalam *chiller* sehingga suhu dan kualitas sensoris yang meliputi aroma, tekstur, dan warna dari ikan tongkol yang dijual tetap terjaga untuk menunjang

penelitian. Tingkat konsumsi dan ketersediaan ikan tongkol beku yang dijual di beberapa supermarket di Kota Malang yang tinggi menjadi alasan penetapan lokasi pengambilan sampel

Berdasarkan uraian tersebut, perlu dilakukan kajian terkait kualitas mikrobiologi ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) beku yang dijual di supermarket kota Malang berdasarkan angka lempeng total koloni bakteri. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai ALT koloni bakteri dan kelayakan konsumsi ikan tongkol beku yang di jual di tiga supermarket yang berbeda di Kota Malang berdasarkan ketentuan dari BPOM nomor 13 tahun 2019, serta mendeskripsikan faktor-faktor yang berpotensi mempengaruhi kualitas mikrobiologi ikan tongkol beku yang dijual berdasarkan hasil observasi.

MATERIAL DAN METODE

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain autoklaf, oven kering, *ice box*, mortar, *pestle*, *scalpel*, cawan Petri, gelas beaker, gelas ukur 500 ml, labu Erlenmeyer 1000 ml, labu Erlenmeyer 250 ml, kompor LPG, neraca analitik, batang pengaduk, mikropipet 0,1 ml, mikropipet 1 ml, makropipet 10 ml, *pipette tip*, *Laminar Air Flow* (LAF), rak tabung reaksi, tabung reaksi, kasa asbes, sarung tangan, lampu spiritus, *spreader*, vortex, inkubator, dan *colony counter*.

Adapun bahan-bahan yang diperlukan yaitu daging ikan tongkol beku, media PCA instan merk MERCK, pepton instan merk MERCK, akuades, aluminium foil, vaselin, alkohol 70%, lisol, kertas sampul warna coklat, es batu, *wrap plastic*, benang kasur, kasa, dan korek api.

Metode

Jenis penelitian ini merupakan penelitian deskriptif observasional yang mengkaji dan memberikan informasi terkait kualitas mikrobiologi dan kelayakan konsumsi ikan tongkol beku yang dijual di tiga supermarket yang berbeda di Kota Malang, yaitu Supermarket A, Supermarket B, dan Supermarket C berdasarkan ALT koloni bakteri dalam tiap gram sampel daging ikan tongkol beku menggunakan metode cawan sebar. Sampel dibeli secara langsung dari supermarket tanpa adanya perlakuan atau kontrol terhadap sampel yang diteliti.

Pengambilan Sampel

Sampel ikan tongkol beku dibeli sebanyak 1 ekor untuk setiap supermarket yang diperoleh dari tiga supermarket yang berbeda di Kota Malang. Sampel dibawa ke Laboratorium Mikrobiologi dengan cara dimasukkan ke dalam *ice box* yang telah diberi es batu. Sampel ikan tongkol beku diletakkan di sela-sela es batu dalam *ice box*. Sampel diambil sebanyak tiga kali dengan interval waktu 1 minggu. Sampel diambil pada tanggal 7 September, 14 September dan 21 September 2022.

Pembuatan media *Plate Count Agar* (PCA)

Pembuatan media PCA diawali dengan menyiapkan serbuk PCA sebanyak 39,95 gram dan dilarutkan dalam 1,7 liter akuades. Semua bahan yang telah disiapkan, selanjutnya dimasukkan ke

dalam labu Erlenmeyer, lalu dipanaskan diatas kompor sampai mendidih sambil diaduk hingga homogen. Larutan media yang telah homogen, selanjutnya dituang ke dalam cawan Petri @ 10 ml. Cawan Petri ditutup dan dibungkus menggunakan kertas sampul coklat dan diikat dengan benang kasur. Media selanjutnya disterilisasikan dengan autoklaf pada suhu 121 °C dengan tekanan 15 lbs selama 15 menit.

Pembuatan Larutan Pepton 0,1%

Proses Pembuatan larutan pepton 0,1% diawali dengan melarutkan serbuk pepton sebanyak 1,5 gram dalam 1,5 liter akuades. Semua bahan yang telah disiapkan, selanjutnya dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer, lalu dipanaskan diatas kompor sampai mendidih sambil diaduk hingga homogen. Larutan media yang telah homogen, selanjutnya dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer @ 90 ml dan tabung reaksi @ 9 ml, kemudian ditutup menggunakan kapas dan dilapisi dengan kasa. Media selanjutnya disterilisasikan dengan autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit dengan tekanan 15 lbs.

Pengenceran Sampel pada Larutan Pepton 0,1%

Pengenceran sampel dilakukan secara bertahap dengan urutan sebagai berikut; (1) Menyediakan labu Erlenmeyer yang berisi 90 ml larutan air pepton 0,1%, selanjutnya diberi kode 10^{-1} dengan menggunakan kertas label pada labu Erlenmeyer tersebut. Adapun untuk tabung reaksi yang berisi larutan air pepton @ 9 ml, masing-masing diberi kode 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , dan 10^{-6} ; (2) Sampel daging ikan tongkol diambil sebanyak 10 gram secara aseptis, lalu dihaluskan menggunakan mortar dan *pestle* kemudian dilarutkan dalam 90 ml larutan air pepton 0,1% di dalam labu Erlenmeyer yang telah disiapkan sebelumnya. Sampel selanjutnya dihomogenkan menggunakan vortex. Pada tahap ini diperoleh larutan induk dengan tingkat pengenceran 10^{-1} ; (3) Pengenceran dilanjutkan dengan mengambil 1 ml larutan suspensi dari larutan induk yang telah dibuat sebelumnya (kode 10^{-1}) dengan mikropipet dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang telah diisi dengan 9 ml larutan air pepton 0,1%, lalu dikocok hingga homogen menggunakan vortex untuk tingkat pengenceran 10^{-2} ; (4) Pengenceran suspensi dilakukan dengan cara yang sama secara bertahap, sehingga diperoleh tingkat pengenceran 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , dan 10^{-6} .

Inokulasi Sampel pada Media Lempeng PCA

Sampel daging ikan tongkol beku yang telah diencerkan, selanjutnya diambil sebanyak 0,1 ml untuk diinokulasikan ke dalam media lempeng PCA, selanjutnya suspensi diratakan menggunakan *spreader* agar tersebar merata pada masing-masing permukaan media lempeng PCA. Setelah inokulasi, biakan bakteri kemudian diinkubasi pada inkubator dengan posisi terbalik pada suhu 37 °C selama 1x24 jam. Setiap sampel diuji dalam tiga kali ulangan.

Penghitungan Nilai ALT Koloni Bakteri

Setelah masa inkubasi selama 1x24 jam, jumlah koloni bakteri pada masing-masing media lempeng PCA dihitung menggunakan *colony counter*. Hasil penghitungan jumlah koloni bakteri pada ikan tongkol beku kemudian ditentukan nilai ALT koloni bakteri sesuai ketentuan Fardiaz (1993) untuk menentukan kualitas mikrobiologi dan kelayakan konsumsi sampel ikan tongkol beku yang diteliti.

Observasi terkait Sanitasi dan Higiene Ikan Tongkol Beku

Parameter yang digunakan terkait aspek sanitasi dan higiene ikan tongkol beku yang dijual diadopsi dan dimodifikasi dari penelitian Trafialek dkk. (2016) yang meliputi: praktik higiene personal pegawai supermarket, sanitasi peralatan, sanitasi supermarket, serta organoleptik ikan tongkol beku yang dijual. Setiap aspek terdiri dari 5 parameter penilaian dan diberi skor 1 untuk setiap aspek penilaian dengan total skor 5. Data selanjutnya dikonversi dalam bentuk persen (%).

Analisis Data

Data hasil penghitungan nilai ALT koloni bakteri ditentukan reratanya untuk memperoleh nilai rerata ALT koloni bakteri. Nilai rerata tersebut dibandingkan dengan ketentuan dari BPOM nomor 13 tahun 2019 tentang batas maksimum cemaran bakteri pada ikan yang dibekukan, yakni sebesar $1,0 \times 10^6$ cfu/g. Hasil penghitungan ALT koloni bakteri kontaminan digunakan untuk menentukan kelayakan ikan tongkol beku untuk dikonsumsi.

HASIL

Nilai ALT Koloni Bakteri dalam Sampel Ikan Tongkol Beku

Data yang diperoleh dalam penelitian ini ialah nilai ALT dalam sampel ikan tongkol beku yang diperoleh dari tiga supermarket di kota Malang, yaitu Supermarket A, Supermarket B, dan Supermarket C. Data mengenai rerata hasil penghitungan nilai ALT koloni bakteri dalam ikan tongkol beku yang diteliti tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Penghitungan Rerata Nilai ALT Koloni Bakteri dalam Ikan Tongkol Beku

Supermarket	Nilai ALT koloni bakteri pada pengambilan sampel ke- (cfu/g)			Rerata Nilai ALT koloni bakteri (cfu/g)
	I	II	III	
A	$2,7 \times 10^7$	$2,8 \times 10^6$	$1,0 \times 10^4$	$9,9 \times 10^6$
B	$8,5 \times 10^7$	$4,8 \times 10^6$	$4,9 \times 10^3$	$9,0 \times 10^7$
C	$5,7 \times 10^4$	$4,4 \times 10^4$	$2,9 \times 10^4$	$4,3 \times 10^4$

Berdasarkan hasil penghitungan rerata nilai ALT koloni bakteri, diperoleh nilai ALT koloni bakteri ikan tongkol beku yang dijual oleh Supermarket A dan Supermarket B melebihi batas maksimum cemaran bakteri yang ditetapkan oleh BPOM RI, yaitu $1,0 \times 10^6$ cfu/g, sehingga dapat disimpulkan bahwa ikan tongkol beku yang dijual oleh Supermarket A dan Supermarket B tersebut tidak layak untuk dikonsumsi. Adapun nilai ALT koloni bakteri ikan tongkol beku yang dijual oleh

Supermarket C tidak melebihi batas maksimum cemaran bakteri yang ditetapkan oleh BPOM, sehingga masih layak untuk dikonsumsi.

Hasil Observasi oleh Peneliti Terkait Manajemen Sanitasi dan Higiene Ikan Tongkol Beku

Data hasil wawancara dan observasi mengenai manajemen sanitasi dan higiene ikan tongkol beku ditunjukkan Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Observasi Terkait Manajemen Sanitasi dan Higiene Ikan Tongkol Beku

No.	Aspek	Parameter yang Diamati	Skor Tiap Aspek		
			A	B	C
1.	Praktik higiene personal pegawai	a. Mencuci tangan sebelum melayani pembeli	0	0	1
		b. Menggunakan sarung tangan	0	0	1
		c. Menggunakan celemek	1	1	1
		d. Menggunakan pakaian bersih	1	1	1
		e. Menggunakan masker wajah	1	1	1
Total Skor (%)			60	60	100
2.	Sanitasi peralatan	a. Celemek dan lap yang digunakan dalam keadaan bersih	0	0	0
		b. Penjepit yang digunakan untuk mengambil ikan dalam keadaan bersih	1	0	1
		c. Sarung tangan yang digunakan dalam keadaan bersih	0	0	1
		d. Timbangan yang digunakan dalam keadaan bersih	1	1	1
		e. Meja tempat penyimpanan ikan yang digunakan dalam keadaan bersih	1	1	1
Total Skor (%)			60	40	80
3.	Sanitasi supermarket	a. Lantai supermarket dalam keadaan bersih dan tidak berdebu	1	1	1
		b. Tempat penyimpanan ikan memiliki jarak yang jauh dengan tempat sampah	1	1	1
		c. Terdapat ventilasi udara	1	1	1
		d. Tidak terdapat serangga penular penyakit/vektor	1	1	1
		e. Terdapat pengontrol suhu pada meja tempat penyimpanan ikan	1	1	1
Total Skor (%)			100	100	100

lanjutan Tabel 4.2

No.	Aspek	Parameter yang Diamati	Skor Tiap Aspek		
			A	B	C
4.	Organoleptik ikan tongkol	a. Kulit yang melapisi daging ikan utuh dan tidak terkelupas	0	0	1
		b. Morfologi ikan tampak segar	1	1	1
		c. Tidak terdapat lendir pada permukaan kulit ikan	0	0	1
		d. Tekstur daging padat, kompak dan elastis	1	1	1
		e. Bau khas ikan segar dan tidak busuk	1	0	1
Total Skor (%)			60	40	100

Catatan: Skor 0: tidak dalam keadaan higienis dan baik (parameter tidak terpenuhi)
 Skor 1: dalam keadaan higienis dan baik (parameter terpenuhi)

Berdasarkan hasil observasi terkait manajemen sanitasi dan higiene ikan tongkol beku diketahui bahwa supermarket C sangat memperhatikan aspek sanitasi dan higiene ikan tongkol beku yang dijual. Adapun para pegawai Supermarket A dan Supermarket B kurang memperhatikan aspek sanitasi dan higiene ikan tongkol beku yang dijual.

PEMBAHASAN

Kualitas Mikrobiologi Ikan Tongkol Beku Berdasarkan Nilai ALT Koloni Bakteri

Ikan tongkol merupakan salah satu jenis komoditas perikanan yang banyak dikonsumsi dan digemari oleh masyarakat dengan kandungan nutrisi yang melimpah. Kandungan nutrisi terutama air dan protein yang tinggi pada daging ikan tongkol tersebut yang menyebabkan daging ikan tongkol rentan terhadap kontaminasi oleh bakteri (Tapotubun dkk., 2016). Kontaminasi oleh bakteri menyebabkan terjadinya penurunan kualitas ikan tongkol beku yang dijual, sehingga kurang layak dikonsumsi. Kualitas ikan tongkol mengindikasikan sejauh mana ikan tongkol tersebut aman untuk dikonsumsi.

Pengujian kualitas mikrobiologi merupakan salah satu diantara beberapa jenis uji yang dilakukan guna menentukan kelayakan ikan tongkol untuk dikonsumsi. Adapun penentuan kualitas mikrobiologi ikan tongkol beku dapat dilakukan berdasarkan ALT koloni bakteri. Pada umumnya pengujian ALT koloni bakteri merupakan suatu cara menghitung jumlah koloni bakteri yang berasal dari suatu bahan dan tumbuh pada media sintetik yang sesuai, sehingga membentuk koloni yang dapat diamati secara langsung tanpa menggunakan mikroskop (Fardiaz, 1993).

Berdasarkan hasil penghitungan ALT koloni bakteri pada ikan tongkol beku yang diteliti, diketahui bahwa ikan tongkol beku yang dijual oleh supermarket A dan supermarket B tidak layak untuk dikonsumsi karena memiliki nilai ALT yang melebihi batas maksimum cemaran bakteri yang ditetapkan oleh BPOM. Adapun ikan tongkol beku yang dijual oleh supermarket C masih layak untuk dikonsumsi karena tidak melebihi batas maksimum cemaran bakteri pada ikan yang dibekukan yang ditetapkan oleh BPOM.

Konsumsi ikan tongkol yang telah terkontaminasi oleh bakteri dalam jumlah yang melebihi batas maksimum tersebut dapat menyebabkan diare, mual, kram perut, muntah, dan beberapa permasalahan kesehatan lainnya (Pal dkk., 2016; Huda & Siregar, 2017). Berdasarkan hasil penelitian ini, peneliti menyimpulkan bahwa penurunan kualitas ikan tongkol beku yang dijual oleh ketiga supermarket tersebut disebabkan oleh adanya kontaminasi oleh bakteri kontaminan.

Beberapa Faktor Penyebab Terjadinya Kontaminasi Bakteri pada Daging Ikan Tongkol Beku

Kontaminasi bakteri pada daging ikan tongkol beku dapat terjadi akibat penanganan yang tidak tepat setelah penangkapan, distribusi, hingga proses komersialisasi (pemasaran). Kontaminasi oleh bakteri juga disebabkan oleh manajemen sanitasi dan praktik higiene yang tidak tepat (Duarte dkk.,

2020). Hal tersebut yang menyebabkan perbedaan nilai ALT dan kelayakan konsumsi pada sampel ikan tongkol beku yang berasal dari ketiga supermarket.

Hasil observasi yang telah dilakukan peneliti menunjukkan bahwa para pegawai supermarket A dan B kurang memperhatikan aspek praktik higiene personal. Para pegawai dari kedua supermarket tersebut tidak memakai celemek dan tidak mencuci tangan sebelum melayani pembeli. Hal tersebut dapat menjadi penyebab terjadinya kontaminasi bakteri pada ikan tongkol beku yang dijual, jika ditinjau dari nilai ALT koloni bakteri pada kedua supermarket tersebut yang ternyata melebihi batas maksimum cemaran bakteri dan tidak layak dikonsumsi. Berdasarkan hasil observasi ini, peneliti menyimpulkan bahwa ada kaitan antara faktor praktik higiene pegawai supermarket dan kualitas ikan tongkol beku yang dijual. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan bahwa praktik penggunaan sarung tangan, masker wajah, celemek, mencuci tangan menggunakan sabun dan air yang bersih, serta penggunaan pakaian yang bersih merupakan aspek higiene personal yang perlu diperhatikan oleh para pegawai supermarket (Hasanah dkk., 2018; Adane dkk., 2018). Penggunaan sarung tangan merupakan faktor penting untuk mengurangi terjadinya kontaminasi oleh bakteri dari tangan ke produk pangan termasuk ikan yang dijual (Robinson dkk., 2016). Berdasarkan uraian tersebut, praktik higiene personal dari para pegawai supermarket sangat penting dilakukan untuk mengurangi terjadinya kontaminasi bakteri pada ikan tongkol yang dijual.

Hasil observasi yang telah dilakukan oleh peneliti menunjukkan bahwa sanitasi alat yang dipakai di supermarket A dan B kurang mendapat perhatian pegawai yang bertanggung jawab di tempat penjualan ikan. Hasil observasi juga menunjukkan bahwa celemek dan lap yang dipakai oleh ketiga supermarket kurang bersih. Sarung tangan dan penjepit ikan yang digunakan oleh para pegawai supermarket A dan B tidak dalam keadaan bersih. Hal-hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya kontaminasi bakteri pada ikan tongkol beku yang dijual. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan bahwa langkah preventif dalam mengurangi kontaminasi bakteri pada ikan yang dijual, yaitu dengan memakai masker, serta mengganti pakaian, lap, dan celemek yang telah kotor (Adane dkk., 2018). Peralatan yang digunakan untuk proses penanganan ikan yang dijual tidak bersifat korosif, serta selalu dicuci setelah digunakan (Uçar dkk., 2016). Penggunaan peralatan yang tidak bersih dan telah berkarat dapat menjadi media penyebaran bakteri kontaminan pada ikan yang dijual (Maruka dkk., 2017). Berdasarkan uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa, sanitasi peralatan merupakan aspek yang perlu diperhatikan guna mencegah penularan penyakit akibat kontaminasi bakteri kontaminan pada ikan tongkol beku yang dijual.

Sanitasi supermarket merupakan salah satu aspek yang perlu diperhatikan dalam menghindari terjadinya kontaminasi oleh bakteri kontaminan. Hasil observasi peneliti menunjukkan bahwa ketiga supermarket sangat memperhatikan aspek sanitasi lingkungan supermarket, khususnya di sekitar tempat penjualan ikan. Ketiga supermarket memiliki ventilasi udara dan mempunyai alat pengontrol

suhu pada meja tempat penyimpanan ikan, serta lantai yang bersih dan terbebas dari serangga penular penyakit. Ketiga supermarket juga memiliki meja tempat penyimpanan ikan dengan jarak yang jauh dari tempat sampah (>10 meter). Berdasarkan uraian tersebut, peneliti menyimpulkan bahwa ada hubungan antara faktor sanitasi supermarket, terutama di sekitar tempat penjualan ikan dan kualitas ikan tongkol beku yang dijual. Hal tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa lokasi penjualan ikan yang buruk dan tidak higienis menjadi sarana penyebaran bakteri kontaminan pada ikan yang dijual (Maruka dkk., 2017).

Cemaran bakteri yang tinggi pada suatu produk perikanan menunjukkan bahwa praktik higiene dan sanitasi lingkungan di sekitar lokasi penjualan tidak diaplikasikan dengan benar (Akerina, 2018). Beberapa langkah preventif untuk mengurangi kontaminasi bakteri pada supermarket yaitu dengan menjaga lantai tetap bersih dari kotoran maupun debu yang menempel pada lantai, terbebas dari serangga penular penyakit, misal lalat dan kecoa, tempat penyimpanan ikan memiliki jarak yang jauh dengan tempat sampah, serta mempunyai mekanisme pengendalian suhu dan kelembaban untuk mengurangi terjadinya kontaminasi oleh bakteri (Uçar dkk., 2016). Berdasarkan uraian tersebut, sanitasi supermarket sangat perlu diperhatikan untuk mencegah kontaminasi antara bakteri kontaminan dengan ikan tongkol beku yang dijual.

Kontaminasi oleh bakteri pada ikan tongkol juga dapat dilihat dari kesegaran ikan melalui penilaian ciri-ciri organoleptik dari ikan tongkol yang dijual. Hasil observasi yang telah dilakukan oleh peneliti, menunjukkan bahwa supermarket A dan B menjual ikan tongkol yang kurang baik berdasarkan ciri-ciri organoleptik. Hal tersebut dapat diketahui dari hasil pengamatan bahwa sebagian besar ikan tongkol yang dijual telah terkelupas kulitnya, serta terdapat lendir yang menyelimuti permukaan kulit ikan tongkol pada saat dibeli. Adapun supermarket B menjual ikan tongkol yang memiliki bau yang kurang segar. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan bahwa secara organoleptik, ikan tongkol segar mempunyai ciri-ciri antara lain: mata yang jernih, insang berwarna merah segar dan tidak berlendir, tidak terdapat lendir yang menyelimuti permukaan kulit ikan, tekstur daging ikan padat dan elastis, serta mempunyai aroma khas ikan segar (BSN, 2013). Ciri-ciri organoleptik pada ikan tongkol menjadi salah satu tolok ukur yang penting dalam penentuan kualitas dan kelayakan ikan tongkol untuk dikonsumsi (Wiranata dkk., 2017). Penurunan kualitas berdasarkan ciri-ciri organoleptik ikan tongkol menunjukkan adanya kontaminasi oleh bakteri kontaminan pada ikan tongkol yang dijual. Kualitas ikan tongkol dapat dipertahankan dengan menggunakan teknik pengawetan untuk memperlambat pertumbuhan bakteri agar tidak merusak ikan tongkol beku.

Mekanisme Terjadinya Kerusakan Ikan Tongkol Beku oleh Aktivitas Bakteri Kontaminan

Penurunan kualitas ikan tongkol beku dapat disebabkan oleh adanya kerusakan yang terjadi pada tubuh ikan akibat aktivitas metabolisme bakteri kontaminan. Selain aktivitas bakteri kontaminan,

kerusakan ikan tongkol juga dapat disebabkan oleh adanya degradasi daging ikan akibat perubahan biokimia, serta reaksi enzimatik yang dimulai segera setelah penangkapan (Soares & Gonçalves, 2012). Penanganan ikan yang kurang tepat setelah dilakukan penangkapan, proses distribusi hingga komersialisasi di supermarket dapat menyebabkan terjadinya kontaminasi oleh bakteri sehingga mengakibatkan penurunan kualitas ikan tongkol yang akan dijual. Kontaminasi bakteri pada tubuh ikan tongkol juga disebabkan oleh kerusakan fisik pada tubuh ikan akibat benturan dan tekanan fisik selama proses penanganan ikan setelah penangkapan.

Ikan tongkol yang telah ditangkap pada umumnya dilempar dan tidak diletakkan dalam tempat penyimpanan ikan dengan perlahan, hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada kulit ikan sehingga dapat menjadi sarana kontaminasi oleh bakteri kontaminan pada ikan tongkol yang dijual. Benturan pada ikan tongkol selama proses pengangkutan menuju supermarket juga dapat menyebabkan kulit ikan menjadi robek sehingga mempermudah bakteri kontaminan masuk ke dalam tubuh ikan. Jumlah ikan tongkol yang terlalu banyak dan diletakkan secara berhimpitan dalam truk pengangkut juga menyebabkan adanya tekanan fisik antar ikan tongkol terutama ikan tongkol yang letaknya di bagian bawah wadah penyimpanan ikan, sehingga mengakibatkan terjadinya kerusakan fisik berupa gesekan pada tubuh ikan dan dapat meningkatkan peluang kontaminasi bakteri pada ikan tongkol yang dijual.

Setelah kematian ikan, maka sirkulasi udara pada tubuh ikan akan terhenti, sehingga terjadi penurunan kualitas ikan akibat tidak ada pasokan Oksigen untuk metabolisme ikan (Duarte dkk., 2020). Kondisi tersebut menyebabkan reaksi enzimatik akan terganggu dan mengakibatkan berbagai perubahan biokimia yang tidak diinginkan (Stone dkk., 2012). Peristiwa tersebut diikuti dengan produksi lendir yang menyelimuti seluruh permukaan tubuh ikan. Produksi lendir yang terutama terdiri dari musin, akan menjadi substrat yang sangat baik untuk pertumbuhan bakteri penyebab pembusukan pada daging ikan (Singh & Benjakul, 2018).

Bakteri kontaminan pada ikan tongkol umumnya terdapat pada insang, isi perut, dan permukaan kulit. Bakteri pada ketiga lokasi tersebut, akan masuk ke dalam tubuh dan menyebar ke seluruh jaringan dan organ ikan, serta berkembang biak di dalam tubuh (terutama daging) ikan. Bakteri kontaminan akan memproduksi enzim proteolitik berupa enzim protease ekstraseluler yang dapat memecah protein menjadi senyawa yang lebih sederhana berupa asam amino dan oligopeptida untuk menunjang pertumbuhan (Yu dkk., 2018). Adapun senyawa lain yang terbentuk berupa sulfida volatil yang menimbulkan bau busuk dan rasa yang tengik pada ikan, termasuk tongkol (Zhuang dkk., 2021). Penumpukan senyawa tersebut dalam tubuh ikan tongkol dapat menyebabkan terjadinya penurunan mutu ikan yang signifikan, seperti terjadinya *off-flavors*, peningkatan total nitrogen garam yang mudah menguap, peningkatan nilai pH, hingga *foodborne disease* apabila dikonsumsi (Yi & Xie, 2022).

Penelitian terdahulu menyatakan bahwa terdapat beberapa bakteri kontaminan pada ikan tongkol yang dibekukan, yaitu *Eschericia coli* (Jamaluddin dkk., 2021), *Salmonella* sp. (Ariyawansa dkk., 2016), dan beberapa bakteri psikrofil terutama dari genus *Pseudomonas* dan *Aeromonas* pada sampel ikan yang dibekukan (Salem dkk., 2018). Bakteri-bakteri tersebut diduga menjadi faktor utama penyebab pembusukan pada ikan yang dibekukan. Berdasarkan uraian tersebut, perlu adanya upaya pengawetan ikan tongkol yang dijual untuk menghambat pertumbuhan bakteri kontaminan penyebab pembusukan pada daging ikan.

Pengaruh Penyimpanan Beku terhadap Penghambatan Pertumbuhan Bakteri Kontaminan pada Ikan Tongkol

Secara umum, penyimpanan beku dapat menghambat pertumbuhan bakteri dan bahkan bisa menyebabkan kematian pada bakteri kontaminan. Pembekuan juga dapat mempertahankan kualitas ikan tongkol yang dijual untuk waktu yang lebih lama. Selama proses penyimpanan beku, sebagian besar kandungan air yang ada di dalam tubuh ikan tongkol akan membentuk kristal, sehingga mobilitas air di dalam tubuh ikan terbatas. Peristiwa kristalisasi tersebut mengakibatkan pertumbuhan bakteri kontaminan terhambat dan reaksi biokimia yang berlangsung dengan biokatalisator enzim-enzim yang ada di dalam tubuh ikan juga ikut terhambat, sehingga memperpanjang daya tahan simpan dari ikan tongkol yang dijual (Asiah dkk., 2020).

Penyimpanan beku dapat mengubah struktur morfologi dan proses fisiologi dari bakteri kontaminan. Inkubasi ikan tongkol pada suhu beku dapat mengubah struktur dan komposisi lipid, serta fluiditas pada membran sel bakteri. Pada kondisi beku, komponen sel bakteri yang berbentuk cair akan berubah menjadi gel. Kondisi tersebut dapat merusak fungsi protein pada membran, sehingga mengakibatkan membran sel bakteri mengalami kebocoran (Asiah dkk., 2020). Hal ini mengakibatkan semi permeabilitas membran sel menurun, sehingga senyawa-senyawa dalam sitoplasma sel bakteri keluar tanpa terkendali, selanjutnya terjadi hambatan metabolisme seluler, sehingga ATP yang dihasilkan menurun dan pertumbuhan sel bakteri ikut terhambat. Penurunan suhu juga akan menyebabkan laju pertumbuhan bakteri menurun akibat pemanjangan fase lag, sehingga jumlah sel bakteri yang membelah ikut berkurang. Bakteri kontaminan selama fase lag mengalami beberapa perubahan fisiologis, yaitu penghambatan sintesis protein dan pembentukan DNA maupun RNA (Zhang dkk., 2018; Asiah dkk., 2020), serta perubahan komposisi dan saturasi asam lemak sehingga menghambat pertumbuhan sel bakteri (Hassan dkk. 2020). Kondisi beku juga dapat menyebabkan terjadinya perubahan struktur morfologi berupa kerusakan struktur dinding sel dan membran sel bakteri (Asiah dkk., 2020).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Yang dkk. (2020) terkait aktivitas pertumbuhan bakteri *Shawnella putrefaciens* yang merupakan salah satu spesies bakteri penyebab pembusukan pada ikan beku, menunjukkan adanya penghambatan pertumbuhan pada suhu rendah akibat terganggunya

fluiditas membran sel. Disisi lain, bakteri tersebut dapat beradaptasi terhadap suhu beku dengan mengubah beberapa proporsi asam lemak, melalui peningkatan produksi asam lemak tak jenuh dan mengurangi panjang rantai asam lemak (Yang dkk., 2020). Perubahan komposisi asam lemak tersebut akan mempertahankan fluiditas membran sel bakteri sehingga dapat berfungsi dengan normal dalam menjalankan fungsi sebagai sistem transportasi nutrisi dan zat terlarut, serta respirasi (Asiah dkk., 2020). Hasil riset sebelumnya melaporkan bahwa masih terdapat beberapa spesies bakteri psikrofil yang dapat tumbuh dan beradaptasi pada suhu rendah (Kumar dkk., 2015).

Bakteri psikrofil merupakan jenis bakteri yang toleran pada suhu rendah dan dapat tumbuh pada suhu beku dengan interval suhu -5 hingga 20 °C. Adapun suhu optimum bakteri psikrofil berkisar antara $7-15$ °C. Aktivitas metabolisme bakteri psikrofil ini dapat dihambat dengan mengaplikasikan teknik pembekuan yang tepat. Teknik pembekuan yang baik sejauh ini yaitu dengan mengaplikasikan sistem rantai dingin dengan tepat, yaitu dengan mempertahankan suhu tempat penyimpanan ikan tetap rendah dan mendekati suhu 0 °C mulai dari setelah penangkapan, distribusi hingga komersialisasi di supermarket (Sumartini & Sari, 2020). Hal tersebut perlu diperhatikan untuk menghambat aktivitas metabolisme dan pertumbuhan dari bakteri kontaminan terutama bakteri psikrofil yang dapat menyebabkan terjadinya pembusukan pada ikan tongkol beku.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, peneliti berhasil mengungkapkan kualitas mikrobiologi ikan tongkol beku yang dijual oleh tiga supermarket di kota Malang berdasarkan nilai ALT koloni bakteri. Hasil penelitian tersebut dapat digunakan sebagai rujukan untuk penelitian serupa terkait kajian kualitas mikrobiologi pada produk ikan beku yang lain selain ikan tongkol. Hasil penelitian ini juga dapat digunakan sebagai dasar penelitian lanjut yang bertujuan untuk meneliti keanekaragaman spesies bakteri kontaminan dan daya tahan simpan ikan tongkol beku. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa praktik higiene personal para pegawai supermarket, sanitasi supermarket, sanitasi peralatan, organoleptik ikan tongkol, serta interval waktu penggantian ikan tongkol yang dijual ternyata berpengaruh terhadap kualitas mikrobiologi ikan tongkol beku. Hasil penelitian ini dapat menjadi saran bagi pihak supermarket agar lebih memperhatikan aspek manajemen sanitasi dan higiene ikan tongkol beku yang dijual.

KESIMPULAN

Nilai ALT koloni bakteri ikan tongkol beku yang dijual oleh supermarket A sebesar $9,9 \times 10^6$ cfu/g, sedangkan pada supermarket B diperoleh nilai ALT koloni bakteri sebesar $9,0 \times 10^7$ cfu/g. Adapun Supermarket C diperoleh nilai ALT koloni bakteri sebesar $4,3 \times 10^4$ cfu/g; Ikan tongkol beku yang dijual oleh supermarket A dan supermarket B tidak layak untuk dikonsumsi, sedangkan ikan tongkol beku yang dijual oleh supermarket C masih layak untuk dikonsumsi berdasarkan ketentuan dari BPOM nomor 13 tahun 2019 tentang batas maksimum nilai ALT koloni bakteri pada ikan yang dibekukan, yaitu $1,0 \times 10^6$ cfu/g sampel. Hasil observasi yang telah dilakukan oleh peneliti

menunjukkan bahwa faktor sanitasi dan higiene ikan tongkol beku yang dijual mempengaruhi kualitas mikrobiologi sampel ikan tongkol beku yang diteliti. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar penelitian lanjut yang bertujuan untuk meneliti keanekaragaman spesies bakteri kontaminan dan daya tahan simpan ikan tongkol beku.

DAFTAR PUSTAKA

- Adane, M., Tekla, B., Gismu, Y., Halefom, G., & Ademe, M. (2018). Food hygiene and safety measures among food handlers in street food shops and food establishments of Dessie Town, Ethiopia: A community-based cross-sectional study. *PloS One*, *13*(5), 1-13.
- Affandi, R. P., Ferasyi, T. R., & Karina, S. (2016). Uji mikrobiologi ikan tongkol yang didistribusikan di Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Lampulo dan oleh Pedagang Ikan Keliling (PIK) di Kota Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, *1*(3), 318-324.
- Akerina, F. O. (2018). Cemaran mikroba pada ikan tuna asap di beberapa pasar tradisional Tobelo, Halmahera Utara, Indonesia. *Akuatikisile: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-pulau Kecil*, *2*(1), 17-21.
- Ariyawansa, S., Ginigaddarage, P., Jinadasa, K., Chandrika, J. M., Ganegama, G., Arachchi, & Ariyaratne, S. (2016). Assessment of microbiological and bio-chemical quality of fish in a supply chain in Negombo, Sri Lanka. *Procedia Food Science*, *6*(7), 246-252.
- Asiah, N., Cempaka, L., Ramadhan, K., & Matatula, S. H. (2020). *Prinsip Dasar Penyimpanan Pangan Pada Suhu Rendah*. Makassar: Nas Media Pustaka.
- BPOM. (2019). *Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 13 Tahun 2019 Tentang Batas Maksimum Cemaran Mikroba dalam Pangan Olahan*. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan.
- BSN. (2013). *SNI 2729:2013. Ikan Segar*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Choi, M.-J., Abduzukhurov, T., Park, D. H., Kim, E. J., & Hong, G. P. (2018). Effects of deep freezing temperature for long-term storage on quality characteristics and freshness of lamb meat. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, *38*(5), 959-969.
- Duarte, A. M., Silva, F., Pinto, F. R., Barroso, S., & Gill, M. M. (2020). Quality assessment of chilled and frozen fish-mini review. *Foods*, *9*(2), 1-26.
- Fardiaz, S. (1993). *Analisis Mikrobiologi Pangan*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Hasanah, Y. R., Ellyke, & Ningrum, P. T. (2018). Praktik higiene personal dan keberadaan bakteri *Escherichia coli* pada tangan penjual petis (studi di pasar Anom Kecamatan Sumenep Kabupaten Sumenep). *e-Jurnal Pustaka Kesehatan*, *6*(1), 77-84.
- Hassan, N., Anesio, A. M., Rafiq, M., Holtvoeth, J., Bull, I., Haleem, A., Shah, A. A., & Hasan, F. (2020). Temperature driven membrane lipid adaptation in glacial psychrophilic bacteria. *Frontiers in Microbiology*, *11*(824), 1-10. Doi: 10.3389/fmicb.2020.00824.
- Hizbullah, H. H., Sari, N. K., Nurhayati, T., & Nurilmala, M. (2020). Quality changes of little tuna fillet (*Euthynnus affinis*) during chilling temperature storage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *404*(1), 1-14.
- Hu, X. F., & Chan, H. M. (2021). Seafood consumption and its contribution to nutrients intake among Canadians in 2004 and 2015. *Nutrients*, *13*(77), 1-11.
- Huda, M., & Siregar, M. T. (2017). Faktor-faktor yang berhubungan dengan jumlah mikroba pada kecap manis isi ulang yang digunakan penjual bakso di Kecamatan Way Halim Kota Bandar Lampung. *Jurnal Analis Kesehatan*, *4*(1), 355-365.
- Jamaluddin, R., Nurfadilah, N., & Sunarti, S. (2021). Identifikasi *Escherichia coli* pada beberapa komoditas perikanan di pasar tradisional Mamuju, Sulawesi Barat. *Akuatikisile: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*, *5*(2), 59-62.

- Jumiati & Fadzilla, F. (2018). Pemanfaatan jantung pisang dan kluwih pada pembuatan abon ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) ditinjau dari analisis proksimat, dan Uji Asam Tiobarbiturat (TBA). *Reka Pangan*, 12(1), 60–66.
- Kannaiyan, S. K., Bagthasingh, C., Vetri, V., Aran, S. S., Venkatachalam, K. (2019). Nutritional, textural and quality attributes of white and dark muscles of little tuna (*Euthynnus affinis*). *Indian Journal of Geo Marine Sciences*, 48(02), 205-211.
- Kumar, G. P., Reddy, G. V. S., Dhanapal, K., Babu, P. H., & Abarna, S. (2015). Chemical and microbial changes and sensory changes of mrigal (*Cirrhinus mrigala*) stored in ice. *Ecology, Environment and Conservations*, 21(1), 517-524.
- Maruka, S. S., Siswuhutomo, G., & Rahmatu, R. D. (2017). Identifikasi cemaran bakteri *Escherichia coli* pada ikan layang (*Decapterus russelli*) segar di berbagai pasar Kota Palu. *e-Jurnal Mitra Sains*, 5(1), 84-89.
- Nakazawa, N., & Okazaki, E. (2020). Recent research on factors influencing the quality of frozen seafood. *Fisheries Science*, 86(2), 231–244.
- Pal, M., Ketema, A., Anberber, M., Mulu, S., & Dutta, Y. (2016). Microbial quality of fish and fish products. *Beverage & Food World*, 43(2), 46-49.
- Purnamayati, L., Wijayanti, I., Anggo, A. D., Amalia, U., & Sumardianto, S. (2018). Pengaruh pengemasan vakum terhadap kualitas bandeng presto selama penyimpanan. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 11(2), 63-68.
- Prabhakar, P. K., Vatsa, S., Srivastav, P. P., Pathak, S. S. (2020). A comprehensive review on freshness of fish and assessment: Analytical methods and recent innovations. *Food Research International*, 133(109157), 1-17.
- Robinson, A., Lee, H. J., Kwon, J., & Todd, E. C. D. (2016). Adequate hand washing and glove use are necessary to reduce cross-contamination from hands with high bacterial loads. *Journal of Food Protection*, 79(2), 304-308.
- Salem, A. M., Osman, I. M., & Shehata, S. M. (2018). Assessment of psychrotrophic bacteria in frozen fish with special reference to *Pseudomonas* species. *Benha Veterinary Medical Journal*, 34(2), 140-148.
- Singh, A., & Benjakul, S. (2018). Proteolysis and its control using protease inhibitors in fish and fish products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(2), 496-509.
- Soares, K. M. P., & Gonçalves, A. A. (2012). Qualidade e segurança do pescado. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 71(1), 1-10.
- Stone, H., Bleibaum, R. N., & Thomas, H. A. (2012). *Sensory Evaluation Practices*, 4th ed. Amsterdam: Elsevier Publisher.
- Sumartini, & Sari, R. P. (2021). Ekstrak daun mangrove (*Sonneratia caseolaris*) sebagai pengawet alami ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) selama penyimpanan. *Jurnal Airaha*, 10(1), 109-122.
- Tapotubun, A. M., Savitri, I. K. E., Matrutty, T. E. A. A. (2016). Penghambatan bakteri patogen pada ikan segar yang diaplikasi *Caulerpa lentillifera*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 19(3), 299-308.
- Tesfay, S., & Teferi, M. (2017). Assessment of fish post-harvest losses in Tekeze Dam and Lake Hashenge fishery associations: Northern Ethiopia. *Agriculture & Food Security*, 6(4), 1-12.
- Vasava, R., Shrivastava, V., Mahavadiya, D., Sapra, D., & Vadher, D. (2018). Nutritional and feeding requirement of milkfish (*Chanos chanos*). *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 6(2), 1210-1215.
- Uçar, A., Yimaz, M. V., & Çakıroğlu, F. P. (2016). *Significance, Prevention and Control of Food Related Diseases*. London: IntechOpen Publisher.
- Wiranata, K., Widia, I. W., & Sanjaya, I. P. G. B. (2017). Pengembangan sistem rantai dingin ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) segar untuk pedagang ikan keliling. *Beta (Biosistem dan Teknik Pertanian)*, 6(1), 12-21.
- Yang, S-P., Xie, J., Cheng, Y., Zhang, Z., Zhao, Y., & Qian, Y. V. (2020). Respon of *Shewanella putrefaciens* to low temperature regulated by membrane fluidity and fatty acid metabolism. *LWT - Food Science and Technology*, 117, 1-7.

- Yi, Z., & Xie, J. (2022). Assessment of spoilage potential and amino acids deamination & decarboxylation activities of *Shewanella putrefaciens* in bigeye tuna (*Thunnus obesus*). *LWT-Food Science and Technology*, 156(113016), 1-10.
- Yu, D., Regenstein, J. M., Zang, J., Xia, W., Xu, Y., Jiang, Q., & Yang, F. (2018). Inhibitory effects of chitosan-based coatings on endogenous enzyme activities, proteolytic degradation and texture softening of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets stored at 4 °C. *Food Chemistry*, 262(18), 1-6.
- Yusmaniar, Wardiah, & Nida, K. (2017). *Bahan Ajar Farmasi: Mikrobiologi dan Parasitologi, Edisi 2017*. Jakarta: Pusdik SDM Kesehatan, Kementerian Kesehatan RI.
- Zhang, Y., Burkhardt, D. H., Rouskin, S., Li, G. -W., Weissman, J. S., & Gross, C. A. (2018). A stress response that monitors and regulates mrna structure is central to cold-shock adaptation. *Mol Cell*, 70(2), 274–286. Doi: 10.1016/j.molcel.2018.02.035.
- Zhuang, S., Hong, H., Zhang, L., & Luo, Y. (2021). Spoilage-related microbiota in fish and crustaceans during storage: research progress and future trends. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(1), 252-288.