



PENGARUH METODE PENGEMASAN IKAN TONGKOL ASAP GUNA MENGHAMBAT KEMUNDURAN MUTU PADA SUHU RUANG

Almalia Surya Gustiningrum, Tati Nurhayati*, Bustami Ibrahim

Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University
Jalan Agatis, Kampus IPB Darmaga, Bogor Indonesia 16680

Dikirim: 12 Desember 2024/Disetujui: 14 Maret 2025

*Korespondensi: tnurhayati@apps.ipb.ac.id

Cara sitasi (APA Style 7th): Gustiningrum, A. S., Nurhayati, T., & Ibrahim, B. (2025). Pengaruh metode pengemasan ikan tongkol asap guna menghambat kemunduran mutu pada suhu ruang. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 28(3), 254-269. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v28i3.61158>

Abstrak

Ikan asap merupakan salah satu produk olahan perikanan yang digemari karena rasanya khas dan aromanya yang sedap spesifik. Proses pengasapan menggunakan teknik konvensional memiliki umur simpan yang lebih pendek. Penjualan ikan asap tanpa pengemasan memungkinkan terpaparnya mikroba dan kapang kontaminan yang dapat memengaruhi mutunya. Pengemasan dengan metode *modified atmosphere packaging* (MAP) dan pengemasan plastik vakum merupakan upaya memperpanjang umur simpan dan mempertahankan mutu ikan asap. Tujuan penelitian ini, yaitu menentukan metode pengemasan dan lama waktu penyimpanan terbaik ikan tongkol (*Euthynus affinis*) asap yang disimpan pada suhu ruang. Metode eksperimen rancangan acak lengkap faktorial (RALF) dilakukan pada penelitian ini dengan variabel perlakuan metode pengemasan plastik nonvakum, vakum, dan MAP) serta lama waktu penyimpanan (hari ke-0, 1, 2, dan 3). Hasil uji mutu ikan asap yang diproduksi pada sentra pengasapan ikan bengkorok bakteri (*Salmonella* spp., *S. aureus*, *E. coli*) dan benzo[a]piren memenuhi standar SNI 2725:2013. Hasil analisis histamin pada setiap perlakuan selama penyimpanan sesuai standar SNI ikan asap, yaitu ≤ 100 mg/kg dengan nilai terendah pada metode pengemasan MAP, yaitu 52,32 mg/kg. Hasil analisis kimia dan mikrob pada pengemasan MAP dan plastik vakum hingga hari terakhir penyimpanan memenuhi standar SNI 2725:2013, kadar air $< 60\%$, log total mikrob $< 4,7$ log CFU/g, dan log total kapang < 2 log CFU/g.

Kata kunci: kemasan, masa simpan, *modified atmosphere packaging*, pengasapan, vakum

Packaging Method Effect of Smoked Skipjack Tuna to Inhibit Quality Deterioration at Room Temperature

Abstract

Smoked fish is one of the favored fisheries processed products due to its distinctive taste and specific delicious aroma. The smoking process using conventional techniques has a shorter shelf life. Selling smoked fish without packaging allows exposure to microbes and contaminating molds that can affect its quality. Packaging using the modified atmosphere packaging (MAP) method and vacuum plastic packaging is an effort to extend the shelf life and maintain the quality of smoked fish. The objective of this research is to determine the best packaging method and storage duration by comparing techniques to inhibit quality deterioration in smoked skipjack tuna (*Euthynnus affinis*) at room temperature. The experimental method of a completely randomized factorial design (CRFD) was conducted in this study with the treatment variables of packaging methods (plastic, vacuum plastic, and MAP) and storage duration (days 0, 1, 2, and 3). The quality test results of smoked fish produced at the Bengkorok center for fish smoking, including *Salmonella* spp., *S. aureus*, *E. coli*, and benzo[a]pyrene, meet the SNI 2725:2013 standards. The histamine analysis results for each treatment during storage showed the lowest value in the MAP packaging method, which is 52.32 mg/kg, meeting the SNI standard for smoked fish of ≤ 100 mg/kg. The results of the chemical and microbial analysis on MAP and vacuum packaging until the last day of storage meet the SNI 2725:2013 standards, with

moisture content < 60%, total microbial log < 4.7 log CFU/g, and total mold log < 2 log CFU/g.

Keywords: modified atmosphere packaging, packaging, shelf life, smoking, vacuum

PENDAHULUAN

Hasil perikanan Indonesia pada umumnya dipasarkan dalam bentuk segar dan produk olahan. Produk olahan hasil perikanan sangat bervariasi, baik yang diolah secara tradisional maupun modern misalnya ikan asin, ikan asap, terasi, kecap ikan, ikan kaleng, produk-produk beku dan lain-lain. Ikan asap merupakan salah satu produk olahan tradisional hasil perikanan yang disukai oleh masyarakat Indonesia. Komoditas ikan asap dengan sebutan khas di beberapa daerah meliputi ikan salai di Sumatra, ikan asar di Maluku, ikan fufu di Sulawesi, *iwak* panggang di Jawa, serta ikan kayu di Papua Barat (Swastawati, 2018). Jenis ikan yang dapat diolah menjadi ikan asap yaitu lele (*Clarias gariepinus*), tongkol (*Euthynnus affinis*), pari (*Dasyatis bleekeri*), bandeng (*Chanos chanos*), cakalang (*Katsuwonus pelamis*), kembung (*Rastrelliger kanagurta*), dan tuna (Nofreeana *et al.*, 2017; Nurdiani *et al.*, 2020; Sari *et al.*, 2017; Swastawati *et al.*, 2022; Leiwakabessy & Wenno, 2019).

Ikan asap merupakan salah satu produk olahan yang memiliki rasa dan aroma khas sedap spesifik. Pembentukan rasa sedap yang spesifik dari ikan asap ditimbulkan oleh reaksi protein ikan dengan komponen karbonil asap dan atau senyawa fenol yang didapat dari hasil pembakaran. Sumber asap mempunyai andil besar dalam pembentukan rasa dan aroma *smoky* ikan asap (Swastawati, 2018). Pengasapan dapat menghambat pertumbuhan mikrob, memperpanjang masa simpan, memberikan warna lebih menarik, serta memiliki peran antioksidan (Andhikawati & Pratiwi, 2021; Swastawati *et al.*, 2021). Pengasapan ikan secara tradisional dapat dilakukan secara dingin dan panas menggunakan kayu atau serbuk kayu sebagai bahan bakar sehingga ikan yang diasapi kontak langsung dengan asap (Rakhmayeni *et al.*, 2024). Proses pengasapan ikan tongkol dilakukan dengan metode pengasapan panas. Menurut Sakti *et al.*

(2016), produk hasil pengasapan panas pada umumnya memiliki daya awet lebih rendah dibandingkan dengan metode pengasapan lainnya. Cara penyimpanan ikan asap yang hanya diletakkan pada etalase kayu tanpa penutup memungkinkan paparan mikrob dan kontaminasi lain, tahap penjualan ini termasuk titik kendali kritis dengan potensi bahaya biologi berupa mikroorganisme. Kurangnya perhatian pada aspek sanitasi dan higiene dapat memberikan dampak bagi kesehatan dan mutu produk. Kemasan berperan penting dalam memengaruhi kualitas produk terutama ikan asap. Kemasan dapat menjaga ikan asap dari kemunduran mutu. Penelitian terkait kemunduran mutu ikan asap dengan kemasan vakum dapat bertahan lebih lama sampai 5 hari di suhu ruang (Marlien *et al.*, 2022), sedangkan ikan asap tanpa kemasan pada suhu ruang hanya mampu bertahan 2 hari (Paputungan *et al.*, 2015). Penurunan kualitas pada ikan mengakibatkan perubahan rasa, bau, dan peningkatan jumlah bakteri, sehingga memengaruhi tekstur daging (Hizbullah *et al.*, 2020; Nurhayati *et al.*, 2018).

Usaha yang dilakukan dalam peningkatan mutu dan nilai ekonomi suatu produk salah satunya adalah dengan pengemasan yang baik, aman dan efisien. Pengemasan tersebut dapat berbentuk pengemasan plastik vakum atau *modified atmosphere packaging* (MAP). Prinsip metode MAP adalah pengemasan dengan menggunakan campuran gas yang telah ditentukan untuk menggantikan udara di dalam kemasan. Teknik pengemasan ini memanfaatkan gas karbondioksida (CO₂), nitrogen (N₂), dan oksigen (O₂). Kadar oksigen yang tinggi dibutuhkan oleh produk daging merah untuk mempertahankan warnanya dan menunda proses perubahan warna yang disebabkan oleh produksi metmyoglobin (Hauzoukim *et al.*, 2020). Nitrogen (N₂) adalah gas inert karena bersifat stabil dan tidak mudah bereaksi dengan sebagian besar zat kimia di bawah kondisi normal dan



dapat digunakan sebagai pengganti O_2 dalam pengemasan (Thippareddi & Phebus, 2002). Namun, pengemasan ikan pampis cakalang asap dengan kemasan MAP konsentrasi 100% N_2 memberikan hasil yang tidak lebih baik dari pengemasan vakum (Mentang *et al.*, 2022). Karbondioksida adalah gas yang bersifat bakteriostatik dan fungistatik, sifat ini dapat menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk. Ikan *rainbow trout* asap dengan kemasan MAP konsentrasi 90% CO_2 : 10% N_2 mendapat hasil sensori terbaik dibandingkan dengan kemasan vakum dan kemasan MAP dengan konsentrasi 50% CO_2 : 50% N_2 , produk tersebut disimpan selama 42 hari di suhu $3^\circ C$ (Djordjevic *et al.*, 2016). Tingkat penghambatan mikrob oleh gas CO_2 meningkat seiring makin tinggi konsentrasinya. Gas CO_2 100% berdasarkan sifat dan fungsinya, cocok untuk produk ikan asap karena memiliki sifat dapat menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk yang memengaruhi kemunduran mutu. Produk ikan asap tidak membutuhkan O_2 karena dapat mempercepat ketengikan (Thippareddi & Phebus, 2002), sedangkan menurut Mentang *et al.* (2022) pengemasan dengan kandungan gas 100% N_2 memiliki umur simpan yang tidak lebih baik dibandingkan dengan pengemasan vakum pada produk daging asap. Penelitian dengan metode kemasan plastik nonvakum, plastik vakum, dan MAP telah banyak dilakukan. Namun, pengemasan ikan asap dengan atmosfer termodifikasi gas CO_2 100% tidak tersedia di pasaran Indonesia. Kombinasi metode kemasan dan lama waktu penyimpanan ikan asap tongkol belum dilaporkan. Penelitian ini diharapkan dapat memperbaiki kemasan ikan asap untuk memperpanjang masa simpannya. Tujuan penelitian ini yaitu menentukan metode pengemasan dan lama waktu penyimpanan terbaik ikan tongkol (*Euthynus affinis*) asap yang disimpan pada suhu ruang.

BAHAN DAN METODE

Bahan utama pembuatan ikan asap yaitu ikan tongkol (*Euthynus affinis*) segar berasal dari Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Prigi, dan proses pengasapan dilakukan

di Sentra Pengasapan Ikan Bengkorok Pantai Prigi, Trenggalek. Penelitian dilakukan melalui dua tahapan. Tahap pertama adalah pengasapan dan preparasi sampel serta tahap kedua adalah perlakuan pengemasan dan penyimpanan ikan tongkol asap. Parameter mutu dan keamanan pangan yang diamati adalah angka lempeng total (ALT), kapang, kadar air, pH, aktivitas air (a_w), histamin, sensori, cemaran *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, dan cemaran benzo[a]piren. Prosedur analisis pada parameter yang diamati mengacu pada beberapa dokumen konsensus, antara lain: cemaran *Escherichia coli* sesuai SNI 2332.1:2015, *Salmonella* spp. sesuai SNI ISO 6579:2015, *Staphylococcus aureus* sesuai SNI 2332.9:2015, cemaran benzo[a]piren sesuai SNI 2725:2013, histamin sesuai SNI ISO 19343:2017, angka lempeng total/ALT sesuai SNI 2332.3:2015, kapang sesuai AOAC 2014.05, kadar air sesuai AOAC 985.14 tahun 2005, dan pH sesuai AOAC 981.12 tahun 2010. Hasil analisis yang diperoleh dibandingkan dengan standar ikan asap yang baik dalam SNI 2725:2013 tentang persyaratan keamanan dan kualitas ikan asap metode pengasapan panas.

Preparasi Sampel dan Pengasapan

Ikan tongkol asap diperoleh dari pedagang di Sentra Pengasapan Ikan Bengkorok pesisir Pantai Prigi, Trenggalek sebanyak 100 jepit dengan berat rata-rata 500 g - 600 g/jepit, pengasapan ikan tongkol menggunakan metode SNI 2725:2013 dengan modifikasi. Ikan dicuci menggunakan air bersih dan dilakukan penyiangan isi perut, lalu ikan dijepit dengan bambu agar mempermudah proses pengasapan, ikan diletakkan di atas tungku pengasapan secara horizontal selama ± 30 menit dengan membolak-balikkan ikan dan memastikan ikan terasapi merata.

Pengemasan dan Penyimpanan Sampel

Sampel dibagi menjadi 3 perlakuan, masing-masing dikemas dengan metode pengemasan plastik nonvakum, vakum, dan *Modified Atmosphere Packaging* (MAP) CO_2

100%, kemudian dilakukan penyimpanan pada suhu ruang ($\pm 27^{\circ}\text{C}$) selama tiga hari dengan pengamatan dilakukan setiap hari

Aktivitas Air (a_w)

Analisis nilai a_w menggunakan metode Bradley (2010) menggunakan *test kit* a_w -meter *HygroPalm-HP23-AW* (Rotronic). Cara pengoperasian yaitu alat dihubungkan dengan arus listrik, tekan tombol daya “on/off”. Sampel ± 5 g yang telah dihomogenkan dimasukkan pada wadah sampel dan diamkan beberapa menit, penentuan nilai a_w diperoleh dengan tercapainya tanda segitiga empat buah sebagai indikator nilai pengukuran.

Analisis Sensori

Analisis sensori dilakukan menggunakan metode uji *triangle test* (ISO 4120:2004). Daya terima dari sensori ketiga jenis ikan tongkol asap, baik yang dikemas dalam plastik, vakum, maupun MAP, ditentukan dengan uji segitiga. Panelis terdiri atas 12 orang (enam perempuan dan enam laki-laki) (Iacumin *et al.*, 2017). Sampel setiap perlakuan dievaluasi setiap hari penyimpanan pada suhu $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Panelis diberikan tiga produk, dua di antaranya identik dan satu lagi berbeda. Para panelis diminta untuk memilih produk mana yang mereka yakini sebagai produk yang berbeda ($p < 0,05$). Para panelis yang mengidentifikasi sampel yang berbeda diminta untuk menunjukkan preferensi mereka.

Analisis Data

Metode yang digunakan adalah eksperimental dengan rancangan percobaan yang digunakan yakni rancangan acak lengkap faktorial (RALF) dengan dua kali ulangan pada setiap perlakuan. Variabel yang diamati adalah perbedaan metode pengemasan (K) dan lama waktu penyimpanan (L). Faktor

pertama adalah metode pengemasan plastik nonvakum (K1), vakum (K2), dan MAP (K3). Faktor kedua adalah lama waktu penyimpanan dengan rincian hari ke-0 (L1), hari ke-1 (L2), hari ke-2 (L3), dan hari ke-3 (L4). Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) menggunakan aplikasi SPSS 22. Jika hasil analisis terdapat perbedaan maka dilanjutkan dengan uji Tukey dengan tingkat signifikan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Cemaran Mikrob Ikan Tongkol Asap

Penentuan mutu ikan segar maupun ikan olahan melalui uji mikrobiologi sangat penting dilakukan untuk mengetahui mutu dan keamanan produk sehingga dapat mencegah terjadinya keracunan makanan akibat kontaminasi bakteri patogen atau *food borne disease* (FBD) yang disebabkan mikrob masuk ke dalam tubuh bersama makanan (Mailoa *et al.*, 2019). Faktor yang memengaruhi keberadaan bakteri pada ikan asap yaitu sanitasi dan higiene selama pengolahan ikan asap. Pengolahan yang buruk disepanjang rantai makanan mulai dari penangkapan ikan, pembersihan, pengasapan, pengemasan, penyimpanan, distribusi dan transportasi dapat membuat konsumen terpapar infeksi bawaan makanan yang dapat berakibat fatal (Ehuwa *et al.*, 2021). Sebelum dilakukannya proses pengemasan dan penyimpanan harus dipastikan bahwa produk ikan tongkol asap aman dari cemaran mikrob. Standar Nasional Indonesia menetapkan tiga cemaran mikrob yang perlu diperhatikan dalam pengolahan ikan asap, meliputi *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Salmonella* spp. Hasil analisis cemaran mikrobiologi pada hari ke-0 atau setelah dilakukannya proses pengasapan dapat dilihat pada *Table 1*.

Table 1 Microbiological test of smoked little tuna after smoking process
Tabel 1 Uji mikrobiologi ikan tongkol asap setelah proses pengasapan

Parameters	Smoked fish	INS 2725:2013
<i>Salmonella</i> spp. (Negatif/25 g)	Negative	Negative
<i>Escherichia coli</i> (MPN/g)	<3	<3
<i>Staphylococcus aureus</i> (CFU/g)	<10	1.0×10^3



Hasil analisis cemaran mikrob pada ikan tongkol asap menunjukkan hasil negatif terhadap cemaran *Salmonella*. Hal ini sesuai dengan standar nasional Indonesia tentang ikan asap dengan pengasapan panas bahwa cemaran *Salmonella* pada ikan asap tidak diperbolehkan ada atau negatif (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2013). *Salmonella* adalah bakteri gram negatif yang bergerak menggunakan flagella. Salmonellosis dianggap sebagai infeksi bawaan dari makanan pada saluran pencernaan (Ehuwa *et al.*, 2021). *Escherichia coli* memiliki bentuk sel rod lurus ($1 \times 4 \mu\text{m}$), motil dan non motil, serta mesofil. Keberadaan *E. coli* dapat digunakan sebagai indikator sanitasi dalam bentuk *coliform* dan *fecal coliform* (Kustyawati, 2020). Fasilitas sanitasi memengaruhi keberadaan bakteri *E. coli* pada makanan, terutama air yang tercemar oleh kotoran manusia maupun hewan (Mailoa *et al.*, 2019). Hasil analisis *E. coli* pada ikan tongkol asap menunjukkan nilai <3 MPN/g, hasil ini masih berada dalam batas standar menurut SNI 2725:2013 yaitu maksimum <3 MPN/g. Kelompok *Staphylococcus* merupakan kelompok bakteri yang berbentuk bulat atau kokus dengan diameter 0,5-1,0 mm, berkelompok, termasuk bakteri gram positif (Karimela *et al.*, 2017). Hasil analisis cemaran *Staphylococcus* pada produk ikan tongkol asap menunjukkan hasil <10 CFU/g. Hasil tersebut berada dalam batas standar menurut SNI 2725:2013 yaitu maksimum $1,0 \times 10^3$.

Kandungan Benzo[a]piren BaP Ikan Tongkol Asap

Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) adalah senyawa kontaminan yang bersifat karsinogenik hasil dari berbagai macam cara pengolahan yang melibatkan proses termal yaitu pembakaran, pengasapan, dan pemanggangan (Zhang *et al.*, 2021). Secara signifikan, PAH berdampak negatif terhadap kesehatan manusia, yang sebagian besar terkait dengan mutagenesis dan karsinogenesis. Menurut penelitian epidemiologi terbaru pada manusia dan hewan, paparan PAH mungkin berperan dalam meningkatnya kanker (Rengarajan *et al.*, 2015). Mengingat sifat karsinogenik dari senyawa-senyawa

PAH tersebut, *The European Commission* telah mengidentifikasi empat PAH utama (PAH4) dalam makanan : *benzo[a]anthracene* (BaA), *chrysene* (Chr), *benzo(b)fluoranthene* (BbF), dan *benzo[a]pyren* (BaP) (European Food Safety Authority [EFSA], 2008). Klasifikasi tingkat toksisitas PAH yang dibagi ke dalam empat kategori ; kelompok ke-1 bersifat karsinogenik bagi manusia (*benzo[a]pyren*), kelompok 2A dan 2B mungkin bersifat karsinogenik bagi manusia (*benzo(b)fluoranthene*, *benz[a]anthracene*, dan *chrysene*), kelompok ke-3 tidak dapat diklasifikasikan berdasarkan karsinogenisitasnya terhadap manusia (*benzo(c)fluorine*) (International Agency for Research on Cancer [IARC], 2010). Benzo[a]piren merupakan anggota PAH bercincin lima yang merupakan golongan senyawa organik yang bersifat mutagenik dan karsinogenik (National Center for Biotechnology Information, 2020).

Hasil pengujian menunjukkan kandungan benzo[a]piren pada ikan tongkol asap adalah $1,38 \mu\text{g/kg}$, sesuai standar yang dipersyaratkan SNI 2725:2013 tentang ikan asap yaitu maksimum $5 \mu\text{g/kg}$ (BSN, 2013). Uni Eropa mengizinkan kandungan BaP dalam produk daging asap serta dalam produk perikanan asap menurut peraturan 835/2011 dibatasi hingga $2 \mu\text{g/kg}$ (EFSA, 2008). Hal ini dapat diakibatkan karena sumber asap yang digunakan dalam proses pengasapan dan lama waktu pengasapan. Jenis bahan bakar (kayu dan bahan nabati lainnya), metode pengasapan (langsung atau tidak langsung), durasi pengasapan, dan suhu selama pengasapan dapat menjadi faktor pembentukan senyawa PAH (Codex Alimentarius Commission [CAC], 2009).

Karakteristik Ikan Tongkol Asap

Kadar air pada ikan tongkol asap selama penyimpanan tiga hari di suhu ruang dengan metode pengemasan plastik, plastik vakum, dan MAP ditunjukkan pada *Table 2*. Hasil analisis statistik menunjukkan kombinasi perlakuan jenis kemasan dan lama penyimpanan memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air ikan tongkol asap ($p < 0,05$). Nilai standar kadar air ikan asap berdasarkan SNI 2725:2013 adalah maksimum 60%. Hasil

Table 2 Chemical and microb composition of smoked skipjack tuna during storage

Tabel 2 Komposisi kimia dan mikrob ikan tongkol asap selama penyimpanan

Treatment (days and packaging)	Parameters			
	Moisture (%)	pH	Water Activity	Log total of microbe (log CFU/g)
Day 0-nonvacuum	51.54±1.27 ^{ab}	5.48±0.14 ^a	0.87±0.007 ^b	2,13±0.134 ^a
Day 0-vacuum	51.54±1.27 ^{ab}	5.48±0.14 ^a	0.87±0.007 ^b	2.13±0.134 ^a
Day 0-MAP	51.54±1.27 ^{ab}	5.48±0.14 ^a	0.87±0.0007 ^b	2.13±0.134 ^a
Day 1-nonvacuum	54.49±0.02 ^{bc}	6.28±0.21 ^{cd}	0.94±0.000 ^d	3.96±0.042 ^c
Day 1-vacuum	52.51±0.55 ^{ab}	5.55±0.49 ^a	0.88±0.000 ^{cd}	2.73±0.063 ^b
Day 1-MAP	50.91±0.26 ^a	5.80±0.70 ^{ab}	0.85±0.014 ^a	2.66±0.063 ^b
Days 2-nonvacuum	58.31±0.45 ^{de}	6.59±0.21 ^{de}	0.96±0.000 ^e	4.74±0.014 ^e
Days 2-vacuum	54.52±0.10 ^{bc}	5.94±0.70 ^{bc}	0.90±0.000 ^c	3.79±0.098 ^c
Days 2-MAP	55.74±0.54 ^{cd}	5.99±0.63 ^{bc}	0.85±0.000 ^a	2.79±0.000 ^b
Days 3-nonvacuum	61.11±0.83 ^e	6.79±0.12 ^e	0.97±0.007 ^e	6.84±0.014 ^f
Days 3-vacuum	57.57±0.54 ^d	6.09±0.00 ^{bc}	0.90±0.000 ^c	4.29±0.014 ^d
Days 3-MAP	56.62±0.50 ^{cd}	6.65±0.00 ^e	0.87±0.000 ^b	3.66±0.077 ^c

MAP: modified atmosphere packaging

Different superscript that follow numbers in the same column showed a significant difference ($p>0.05$)

tersebut menunjukkan metode pengemasan plastik vakum dan MAP memenuhi standar SNI ikan asap hingga akhir penyimpanan, namun untuk metode pengemasan nonvakum melebihi standar mutu SNI yaitu 61,11%. Hasil kadar air ikan tongkol asap dengan pengemasan berbeda berkisar 51,54% - 61,11%. Hal ini sesuai dengan penelitian Maryati *et al.* (2024) yang melaporkan nilai kadar air ikan asap yang dikemas dengan kemasan vakum berkisar antara 49-61% dan ikan asap tanpa kemasan berkisar 49-68%. Hasil serupa pada nilai kadar air ikan selar asap yang disimpan di suhu ruang selama 3 hari yaitu 51,36% (Kondhi *et al.*, 2023). Kandungan kadar air bervariasi selama penyimpanan yang cenderung meningkat disebabkan karena kondisi lingkungan penyimpanan mempunyai kelembapan tinggi, sehingga kadar air ikan asap dipengaruhi oleh kelembapan udara sekitarnya (Assidik *et al.*, 2020).

Kemasan plastik mengandung udara di dalamnya yang dapat memengaruhi kadar air ikan asap sedangkan kondisi lingkungan pada kemasan plastik vakum memiliki kelembapan

lebih rendah karena udara dihilangkan dari kemasan, hal itu memperlambat reaksi oksidatif yang merusak dalam makanan selama penyimpanan (Patil *et al.*, 2020). Plastik kemasan polietilena (PE) memiliki permeabilitas yang tinggi dibandingkan jenis kemasan lain (polipropilena dan nilon) sehingga udara masuk ke dalam kemasan lebih cepat, maka dapat memicu naiknya kadar air dan dapat mempermudah pertumbuhan bakteri lebih cepat (Assidik *et al.*, 2020). Sejalan dengan Mulyawan *et al.* (2019) yang melaporkan ikan pindang dengan kemasan plastik vakum memiliki kadar air yang lebih rendah dibandingkan dengan kemasan plastik nonvakum. Kemasan MAP menggantikan udara dalam kemasan dengan 100% CO² yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan dapat membantu mengontrol kelembapan secara tidak langsung dengan mencegah pertumbuhan mikrob yang bisa mempercepat degradasi produk (Hauzoukim *et al.*, 2020).

Hasil analisis statistik menunjukkan kombinasi perlakuan perbedaan kemasan dan lama penyimpanan memberikan pengaruh



signifikan terhadap nilai pH ($p < 0,05$). Nilai pH tertinggi diperoleh pada metode pengemasan plastik nonvakum berkisar antara 5,48-6,79. Nilai pH pada pengemasan vakum berkisar antara 5,48-6,09, lalu pengemasan MAP berkisar antara 5,48-6,65. Hasil ini sejalan dengan penelitian nilai pH pada beberapa produk asap yang berkisar antara 5,77-6,84 (Ali *et al.*, 2021; Alinti *et al.*, 2018; Babic *et al.*, 2015; Popelka *et al.*, 2021; Rodrigues *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2022). Menurut Fardiaz (1982), pH yang baik untuk ikan yang diawetkan antara 2,0-5,5, sedangkan pH antara 6,0-8,0 merupakan media yang baik untuk pertumbuhan mikroorganisme. Peningkatan pH awal dari berbagai kemasan yang diamati, dapat dikaitkan dengan penguraian senyawa nitrogen yang bersifat basa misalnya amoniak, trimetilamin, dan senyawa volatil lainnya, hal ini disebabkan oleh aktivitas mikrob (Popelka *et al.*, 2021). Selain itu dalam proses glikolisis, enzim berperan dalam terbentuknya asam laktat, menyebabkan akumulasi asam laktat berjalan lebih lambat sehingga memengaruhi nilai pH produk (Alinti *et al.*, 2018).

Metode pengemasan nonvakum memiliki nilai pH tertinggi dibandingkan dengan metode pengemasan vakum dan MAP CO_2 100%, hal ini dapat disebabkan karena pada kemasan tersebut terdapat kandungan oksigen yang dapat mempercepat pertumbuhan bakteri aerob dan penguraian senyawa nitrogen yang bersifat basa, sedangkan pada metode pengemasan MAP dan vakum aktivitas mikrob dapat terhambat karena gas CO_2 yang memiliki sifat antibakteri serta keadaan lingkungan kemasan plastik vakum yang anaerob. Sejalan dengan penelitian Popelka *et al.* (2021) pengemasan ikan asap menggunakan kemasan plastik vakum dan MAP (40% CO_2 / 60% N_2) memberikan nilai pH lebih baik dibandingkan dengan ikan asap tanpa kemasan. Milijasevic *et al.* (2017) juga melaporkan seiring berjalannya waktu, kemasan MAP dengan meningkatkan kadar CO_2 dapat menurunkan nilai pH. Demikian pula, pengemasan vakum dapat menghambat kenaikan pH karena dapat memperlambat parameter pertumbuhan mikrob dan menunda perubahan kimiawi (Rodrigues *et al.*, 2016).

Aktivitas air bahan pangan adalah jumlah air bebas yang terkandung dalam bahan pangan, yang dapat digunakan oleh mikrob untuk pertumbuhannya (Soontornwat *et al.*, 2024). Aktivitas air (a_w) merupakan salah satu faktor yang dapat memengaruhi kerusakan pangan karena aktivitas air dapat menggambarkan kebutuhan bakteri akan air. Nilai a_w merupakan jumlah air bebas di dalam bahan pangan yang dapat digunakan untuk pertumbuhan mikrob dan berlangsungnya reaksi kimia dan biokimia (Sakti *et al.*, 2016). Hasil analisis aktivitas air (a_w) pada penelitian ini dapat dilihat pada Table 2. Makin lama penyimpanan maka a_w ikan tongkol asap makin meningkat. Hasil analisis statistik menunjukkan kombinasi perlakuan jenis kemasan dan lama penyimpanan memberikan pengaruh nyata terhadap aktivitas air ikan tongkol asap ($p < 0,05$). Nilai a_w tertinggi ikan tongkol asap terdapat pada penyimpanan hari ke-3 dengan perlakuan pengemasan nonvakum yaitu 0,97 dan terendah terdapat pada ikan tongkol asap perlakuan MAP yaitu 0,87. Nilai ini sejalan dengan nilai a_w yang diuji pada beberapa produk ikan asap (Iacumin *et al.*, 2017; Nofreeana *et al.*, 2017; Sari *et al.*, 2017). Aktivitas air sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan mikrob, persyaratan minimal bagi mikrob dapat hidup untuk bakteri adalah 0,9, khamir (0,80-0,90) dan kapang (0,60-0,70) (Sari *et al.*, 2017).

Metode pengemasan nonvakum yang masih mengandung oksigen pada kemasannya cenderung memiliki kelembapan tinggi, ikan asap akan menyerap uap air dari udara, meningkatkan a_w dan berpotensi menyebabkan pertumbuhan jamur. Sebaliknya, di lingkungan yang kering, ikan dapat kehilangan kelembapan, sehingga menurunkan nilai a_w . Metode vakum prinsipnya menghilangkan udara dari kemasan, menciptakan penghalang terhadap pertukaran kelembapan dengan lingkungan luar, hal ini akan membantu mempertahankan a_w awal ikan asap. Namun, kelembapan yang awalnya ada di dalam kemasan dapat diserap kembali ke dalam ikan asap, sehingga berpotensi memengaruhi a_w . Sejalan dengan Dordevic *et al.* (2017) mencatat bahwa metode pengemasan vakum memengaruhi a_w ikan asap, sedangkan

pengemasan MAP prinsipnya memodifikasi komposisi gas dalam kemasan. Meskipun terutama digunakan untuk mengontrol pertumbuhan mikroba, gas tersebut secara tidak langsung dapat memengaruhi a_w . Kadar CO_2 yang tinggi dapat meningkatkan a_w pada beberapa produk ikan asap (Iacumin *et al.*, 2017).

Hasil Analisis Total Mikrob Ikan Tongkol Asap

Kerusakan produk hasil perikanan secara mikrobiologis disebabkan oleh cepat atau lambatnya pertumbuhan mikroba yang ada terutama kapang dan bakteri. Jumlah kapang dan bakteri pada ikan asap tergantung pada penanganan, pengolahan dan penyimpanan dari produk ikan asap. Hasil perhitungan angka lempeng total bakteri dan kapang pada ikan tongkol asap dapat dilihat pada *Table 2* dan *Figure 1*.

Angka lempeng total pada produk pangan merupakan salah satu indikator keamanan pangan (Martoyo *et al.*, 2014). Hasil analisis log total mikrob menunjukkan kombinasi kemasan dan lama penyimpanan memberikan pengaruh nyata terhadap nilai log total mikrob ikan tongkol asap ($p < 0,05$). Total mikrob yang direkomendasikan SNI 2725:2013 ikan asap yakni maksimal $5,0 \times 10^4$ CFU/g atau 4,70 log CFU/g. Hasil log total mikrob metode pengemasan nonvakum pada hari ke-2 melebihi standar yaitu mencapai 4,74 log CFU/g, sedangkan metode pengemasan vakum dan MAP masih dalam standar SNI hingga penyimpanan hari terakhir di angka 4,29 dan 3,66 log CFU/g. Sulistijowati & Mile (2014) melaporkan bahwa angka lempeng total mikrob pada ikan asap yang diperoleh dari tiga lokasi berbeda berkisar antara 3,49–4,17 log CFU/g. Pengemasan ikan asap metode MAP memberikan nilai total mikrob lebih rendah dibandingkan dengan ikan asap kemasan vakum dan tanpa kemasan (Iacumin *et al.* 2017; Popelka *et al.* 2021). Hal ini karena mikroorganisme aerobik umumnya sensitif terhadap CO_2 oleh karena itu pertumbuhan bakteri pada kemasan MAP dapat terhambat (Babic *et al.*, 2015). Bakteri aerobik misalnya *Pseudomonas* spp. yang menyebabkan pembusukan daging, dapat

dihambat oleh kondisi anaerobik dan paparan gas CO_2 (Hauzoukim *et al.*, 2020). Sejalan dengan penelitian Rodrigues *et al.* (2016) yang melaporkan bahwa MAP (80% CO_2 ; 20% N_2) dapat memperlambat parameter pertumbuhan mikroba dan menunda perubahan kimiawi.

Hasil penelitian total kapang pada ikan tongkol asap dapat dilihat pada *Figure 1*. Nilai log total kapang ikan tongkol asap yang dikemas dengan kemasan berbeda dan disimpan pada suhu ruang makin lama penyimpanan menunjukkan peningkatan dengan kisaran nilai antara 1,00 - 2,69 log CFU/g. Hal ini sejalan dengan penelitian kepadatan ragi dan kapang pada ikan cakalang asap (*Katsuwonus pelamis*) yang berkisar antara 1,00 - 3,59 log CFU/g (Alinti *et al.*, 2018). Standar Nasional Indonesia (SNI 2725:2013) membatasi jumlah ragi dan kapang pada makanan yang masih aman untuk dikonsumsi yaitu maksimal 1×10^2 CFU/g atau 2 log CFU/g (BSN, 2013). Nilai total jumlah koloni kapang tidak lebih dari 10 koloni/g pada penyimpanan awal, tetapi setelah satu hari penyimpanan kapang mulai tumbuh, pertumbuhan total kapang pada metode pengemasan nonvakum memiliki hasil tertinggi, hal ini dapat disebabkan oleh kehadiran oksigen yang memungkinkan perkembangannya. Sesuai dengan penelitian Dallabona *et al.* (2013) penyimpanan sederhana dalam wadah yang tidak kedap udara memberikan perlindungan yang lebih sedikit terhadap jamur dibandingkan dengan kemasan plastik vakum atau MAP. Pengemasan plastik vakum yang memiliki kondisi anaerob memengaruhi perkembangan bakteri aerob dan pada pengemasan MAP kandungan gas CO_2 dapat memperlambat pertumbuhan jamur. Selain itu faktor lain yang memengaruhi pertumbuhan kapang adalah kenaikan nilai kadar air dan aktivitas air. Soontornwat *et al.* (2024) menyatakan bahwa kadar air menggambarkan total air pada produk dan aktivitas air menggambarkan air yang tersedia untuk reaksi dan pertumbuhan mikroorganisme. Peromingo *et al.* (2016) melaporkan bahwa spesies *Aspergillus* sp dengan mudah menghasilkan racun pada nilai a_w 0,90 ke atas. Hal ini menegaskan hubungan antara a_w yang tinggi dan risiko pertumbuhan jamur serta produksi toksin pada ikan asap.

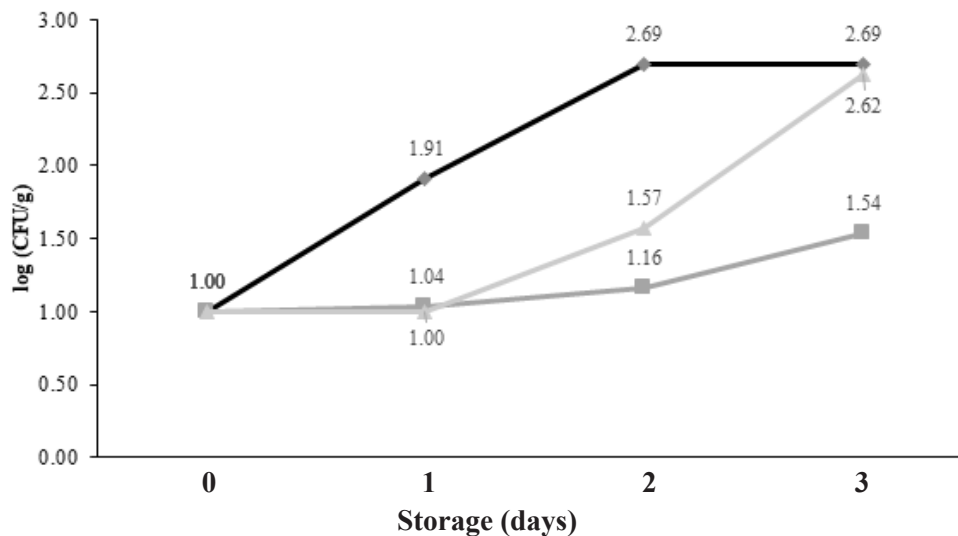


Figure 1 Comparisons of yeast and mold density (log CFU/g) of experimental smoked fish species in different packaging nonvacuum (◆), vacuum (▲), MAP (■) at 0 day of sampling and in the day 1, 2 and 3 of storage of smoked fish in room temperature

Gambar 1 Perbandingan kepadatan kapang (log CFU/g) dari ikan asap dengan metode pengemasan nonvakum (◆), vakum (▲), MAP (■) pada hari ke-0 pengambilan sampel dan pada hari ke-1, ke-2, dan ke-3 penyimpanan ikan asap pada suhu ruang

Lima spesies jamur berhasil diisolasi dan diidentifikasi dari ikan asap adalah *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus wentii* dan spesies *Penicillium* (Osibona *et al.*, 2018).

Histamin

Pemeriksaan kadar histamin pada ikan tongkol menunjukkan adanya peningkatan kadar histamin setelah penyimpanan di suhu ruang. Nilai rata-rata histamin pada beberapa pengemasan dapat dilihat pada *Figure 2*. Berdasarkan hasil pengujian, kadar histamin terendah terdapat pada metode pengemasan MAP di angka 52,32 mg/kg, lalu pada metode pengemasan vakum sebesar 59,22 mg/kg, dan hasil tertinggi terdapat pada metode pengemasan plastik dengan nilai 67,81 mg/kg. Hasil pengujian tersebut masih memenuhi standar mutu ikan asap SNI 2725:2013 dengan nilai maksimum jumlah histamin yaitu 100 mg/kg atau 100 µg/g (BSN, 2013).

Histamin banyak ditemukan pada ikan golongan scombroid yaitu cakalang, tuna dan tongkol (Amir *et al.*, 2018). Ikan tongkol segar mengandung kadar histamin 56,08 mg/kg dan mengalami peningkatan konsentrasi

histamin sebesar 12,32 mg/kg selama 10 hari penyimpanan (Noor & Sudaryati, 2024). Sulistijowati & Mile (2014) melaporkan bahwa rata-rata kadar histamin ikan asap yang diambil dari beberapa unit pengolahan ikan asap di Kabupaten Gorontalo berkisar antara 59,89-89,71 mg/kg. Peningkatan kandungan histamin merupakan akibat dari pertumbuhan bakteri penghasil enzim histidin dekarboksilase. Gas CO₂ 100% yang di aplikasikan pada pengemasan MAP dapat menghambat pertumbuhan bakteri penyebab histamin. Hal ini sejalan dengan penelitian Yew *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa kemasan MAP dengan gas CO₂ lebih dari 60% lebih efektif dalam mengurangi akumulasi amina biogenik. Babic *et al.* (2015) melaporkan bahwa steak ikan yang dikemas dengan MAP CO₂ 100% dapat menghambat pertumbuhan bakteri famili *Enterobacteriaceae* sebagai bakteri pembentuk amina biogenik salah satunya histamin. *Enterobacteriaceae*, khususnya *Morganella morganii*, *Klebsiella* dan *Hafnia* bertanggung jawab atas pembentukan histamin (El Hariri *et al.*, 2018; Emborg & Dalgaard, 2008). Kemasan vakum dapat memperlambat pertumbuhan bakteri

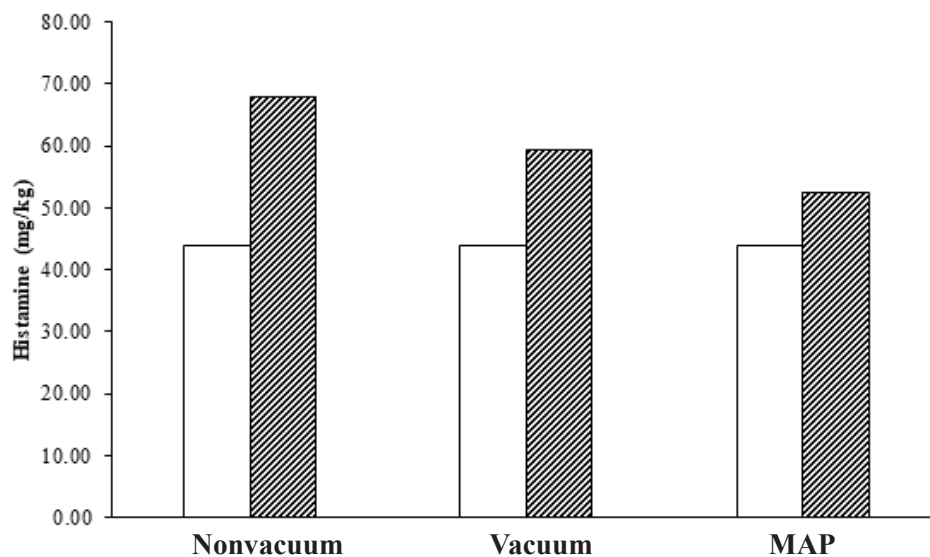


Figure 2 The histamine content of smoked little tuna during day 0 storage (□) and day 3 storage (▨) at room temperature

Gambar 2 Kandungan histamin ikan tongkol asap dengan metode pengemasan berbeda selama penyimpanan hari ke-0 (□)penyimpanan hari ke-3 (▨) pada suhu ruang

penghasil histamin karena berkurangnya kadar oksigen dalam kemasan, tetapi bakteri anaerob masih bisa menghasilkan histamin. Keadaan atmosfer yang kekurangan oksigen ini mendorong pertumbuhan mikroorganisme Gram positif misalnya LAB yang bersifat anaerob fakultatif dengan galur bakteri asam laktat termasuk mikroorganisme amina positif (Amaral *et al.*, 2021; Wojcik *et al.*, 2021). Kemasan yang mengandung oksigen lebih tinggi misalnya kemasan plastik lebih rentan terhadap kontaminasi bakteri. Strain dari genus *Listeria*, *Salmonella*, *Klebsiella*, *Enterococcus*, *Escherichia*, *Bacillus*, *Morganella*, *Enterobacter*, *Photobacterium*, *Shewanella*, *Vibrio*, *Staphylococcus*, dan strain bakteri asam laktat *Lactobacillus fuchuensis*, *Lactococcus piscium*, *Leuconostoc gelidum*, *Carnobacterium alterfunditum* adalah strain mikroorganisme amina positif (Wojcik *et al.*, 2021)

Hasil Analisis Sensori

Analisis sensori yang digunakan dalam penelitian ini adalah *triangle test* mengacu pada ISO 4120:2004. *Triangle test* berguna untuk mengevaluasi perbedaan produk, menentukan efek dari perubahan bahan, pengemasan, pemrosesan, penanganan,

atau kondisi penyimpanan. Penentuan signifikansi analisis adalah jumlah jawaban benar minimum yang ditentukan dalam tabel ISO 4120 untuk menyimpulkan bahwa ada perbedaan yang nyata antara produk. Target yang secara umum digunakan adalah 0,05 (5%). Panelis berjumlah 12 panelis non-profesional maka jumlah minimum jawaban yang benar untuk menetapkan signifikansi pada tingkat 0,05 adalah 8 (Sinkinson, 2017). Uji diskriminatif ini digunakan untuk berbagai tujuan penelitian pada berbagai produk dari perikanan misalnya ikan makerel (Goulas & Kontominas, 2007), ikan trout pelangi (Cioca *et al.*, 2018), ikan trout pelangi asap (Iacumin *et al.*, 2017), ikan cakalang asap (Mentang *et al.*, 2022), atau produk lainnya misalnya ayam (Soderqvist *et al.*, 2024), parfum (Allen *et al.*, 2015), dan minuman (Sauvageot *et al.*, 2012).

Kualitas sensori dari sampel ikan tongkol asap pada metode pengemasan berbeda ditentukan oleh 12 panelis non-profesional (Iacumin *et al.*, 2017). Tidak ada jawaban benar dari panelis pada hari ke-0 artinya sampel belum terdeteksi kemunduran mutunya. Hari pertama panelis mulai dapat mendeteksi perbedaan karakteristik produk pada setiap kemasan, namun masih di bawah jumlah minimum tabel ISO 4120



($p < 0,05$) artinya sampel belum terdeteksi kemunduran mutunya. Produk yang dikemas dengan metode penemasan nonvakum pada hari kedua terdapat perbedaan karakteristik sensoris yang dapat dideteksi oleh 9 dari 12 panelis maka perlakuan plastik sudah mengalami proses pembusukan, sedangkan ikan tongkol asap yang dikemas dengan metode vakum dan MAP belum terdeteksi. Hari ke tiga, perbedaan karakteristik ikan tongkol asap kemasan plastik, vakum, dan MAP dapat dideteksi oleh lebih dari 8 panelis dari total 12 panelis, maka artinya ikan asap pada semua kemasan sudah mengalami proses kemunduran mutu. Hasil ini dapat diterima karena jumlah minimum panelis yang benar untuk menetapkan signifikansi pada tingkat 0,05 adalah 8 orang. Panelis mengidentifikasi bahwa produk vakum dan MAP memiliki kualitas sensoris yang lebih tinggi dari pada plastik hingga akhir masa simpan. Penelitian Djordjevic *et al.* (2016) melaporkan ikan trout fillet segar yang dikemas dengan kemasan MAP memiliki nilai sensori paling baik dibandingkan kemasan lainnya.

KESIMPULAN

Metode pengemasan MAP CO₂ 100% dan vakum dapat mengawetkan produk lebih baik dibandingkan dengan kemasan nonvakum. Pengemasan ikan tongkol asap pada suhu ruang dengan penyimpanan selama 3 hari pada perlakuan metode MAP merupakan perlakuan terbaik berdasarkan dari hasil uji kadar air 56,62%; log total mikrob 3,66 log CFU/g; log total kapang 2,62 log CFU/g sesuai dengan standar yang dipersyaratkan SNI 2725:2013 hingga hari penyimpanan terakhir.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi melalui pendanaan Penelitian Pascasarjana – Penelitian Tesis Magister (PTM) skema Hibah Riset Mandiri Dosen dengan nomor kontrak: 027/E5/PG.02.00.PL/2024 pada 11 Juni 2024 atas nama Prof. Dr. Tati Nurhayati, S.Pi., M.Si.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, S., Ali, A., Rind, R. A., Ali, M., Mastoi, Z. A., Naz, S., Shakir, M., & Khani, R. A. Q. (2021). Effect of cooking methods on nutritional and quality characteristics of fish. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 34(2). <https://doi.org/10.17582/journal.pjar/2021/34.2.325.328>
- Alinti, Z., Timbowo, S. M., & Mentang, F. (2018). Kadar air, pH, dan kapang ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) asap cair yang dikemas vakum dan nonvakum pada penyimpanan dingin. *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan*, 6(1), 6-13.
- Allen, C., Havlíček, J., & Roberts, S. C. (2015). Effect of fragrance use on discrimination of individual body odor. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01115>
- Amaral, R. A., Pinto, C. A., Lima, V., Tavares, J., Martins, A. P., Fidalgo, L. G., Silva, A. M., Gil, M. M., Teixeira, P., Barbosa, J., Barba, F. J., & Saraiva, J. A. (2021). Chemical-based methodologies to extend the shelf life of fresh fish—a review. *Foods*, 10(10), 2300. <https://doi.org/10.3390/foods10102300>
- Amir, N., Metusalach, M., & Fahrul, F. (2018). Mutu dan keamanan pangan produk ikan asap di Kabupaten Bulukumba Provinsi Sulawesi Selatan. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 11(2), 15. <https://doi.org/10.29239/j.agrikan.11.2.15-21>
- Andhikawati, A., & Pratiwi, D. Y. (2021). A review: methods of smoking for the quality of smoked fish. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 37–43. <https://doi.org/10.9734/ajfar/2021/v13i430273>
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. (2005). Official method of analysis of the association of official analytical of chemist. The Association of Official Analytical Chemist. Inc.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. (2010). AOAC Official Method 981.12 pH of acidified foods. The Association of Official Analytical Chemist. Inc.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. (2015). AOAC Official Method

- 2014.05 Enumeration of yeast and mold in food 3M™ petrifilm™ rapid yeast and mold count plate first action 2014. The Association of Official Analytical Chemist. Inc.
- Assidik, F., Isamu, K. T., & Suwarjoyowirayatno, S. (2020). pengaruh jenis kemasan berbeda pada penyimpanan suhu ruang terhadap mutu dan daya simpan ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) asap yang diproduksi di kota kendari. *Jurnal Fish Protech*, 3(2), 214. <https://doi.org/10.33772/jfp.v3i2.16128>
- Babic, J., Milijasevic, M., Vranic, D., Veskovic-Moracanin, S., & Djinovic-Stojanovic, J. (2015). Effect of modified atmosphere pakaging on the shelf-life of common carp (*Cyprinus carpio*) steaks. *Procedia Food Science*, 5, 2–5. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.09.084>
- Bradley, R. L. (2010). Moisture and Total Solids Analysis. In S. S. Nielsen (Ed.), *Food Analysis* (pp. 85–104). Springer US.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2013). SNI 2725:2013. Ikan Asap dengan Pengasapan Panas. Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2015). SNI 2332.1:2015. Cara uji mikrobiologi - bagian 1 : Penentuan koliform dan *Escherichia coli* pada produk perikanan. Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2015). SNI 2332.3:2015. Cara uji mikrobiologi - bagian 3 : Penentuan Angka Lempeng Total (ALT) pada produk perikanan. Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2015). SNI 2332.9:2015. Cara uji mikrobiologi - bagian 9 : Penentuan *Staphylococcus aureus* pada produk perikanan. Badan Standardisasi Nasional.
- Cioca, A.-A., Aganovic, K., Töpfl, S., Balla, I.-R., Mihaiu, M., & Colobatiu, L. M. (2018). The organoleptic exam of cooked high pressure processed and cooked untreated fish Fillets. *Scientific Papers*, 61(1), 326–330.
- [CAC] Codex Alimentarius Commission. (2009). CAC/RCP 68/2009. Code of practice for the reduction of Contamination of food with polycyclic Aromatic hydrocarbons (PAH) from Smoking and direct drying processes. Codex Alimentarius Commission.
- Dallabona, B. R., Karam, L. B., Wagner, R., Bartolomeu, D. A. F. S., Mikos, J. D., Francisco, J. G. P., Macedo, R. E. F. D., & Kirschnik, P. G. (2013). Effect of heat treatment and packaging systems on the stability of fish sausage. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 42(12), 835–843. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982013001200001>
- Djordjevic, J., Pavlicevic, N., Boskovic, M., Baltic, T., Ivanovic, J., Glamoclija, N., & Baltic, M. Z. (2016). Sensory evaluation of cold-smoked trout packaged in vacuum and modified atmosphere. *Meat Technology*, 57(2), 141–149.
- Dordevic, J., Pavlicevic, N., Boskovic, M., Janjic, J., Glisic, M., Starcevic, M., & Baltic, M. Z. (2017, September). Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on microbiological properties of cold-smoked trout [Conference session]. The 59th International Meat Industry Conference MEATCON2017. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 85, 012084. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/85/1/012084>
- Ehuwa, O., Jaiswal, A. K., & Jaiswal, S. (2021). *Salmonella*, food safety and food handling practices. *Foods*, 10(5), 907. <https://doi.org/10.3390/foods10050907>
- El Hariri, O., Bouchriti, N., & Bengueddour, R. (2018). Risk assessment of histamine in chilled, frozen, canned and semi-preserved fish in morocco; implementation of risk ranger and recommendations to risk managers. *Foods*, 7(10), 157. <https://doi.org/10.3390/foods7100157>
- Emborg, J., & Dalgaard, P. (2008). Modelling the effect of temperature, carbon dioxide, water activity and pH on growth and histamine formation by *Morganella psychrotolerans*. *International Journal of Food Microbiology*, 128(2), 226–233. <https://doi.org/10.1016/j>



- ijfoodmicro.2008.08.016
- [EFSA] European Food Safety Authority. (2008). Polycyclic aromatic hydrocarbons in food. *The EFSA Journal*, 724, 1–114.
- Fardiaz, S. (1982). Mikrobiologi Pangan. PT Gramedia. Jakarta.
- Goulas, A. E., & Kontominas, M. G. (2007). Effect of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on the shelf-life of refrigerated chub mackerel (*Scomber japonicus*): Biochemical and sensory attributes. *European Food Research and Technology*, 224(5), 545–553. <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0316-y>
- Hauzoukim, Swain, S., & Mohanty, B. (2020). Modified atmosphere packaging of fish and fishery products: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(4), 651–659.
- Hizbullah, H. H., Sari, N. K., Nurhayati, T., & Nurilmala, M. (2020 Agustus 05-06). Quality changes of little tuna fillet (*Euthynnus affinis*) during chilling temperature storage [Conference session]. The 4th EMBRIO International Symposium; EIS 2019 and the 7th International Symposium Technologists Association, Bogor, Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 404(1), 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/404/1/012015>
- Iacumin, L., Tirloni, E., Manzano, M., & Comi, G. (2017). Shelf-life evaluation of sliced cold-smoked rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under vacuum (VP) and modified atmosphere packaging (MAP). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17(6). https://doi.org/10.4194/1303-2712-v17_6_21
- [IARC] International Agency for Research on Cancer. (2010). Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans Lyon, (France). International Agency for Research on Cancer
- [ISO] International Organization for Standardization (2015). ISO 6579:2015. Microbiology of food and feed materials - horizontal method for detection of *Salmonella* spp.. International Organization for Standardization
- [ISO] International Organization for Standardization (2017). ISO 19343:2017. Microbiology of the food chain - Detection and quantification of histamine in fish and fishery products - HPLC method. International Organization for Standardization
- Karimela, E. J., Ijong, F. G., & Dien, H. A. (2017). Characteristics of *Staphylococcus aureus* isolated smoked fish pinekuhe from traditionally processed from sangihe district. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(1), 188. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i1.16506>
- Kondihi, I., Salindeho, N., Pongoh, J., Makapedua, D., Taher, N., & Dotulong, V. (2023). Pengaruh perendaman asap cair hasil pirolisis sabut kelapa terhadap mutu ikan selar (*Selaroides* sp.) asap yang disimpan pada suhu ruang. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan Tropis*, 12(1), 1-7.
- Kustyawati, M. E. (2020). Mikrobiologi hasil pertanian. Pusaka Media.
- Leiwakabessy, J., & Wenno, M.R. (2019). Penambahan asap cair mampu mempertahankan profil asam lemak ikan tuna kering blok. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(3), 520-525.
- Mailoa, M. N., Lokollo, E., Nendissa, D. M., & Harsono, P. I. (2019). Microbiological and chemical characteristics of smoked tuna. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(1), 89. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v22i1.25882>
- Marlien, R. A., Liana, L., Santoso, I. H., Suteja, B., & Ma'sum, M. A. (2022). Perluasan pangsa pasar produk ikan asap melalui disain kemasan usaha mikro ikan asap kota semarang. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1), 3495.
- Martoyo, P. Y., Hariyadi, R. D., & Rahayu, W. P. (2014). Kajian standar cemaran mikrob dalam pangan di indonesia. *Jurnal Standardisasi*, 16(2), 113. <https://doi.org/10.31153/js.v16i2.173>
- Maryati, M., Rahmawati, A., & Rumatoras, Moh. F. K. (2024). Kadar air dan organoleptik ikan tongkol komo asap

- (*Euthynnus affinis*) yang disimpan menggunakan kemasan vakum dan nonvakum pada suhu ruang. *Gorontalo Agriculture Technology Journal*, 38. <https://doi.org/10.32662/gatj.v0i0.3426>
- Mentang, F., Montolalu, R. I., Dien, H. A., Meko, A., & Berhimpon, S. (2022). Shelf life and presence of pathogens in liquid-smoked Skipjack pampis packed in vacuum packaging (VP), modified atmosphere packaging (MAP), and stored at ambient temperature. *Nutricion Clinica Dietetica Hospitalaria*, 42(4), 73–78. <https://doi.org/10.12873/424mentang>
- Mihafu, F. D., Issa, J. Y., & Kamiyango, M. W. (2020). Implication of sensory evaluation and quality assessment in food product development: a review. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 8(3), 690–702. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.8.3.03>
- Milijasevic, M., Babić Milijasevic, J., Dinovic-Stojanovic, J., Veskovic Moracanin, S., & Lilic, S. (2017 October 01-04). Changes of pH and peroxide value in carp (*Cyprinus carpio*) cuts packaged in modified atmosphere [Conference session]. The 59th International Meat Industry Conference MEATCON2017. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 85, 012041. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/85/1/012041>
- Mulyawan, I. B., Handayani, B. R., Dipokusumo, B., Werdiningsih, W., & Siska, A. I. (2019). The effect of packaging technique and types of packaging on the quality and shelf life of yellow seasoned pindang fish. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(3), 464–475. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v22i3.28926>
- Nofreeana, A., Masi, A., & Deviarni, M. I. (2017). Pengaruh pengemasan vakum terhadap perubahan mikrobiologi, aktifitas air dan pH pada ikan pari asap. *Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 8(1). <https://doi.org/10.35891/tp.v8i1.537>
- Noor, T. A., & Sudaryati, N. L. G. (2024). Evaluation of the histamine levels of tuna (*Euthynnus affinis*) based on the length of storage and its implications for health. *Indonesian Journal of Global Health Research*, 6(4), 1829–1838.
- Nurdiani, R., Jaziri, A. A., & Jatmiko, Y. D. (2020). Peningkatan keamanan pangan dan kualitas organoleptik ikan asap khas desa karangsari tuban melalui induksi pengemas vakum. *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(1), 35–40. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2020.004.01.5>
- Nurhayati, T., Jacob, A. M., Utari, S. A., Azizah, L. H., & Hidayat, T. (2018). Quality Assessment of Vannamei Shrimp from Indonesian Waters. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences: B. Life and Environmental Sciences*, 55(1), 21–28.
- Osibona, A., Ogunyebi, O., & Samuel, T. (2018). Storage fungi and mycotoxins associated with stored smoked catfish (*Clarias gariepinus*). *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 22(5), 643. <https://doi.org/10.4314/jasem.v22i5.6>
- Paputungan, T. S., Wonggo, D., & Damongilala, L. J. (2015). Kajian mutu ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis* L.) asap utuh yang dikemas vakum dan non vakaum selama proses penyimpanan pada suhu ruang. *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 3(2). <https://doi.org/10.35800/mthp.3.2.2015.11444>
- Patil, A. R., Chogale, Narendra. D., Pagarkar, A. U., Koli, J. M., Bhosale, B. P., Sharangdhar, S. T., Gaikwad, B. V., & Kulkarni, G. N. (2020). Vacuum packaging is a tool for shelf life extension of fish product : A review. *Journal of Experimental Zoology*, 23(1), 807–810.
- Peromingo, B., Rodriguez, A., Bernaldez, V., Delgado, J., & Rodriguez, M. (2016). Effect of temperature and water activity on growth and aflatoxin production by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* on cured meat model systems. *Meat Science*, 122, 76–83.
- Popelka, P., Sulekova, M., Jevinova, P., Semjon, B., Hudáková, T., Klempová,



- T., Čertík, M., Roba, P., & Várady, M. (2021). Influence of smoking and packaging methods on physicochemical and microbiological quality of smoked mackerel (*Scomber scombrus*). *Acta Veterinaria Brno*, 90(1), 117–124. <https://doi.org/10.2754/avb202190010117>
- Rakhmayeni, D. A., Yuniarti, T., Sukarno, & Prayudi, A. (2024). Karakteristik ikan tandipang (*Dussumeiria acuta*) asap. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(2), 112–123. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v27i2.43821>
- Rengarajan, T., Rajendran, P., Nandakumar, N., Lokeshkumar, B., Rajendran, P., & Nishigaki, I. (2015). Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons with special focus on cancer. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(3), 182–189. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(15\)30003-4](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(15)30003-4)
- Rodrigues, B. L., Alvares, T. D. S., Sampaio, G. S. L., Cabral, C. C., Araujo, J. V. A., Franco, R. M., Mano, S. B., & Conte Junior, C. A. (2016). Influence of vacuum and modified atmosphere packaging in combination with UV-C radiation on the shelf life of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *Food Control*, 60, 596–605. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.09.004>
- Sakti, H., Lestari, S., & Supriadi, A. (2016). Perubahan mutu ikan gabus (*Channa striata*) Asap selama penyimpanan. *Jurnal Fishtech*, 5(1), 11–18. <https://doi.org/10.36706/fishtech.v5i1.3514>
- Sari, S. R., Agustini, S., Wijaya, A., & Pambayun, R. (2017). Quality profile of smoked african sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*) treated with uncaria gambier (*Uncaria gambir roxb*). *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 28(2), 101. <https://doi.org/10.28959/jdpi.v28i2.3019>
- Sauvageot, F., Herbreteau, V., Berger, M., & Dacremont, C. (2012). A comparison between nine laboratories performing triangle tests. *Food Quality and Preference*, 24(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.04.007>
- Sinkinson, C. (2017). Triangle Test. In *Discrimination Testing in Sensory Science* (pp. 153–170). Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition
- Soderqvist, K., Peterson, M., Johansson, M., Olsson, V., & Boqvist, S. (2024). A microbiological and sensory evaluation of modified atmosphere-packed (MAP) chicken at use-by date and beyond. *Foods*, 13(13), 2140. <https://doi.org/10.3390/foods13132140>
- Soontornwat, A., Pongsuttiyakorn, T., Rakmae, S., Sritham, E., Sirisomboon, P., Pun, U. K., Krusong, W., & Pornchaloempong, P. (2024). Mangosteen pericarp processing technology to create economic value and reduce biowaste. *Foods*, 13(14), 2286. <https://doi.org/10.3390/foods13142286>
- Sulistijowati, R., & Mile, L. (2014 Oktober 09). Kajian sistem pengendalian mutu ikan cakalang asap (*Katsuwonus pelamis* L.) di Kabupaten Gorontalo. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia UNG*, 467–471.
- Swastawati, F. (2018). Teknologi Pengasapan Ikan Tradisional. Intimedia.
- Swastawati, F., Riyadi, P. H., Kurniasih, R. A., Setiaputri, A. A., & Sholihah, D. F. (2021). The chemical composition, microbiology and micronutrients changes of fresh barracuda fish and smoked barracuda fish using different smoking methods [Conference session]. The 14th Halal Science Industry and Business (HASIB); The Halal Science Center Chulalongkorn University (HSC-CU), Research Synergy Foundation (RSF), The Halal Standard Institute of Thailand, and The Central Islamic Council of Thailand. Proceedings of The International Halal Science and Technology Conference (IHSATEC), 1(1), 68–78. <https://doi.org/10.31098/ihsatec.v14i1.487>
- Swastawati, F., Suharto, S., Muniroh, M., Cahyono, B., Shalihah, D. F., & Setiaputri, A. A. (2022). Application of liquid smoke on milkfish (*Chanos chanos*) and catfish (*clarias batrachus*) as an effort to improve the smoked products quality. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (Indonesian Journal of Community Engagement)*, 8(2), 60. <https://doi.org/10.31098/ihsatec.v14i1.487>

- org/10.22146/jpkm.73795
- Thippareddi, H., & Phebus, R. K. (2002). Modified Atmosphere Packaging (MAP): Microbial Control and Quality. *National Pork Board*. 1-8
- Wang, Q., Chen, Q., Xu, J., Sun, F., Liu, H., & Kong, B. (2022). Effects of modified atmosphere packaging with various CO₂ concentrations on the bacterial community and shelf-life of smoked chicken legs. *Foods*, 11(4), 559. <https://doi.org/10.3390/foods11040559>
- Wojcik, W., Lukasiewicz, M., & Puppel, K. (2021). Biogenic amines: Formation, action and toxicity—a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(7), 2634–2640.
- Yew, C. C., Bakar, F. A., Rahman, R. A., Bakar, J., Zaman, M. Z., Velu, S., & Shariat, M. (2014). Effects of modified atmosphere packaging with various carbon dioxide composition on biogenic amines formation in indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*). *Packaging Technology and Science*, 27(3), 249–254. <https://doi.org/10.1002/pts.2020>
- Zhang, Y.-J., Huang, C., Lv, Y.-S., Ma, S.-X., Guo, Y., & Zeng, E. Y. (2021). Polycyclic aromatic hydrocarbon exposure, oxidative potential in dust, and their relationships to oxidative stress in human body: A case study in the indoor environment of Guangzhou, South China. *Environment International*, 149, 106405. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106405>