

PENGARUH PENGGUNAAN JENIS GAS TERHADAP MUTU DAGING TUNA SELAMA PENYIMPANAN DINGIN

Beni Setha, Cindy Regina Magdalena Loppies*, Ruslan Husen Saban Tawari, Febby Jeanry Polnaya, Joseph Pagaya, Anho Netty Siahaya

Universitas Pattimura

Jalan Ir. M. Putuhena, Poka, Kec. Tlk. Ambon, Kota Ambon, Maluku Indonesia 97233

Diterima: 23 Desember 2024/Disetujui: 30 April 2025

*Korespondensi: loppiescindy@gmail.com

Cara sitasi (APA Style 7th): Setha, B., Loppies, C. R. M., Tawari, R. H. S., Polnaya, F. J., Pagaya, J., & Siahaya, A. N. (2025). Pengaruh penggunaan jenis gas terhadap mutu daging tuna selama penyimpanan dingin. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 28(4), 421-430. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v28i4.61517>

Abstrak

Penyimpanan dingin merupakan metode umum dalam pengolahan ikan, namun efektivitasnya tergantung pada teknologi pendukung, termasuk jenis gas dalam kemasan. Penggunaan gas yang tepat dapat menghambat oksidasi, mencegah pertumbuhan mikroorganisme, dan menjaga warna, tekstur, serta cita rasa daging tuna. Penelitian ini bertujuan menentukan jenis gas terbaik terhadap mutu daging tuna selama penyimpanan dingin. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) 1 faktor dengan 3 kali ulangan. Perlakuan jenis gas yang digunakan adalah tanpa gas (A0), karbon monoksida (A1), filtered smoke (A2), dan gas non-kondensat yang berasal dari tempurung kelapa (A3), kulit batang sagu (A4), dan kayu jambu biji (A5). Sampel tuna loin disemprotkan dengan gas-gas tersebut, kemudian kantong plastik ditutup rapat dan disimpan pada suhu 1-4°C selama 3 hari. Parameter yang dianalisis meliputi pH, total volatile base (TVB), kadar mioglobin, dan angka lempeng total (ALT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan gas CO (A1) secara signifikan menurunkan kadar TVB dan mempertahankan kadar mioglobin tuna loin, serta memperlambat penurunan kualitas dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Gas non-kondensat dari tempurung kelapa (A3) dan kulit batang sagu (A4) juga memberikan hasil yang cukup baik, namun gas CO terbukti paling efektif dalam mempertahankan kesegaran tuna. Hasil ini menunjukkan potensi penggunaan gas non-kondensat alami sebagai alternatif ramah lingkungan dalam memperpanjang umur simpan produk tuna. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi baru untuk menjaga kualitas daging tuna dalam proses distribusi dan penyimpanan dingin, serta memberi kontribusi terhadap pengembangan teknologi penyimpanan ikan yang lebih berkelanjutan.

Kata kunci: *filtered smoke*, gas non-kondensat, karbon monoksida, pengemasan, tempurung kelapa

The Effect of Using Different Types of Gases on Tuna Meat Quality During Cool Storage

Abstract

Refrigerated storage is a commonly used method in fish handling, but its effectiveness depends on supporting technologies, including the type of gas used in packaging. The appropriate choice of gas can inhibit oxidation, prevent microbial growth, and preserve the color, texture, and flavor of tuna meat. This study aims to determine the most effective gas type for preserving the quality of tuna meat during cold storage. The experimental design used was a completely randomized design (CRD) with one factor and three replications. The types of gas treatments used were no gas (A0), carbon monoxide (A1), filtered smoke (A2), and non-condensable gases derived from coconut shell (A3), sago bark (A4), and guava wood



(A5). Tuna loin samples were sprayed with these gases, then sealed in plastic bags and stored at 1-4°C for 3 days. The parameters analyzed included pH, total volatile bases (TVB), myoglobin content, and total plate count (TPC). The results indicated that CO gas treatment (A1) significantly reduced TVB levels and maintained myoglobin content in tuna loin, as well as slowed down the decline in quality compared to other treatments. Non-condensable gases from coconut shells (A3) and sago palm bark (A4) also showed good results; however, CO gas was the most effective in preserving tuna freshness. These results highlight the potential of using natural non-condensable gases as an environmentally friendly alternative to extend the shelf life of tuna products. This research is expected to provide a new solution for maintaining tuna meat quality during distribution and cold storage, as well as contribute to the development of more sustainable fish storage technologies.

Keywords: carbon monoxide, coconut shells, filtered smoke, non-condensable gases, packaging

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu produsen utama ikan tuna di dunia, dengan produk unggulan berupa tuna loin yang menjadi komoditas ekspor andalan di pasar internasional. Provinsi Maluku menyumbang sekitar 12% dari total produksi tuna nasional, didukung oleh luasnya perairan ZEE dan tradisi perikanan yang kuat. Nilai ekspor komoditas perikanan Maluku pada semester I 2023 mencapai 34,5 juta USD, dengan komoditas utama meliputi udang vannamei (5,69 juta kg), tuna (791 ribu kg), kerapu (121 ribu ekor), dan kepiting bakau (54 ribu ekor) (Statistics Indonesia, 2023).

Ikan tuna berperan penting dalam perdagangan internasional, karena memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Tuna banyak dikonsumsi oleh masyarakat baik dalam bentuk segar, beku, atau olahan lainnya. Tetapi ikan tuna bersifat *perishable food* (Utari *et al.*, 2023) yaitu sifat dagingnya rentan rusak akibat kadar air tinggi. Kandungan protein yang tinggi baik pada daging dan kulit (Nurjanah *et al.*, 2021) menyebabkan ikan tuna mudah mengalami kemunduran mutu apabila tidak ditangani dengan baik. Hal ini membuat tuna mudah mengalami pembusukan, perubahan warna, serta pembentukan histamin berbahaya, terutama jika suhu penyimpanan tidak terjaga (Tan *et al.*, 2019; Gadoin *et al.*, 2022). Oleh karena itu, teknik penyimpanan yang baik perlu dilakukan guna meningkatkan daya simpan dan menjaga kualitasnya.

Tantangan besar muncul dalam upaya mempertahankan kualitas tuna loin selama proses distribusi dan penyimpanan, khususnya dalam kondisi penyimpanan dingin. Penurunan kualitas tuna loin, misalnya

oksidasi lemak, degradasi protein, serta perubahan cita rasa, sering kali disebabkan oleh paparan oksigen, aktivitas mikroba, dan reaksi kimia selama penyimpanan. Warna menjadi faktor yang menentukan penerimaan konsumen terhadap produk ikan tuna loin terutama untuk ekspor (Loppies *et al.*, 2021). Warna merupakan mutu penting dalam tuna loin. Perubahan warna pada tuna diakibatkan oleh oksidasi mioglobin. Oksidasi mioglobin yang mengubah Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} dalam mioglobin adalah faktor utama yang menyebabkan perubahan warna daging tuna dari merah segar menjadi cokelat (Palanisamy *et al.*, 2024). Kondisi ini berpotensi mengurangi daya saing produk tuna asal Indonesia di pasar global. Penggunaan bahan CaCl_2 dapat menjaga suhu rendah dan mempertahankan kualitas tuna lebih baik selama transportasi (Tang *et al.*, 2015). Wang *et al.* (2020) melaporkan bahwa pelapisan dengan kombinasi asam rosmarinat, laktat natrium, dan antioksidan daun bambu terbukti menjaga kualitas tuna lebih baik selama penyimpanan. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan teknologi penyimpanan inovatif yang mampu menjaga kualitas tuna loin secara optimal.

Pemanfaatan gas dalam penyimpanan produk perikanan menjadi salah satu solusi yang potensial untuk mengatasi penurunan kualitas. *Filtered smoke* (FS) merupakan teknologi pengasapan modern yang menggunakan asap yang telah difilter untuk menghilangkan zat berbahaya yaitu tar dan nikotin, *Filtered smoke* mengandung karbon monoksida (CO) untuk menstabilkan warna otot ikan tuna dengan membentuk karboksimioglobin (Schubring, 2008). *Filtered*

smoke mengandung CO yang dapat berikatan kuat dengan grup heme dalam hemoglobin dan mioglobin, proses ini menggantikan oksigen dan menstabilkan warna merah pada daging tuna (Ramanathan *et al.*, 2020). Penggunaan FS secara komersial dapat membantu mempertahankan kualitas daging tuna selama rantai transportasi dari lokasi penangkapan hingga toko ritel atau restoran (Otwell *et al.*, 2008). Pivarnik (2011) melaporkan bahwa tuna yang diberi perlakuan FS menunjukkan warna merah awal yang lebih tinggi dan mempertahankan stabilitas warna pada berbagai suhu penyimpanan. Bahan tersebut dianggap lebih aman dibandingkan perlakuan CO murni, namun tetap memerlukan pengawasan ketat. Karbon monoksida dan FS, telah terbukti mampu memperpanjang masa simpan produk perikanan dengan menghambat oksidasi lemak, menjaga warna, dan mengurangi aktivitas mikrob.

Penelitian telah dilakukan untuk mengkaji pengaruh jenis gas terhadap kualitas ikan tuna, misalnya, penggunaan karbon monoksida (CO) dapat memperpanjang kesegaran warna daging tuna dan ikan salmon melalui mekanisme pengikatan mioglobin (Concollato *et al.*, 2015; Marrone *et al.*, 2015; Ariyani *et al.*, 2020). Penyuntikan CO dan FS pada daging tuna terbukti dapat menjaga warna merah selama penyimpanan dan transportasi (Pivarnik *et al.*, 2011; Nithin *et al.*, 2015), selain itu CO dan FS digunakan untuk menjaga stabilitas warna dan kandungan bakteri pada ikan tuna (Kristinsson *et al.*, 2008). Karbon monoksida bereaksi dengan mioglobin membentuk karboksimioglobin, bentuk stabil dari pigmen merah yang lebih tahan terhadap oksidasi dibandingkan oksimioglobin (Palanisamy *et al.*, 2024).

Penelitian-penelitian tersebut masih terbatas pada penggunaan jenis gas yang terbatas, sehingga belum memberikan perbandingan yang komprehensif antara berbagai jenis gas. Selain itu, sebagian besar kajian dilakukan pada penyimpanan beku, sehingga masih terdapat celah penelitian terkait efektivitas berbagai jenis gas, khususnya gas non kondensat berbahan alami, pada penyimpanan dingin. Inovasi berupa penggunaan gas non kondensat dari

bahan alami, misalnya tempurung kelapa, kulit batang sagu, dan kayu jambu biji, menunjukkan potensi mempertahankan stabilitas warna dan menghambat bakteri pada ikan tuna dengan adanya CO (Kristinsson *et al.*, 2008; Neethling *et al.*, 2015).

Penelitian ini penting dilakukan karena kualitas daging tuna sangat dipengaruhi oleh kondisi penyimpanan, terutama dengan penggunaan gas CO dan FS. Daging merah/gelap pada ikan tuna merupakan faktor penting dalam penentuan kualitas daging dan memengaruhi faktor pembelian oleh konsumen. Selama proses penyimpanan, daging merah pada tuna akan mengalami perubahan warna menjadi cokelat (mioglobin menjadi metmioglobin), menimbulkan bau dan rasa yang tengik akibat autooksidasi radikal asam lemak tidak jenuh serta memengaruhi kelarutan protein (Wodi *et al.*, 2014). Tujuan penelitian yaitu menentukan jenis gas terbaik terhadap mutu daging tuna selama penyimpanan dingin. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menentukan jenis gas yang paling efektif dalam menjaga kualitas tuna loin serta memberikan solusi inovatif bagi industri pengolahan tuna di Indonesia.

BAHAN DAN METODE

Pembuatan Gas Non Kondensat

Pembuatan gas non kondensat mengacu pada penelitian Loppies (2020). Bahan baku untuk pembuatan gas non kondensat adalah tempurung kelapa, kulit batang sagu dan kayu jambu biji. Setiap jenis bahan baku dipirolisis pada suhu kurang dari 600°C pada alat asap cair. Setelah proses pirolisis berlangsung selama 45 menit, akan dihasilkan asap cair (asap yang terkondensasi) dan asap/gas yang tidak terkondensasi yang keluar secara bersamaan. Pipa penampung asap cair dibuat 2 buah kran yang berfungsi untuk mengalirkan asap cair dan kran untuk mengalirkan gas yang tidak terkondensasi ke tabung filtrasi dengan menggunakan slang plastik. Kran untuk menampung asap cair ditutup dan kran untuk mengalirkan asap/gas ke tabung filtrasi dibuka sehingga gas yang tidak terkondensasi akan tertampung dalam tabung filtrasi. Pemisahan gas yang ringan dilakukan dengan cara memasukkan



es kristal pada bagian ruangan dinding tabung bagian luar yang dirancang khusus. Tabung filtrasi dilengkapi dengan kran yang dapat mengalirkan gas untuk diaplikasikan pada daging tuna yang dikemas dengan kantong plastik. Gas FS dan CO yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari perusahaan tuna loin.

Prosedur Penelitian

Daging tuna loin dipotong berbentuk dadu berukuran 4×4×4 cm, kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik PE ukuran 10 Kg. Sampel dibagi menjadi 6 kelompok (setiap kelompok terdiri atas 3 sampel), yaitu kelompok pertama tidak disemprot dengan gas (A0), kemudian kantong plastik diikat dengan karet gelang, kelompok kedua disemprotkan dengan gas CO (A1), kemudian kantong plastik diikat dengan karet gelang, kelompok ketiga disemprotkan dengan gas *filtered smoke* (A2), kemudian kantong plastik diikat dengan karet gelang, kelompok keempat disemprotkan dengan gas non kondensat tempurung kelapa (A3), kemudian kantong plastik diikat dengan karet gelang, kelompok kelima disemprotkan dengan gas non kondensat kulit batang sagu (A4), kemudian kantong plastik diikat dengan karet gelang dan kelompok keenam disemprotkan dengan gas non kondensat kayu jambu biji (A5), kemudian kantong plastik diikat dengan karet gelang. Perlakuan disemprot gas dengan konsentrasi 500-1.000 ppm selama 5-10 detik. Sampel disimpan pada suhu dingin (1-4°C) selama 3 hari. Setelah penyimpanan, kantong plastik dibuka kemudian tuna loin dianalisis

mutunya, meliputi pH (AOAC, 2005), *total volatile bases* (AOAC, 2005), *total plate count* (AOAC, 2005) dan kadar mioglobin (Chen & Chow, 2001).

Analisis Data

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan perlakuan jenis gas yang berbeda yaitu tanpa gas/kontrol (A0), gas karbon monoksida (A1), *filtered smoke* (A2), gas non kondensat tempurung kelapa (A3), gas non kondensat kulit batang sagu (A4), dan gas non kondensat kayu jambu biji (A5). Data pH, TVB, mioglobin dan ALT tuna loin dianalisis sidik ragam dengan selang kepercayaan 95%. Perlakuan yang berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji beda nyata jujur (BNJ) dengan nilai alfa 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN pH Ikan Tuna yang Diberi Gas

Rata-rata pH tuna yaitu 5,30-5,79 (*Table 1*). Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan jenis gas tidak berpengaruh signifikan terhadap pH tuna loin ($p>0,05$) selama penyimpanan dingin.

Dave & Ghaly, (2011) melaporkan bahwa perlakuan gas karbon monoksida pada daging ikan salmon tidak mengubah pH secara signifikan karena gas tersebut hanya memengaruhi pigmen mioglobin tanpa mengubah komposisi asam-basa daging. Gas CO diketahui dapat berikatan dengan mioglobin membentuk karboksimioglobin yang stabil, sehingga mempertahankan warna merah cerah pada daging ikan (Djenane, & Roncalés, 2018; Chen *et al.*, 2015). Gas

Table 1 pH, TVB, myoglobin, and ALT in tuna meat under different gas treatments
Tabel 1 Nilai pH, TVB, mioglobin dan ALT daging tuna pada perlakuan jenis gas berbeda

Type of gas treatment	pH	TVB (Mg % N)	Myoglobin (mg %)	ALT (cfu/g)
Control	5.52±0.21 ^a	10.03±1.93 ^b	51.40±0.90 ^d	3.42±0.02 ^b
Carbon monoxide	5.73±0.44 ^a	6.93±1.27 ^a	57.30±2.84 ^e	2.93±0.03 ^a
Filtered smoke	5.67±0.48 ^a	14.05±2.01 ^c	55.20±0.95 ^e	3.52±0.29 ^c
Non-condensable gas from coconut shells	5.30±0.08 ^a	10.53±1.56 ^b	48.75±1.08 ^c	3.38±0.11 ^{bc}
Non-condensable gas from sago bark	5.38±0.28 ^a	12.20±0.62 ^c	44.35±0.90 ^b	3.05±0.12 ^{ab}
Non-condensable gas from guava wood	5.79±0.30 ^a	18.03±0.23 ^d	32.60±1.18 ^a	3.11±0.11 ^{ab}

Different letter marks on the same column indicate significant differences;

CO tidak bereaksi secara langsung dengan komponen asam atau basa dalam daging, sehingga pengaruhnya terhadap pH sangat kecil (Jayasingh *et al.*, 2002). Perlakuan FS pada filet ikan mahi mahi terbukti secara signifikan meningkatkan kestabilan warna merah selama penyimpanan beku, serta memperbaiki stabilitas mikrob dan ketahanan terhadap oksidasi lemak, terutama setelah proses pembekuan dan pencairan (Kristinsson *et al.*, 2007). Penggunaan gas non-kondensat dari biomassa (tempurung kelapa) lebih berperan dalam pengawetan daripada perubahan pH daging ikan (Suman & Gautam, 2017; Wang & Sarkar 2018).

Total Volatile Bases (TVB) Ikan Tuna yang Diberi Gas

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan jenis gas berpengaruh sangat signifikan ($p < 0,05$) terhadap TVB tuna selama penyimpanan dingin. Rataan nilai TVB dan uji beda nyata jujur TVB daging tuna dapat dilihat pada *Table 1*. *Total volatile base* (TVB) merupakan salah satu parameter utama untuk mengukur kesegaran ikan dan meliputi senyawa-senyawa seperti amonia, trimetilamina (TMA), dan dimetilamina (DMA), yang dihasilkan dari aktivitas mikrob dan reaksi enzimatis pada jaringan ikan (Huang & Xie, 2020; Kritikos *et al.*, 2020).

Sampel tuna loin yang tidak disemprot gas (A0) menunjukkan kadar TVB sebesar 10,03 mg% N, sedangkan kelompok yang disemprotkan gas CO (A1) memiliki kadar TVB terendah, yaitu 6,93 mg% N (*Table 1*). Hal ini menunjukkan bahwa karbon monoksida efektif dalam menghambat pembentukan senyawa basa volatil. Karbonmonoksida berperan dalam membentuk ikatan dengan mioglobin menjadi karboksimioglobin yang stabil, sehingga menghambat aktivitas oksidasi dan degradasi protein (Amadei, & Aschi, (2021); Adach *et al.*, 2020; Yuan *et al.*, 2022). Sementara itu, sampel tuna yang disemprotkan FS (A2) dan gas non-kondensat kayu jambu biji (A5) memiliki kadar TVB yang tinggi masing-masing sebesar 14,05 mg% N dan 18,03 mg% N. Hasil ini mengindikasikan bahwa kedua perlakuan tersebut kurang efektif dalam menghambat pembentukan

senyawa basa mudah menguap, kemungkinan akibat kandungan senyawa fenolik atau asam organik dalam gas tidak cukup kuat untuk menghambat aktivitas mikrob penyebab pembusukan (Speranza *et al.*, 2021).

Penggunaan gas CO menunjukkan hasil yang paling signifikan dalam menjaga kesegaran tuna, dengan kadar TVB terendah dibandingkan perlakuan lainnya. Studi yang dilakukan oleh Neethling *et al.* (2015) mendukung temuan ini, yang menunjukkan bahwa CO memiliki kemampuan tinggi untuk menghambat aktivitas mikrob dan oksidasi lipid, sehingga memperpanjang umur simpan ikan. Sebaliknya, perlakuan dengan FS menunjukkan kadar TVB yang lebih tinggi. Hal ini diduga karena gas FS kurang efektif menghambat aktivitas mikrob dibandingkan dengan gas CO.

Perlakuan gas non-kondensat tempurung kelapa (A3) dan kulit batang sagu (A4) menunjukkan kadar TVB hampir sama dengan kontrol (A0). TVB adalah indikator kualitas yang penting untuk menilai kesegaran ikan. Berdasarkan standar internasional, kadar TVB ikan segar biasanya tidak melebihi 25 mg% N. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua perlakuan masih berada di bawah ambang batas kadar TVB, sehingga daging tuna masih dalam kondisi yang dapat diterima. Perlakuan dengan gas CO (A1) memberikan hasil terbaik dalam menjaga kualitas daging tuna.

Kadar Mioglobin

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan jenis gas memberikan pengaruh sangat signifikan ($p < 0,05$) terhadap kadar mioglobin tuna loin selama penyimpanan dingin. Rataan kadar mioglobin dan uji Beda Nyata Jujur kadar mioglobin daging tuna dapat dilihat pada *Table 1*.

Mioglobin adalah pigmen otot yang memberikan warna merah pada ikan, dan keberadaannya menjadi indikator penting untuk kualitas visual dan kesegaran produk perikanan (Singh *et al.*, 2022); Purslow *et al.*, 2020). Perlakuan dengan gas karbon monoksida (A1) pada penelitian ini menghasilkan kadar mioglobin tertinggi (57,30 mg%), diikuti oleh filtered smoke (A2)



sebesar 55,20 mg%. Sebaliknya, perlakuan dengan gas non-kondensat kayu jambu biji (A5) menghasilkan kadar mioglobin terendah (32,60 mg%). Perbedaan ini mengindikasikan bahwa setiap jenis gas memiliki kemampuan yang berbeda dalam mempertahankan stabilitas mioglobin selama penyimpanan. Karbon monoksida terbukti efektif dalam meningkatkan stabilitas mioglobin pada daging tuna. Gas ini berinteraksi dengan mioglobin untuk membentuk karboksimioglobin, yang memberikan warna merah cerah yang stabil dan tahan terhadap oksidasi (Neethling, 2013; Purslow *et al.*, 2020). Warna ini penting untuk meningkatkan daya tarik visual dan penerimaan konsumen (Liu *et al.*, 2014).

Gas FS (A2) menghasilkan kadar mioglobin yang tinggi (55,20 mg%), meskipun sedikit lebih rendah dibandingkan dengan CO. Senyawa aktif dalam FS seperti fenol dan karbonil, berkontribusi terhadap pengawetan dengan menghambat aktivitas mikroba dan reaksi oksidasi lipid serta protein (Kristinsson *et al.*, 2008). Namun, kandungan senyawa aktif dalam FS kurang efektif dibandingkan CO dalam membentuk senyawa kompleks yang stabil dengan mioglobin.

Gas non-kondensat dari berbagai bahan baku menunjukkan efektivitas yang bervariasi dalam menjaga kadar mioglobin. Gas non-kondensat tempurung kelapa (A3) dan kulit batang sagu (A4) dan kayu jambu biji menghasilkan kadar mioglobin masing-masing sebesar 48,75 mg% dan 44,35 mg%, dan (32,60 mg%), lebih rendah dibandingkan perlakuan tanpa gas (A0). Penelitian Nurimala *et al.* (2013) menyatakan bahwa kandungan Mb pada *yellowfin tuna* untuk kriteria sangat baik, baik, dapat diterima dan tidak dapat diterima masing-masing 157 mg%, 63,7 mg%, 50,6 mg% dan 22,6 mg%.

Kadar mioglobin yang tinggi pada daging tuna mengindikasikan bahwa karbon monoksida membentuk ikatan dengan mioglobin menjadi karboksimioglobin yang stabil dan membuat warna daging menjadi merah cerah (Amadei & Aschi, 2021; Adach *et al.*, 2020). Stabilitas mioglobin sangat penting untuk mempertahankan warna merah segar pada daging tuna selama penyimpanan. Penurunan kadar mioglobin

dapat mengakibatkan perubahan warna menjadi cokelat, yang dapat menurunkan nilai jual produk. Perlakuan dengan gas CO terbukti paling efektif dalam menjaga stabilitas mioglobin, sehingga direkomendasikan untuk digunakan dalam proses penyimpanan tuna loin untuk meningkatkan kualitas dan daya saing produk di pasar.

Angka Lempeng Total (ALT)

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan jenis gas memberikan pengaruh sangat signifikan ($p < 0,05$) terhadap ALT daging tuna selama penyimpanan dingin. Hasil analisis mengindikasikan bahwa jenis gas yang digunakan memiliki efek berbeda dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme pada daging tuna selama penyimpanan dingin. Rataan nilai ALT dan uji Beda Nyata Jujur ALT daging tuna dapat dilihat pada *Table 1*.

Gas CO secara umum diketahui memiliki sifat antimikroba yang efektif karena kemampuannya untuk menurunkan aktivitas mikroorganisme melalui penurunan oksigen di sekitar sampel (Djenane, & Roncalés, 2018). *Filtered smoke* dan gas non-kondensat (dari berbagai bahan bakar seperti tempurung kelapa, kulit batang sagu, dan kayu jambu biji) menunjukkan efek yang berbeda-beda terhadap ALT. *Filtered smoke* dibuat dari kayu keras dan dibeli oleh perusahaan tuna loin di pasaran. *Filtered smoke*, meskipun memiliki sifat antimikroba karena kandungan senyawa fenolik dan karbonilnya, justru menghasilkan nilai ALT tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh konsentrasi senyawa aktif yang tidak cukup untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme secara signifikan, atau adanya kondisi penyimpanan yang memungkinkan mikroorganisme tertentu berkembang. Gas non-kondensat dari tempurung kelapa dan kulit batang sagu menunjukkan pengaruh moderat terhadap ALT. Zhang *et al.* (2020) melaporkan bahwa fenol merupakan golongan utama dalam asap kayu, diikuti oleh keton dan aldehida. Selanjutnya, Rizal *et al.* (2020) menyatakan bahwa gas non-kondensat tempurung kelapa mengandung senyawa fenol, asam organik, dan

karbonil yang memiliki sifat antioksidan dan antimikrob. Senyawa-senyawa ini diketahui mampu merusak membran sel mikrob, sehingga menghambat pertumbuhan mereka (Bouarab *et al.*, 2019; Oulahal *et al.*, 2022). Namun, efektivitasnya mungkin dipengaruhi oleh metode aplikasi dan konsentrasi gas yang digunakan.

Penelitian ini memberikan bukti bahwa penggunaan gas CO dan beberapa gas non-kondensat dapat memperpanjang kesegaran daging tuna selama penyimpanan dingin dengan menghambat pertumbuhan mikroorganisme, walaupun secara statistik tidak berbeda nyata dengan gas non-kondensat kulit batang sagu dan kayu jambu biji. Aplikasi gas CO dapat direkomendasikan sebagai pilihan yang paling efektif dalam memperpanjang umur simpan ikan daging tuna. Namun, penggunaan CO harus mematuhi peraturan keamanan pangan, karena ada batasan tertentu untuk residu CO pada produk pangan (FDA, 2021).

KESIMPULAN

Perlakuan jenis gas tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap pH daging tuna selama penyimpanan dingin, tetapi berpengaruh signifikan terhadap TVB, mioglobin dan ALT daging tuna. Gas CO terbukti paling efektif dalam mempertahankan kesegaran tuna, terlihat dari nilai pH yang stabil, kadar TVB rendah, kadar mioglobin tinggi, dan ALT rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi melalui pendanaan Program Dana Padanan Tahun 2024 Batch 3 dengan Surat Keputusan Nomor 8/E1/PPK/KS.03.00/2021 tanggal 19 Juni 2024 atas nama Cindy Regina Magdalena Loppies.

DAFTAR PUSTAKA

Adach, W., Błaszczyk, M., & Olas, B. (2020). Carbon monoxide and its donors-chemical and biological properties. *Chemico-biological interactions*, 318, 108973.

[AOAC] Association of Official Analytical Chemists. (2005). Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Arlington: The Association of Official Analytical Chemists, Inc.

Adinda, R. F., Faisal, M., & Djuned, F. M. (2023). Characteristics of liquid smoke from young coconut shells at various pyrolysis temperature. *Elkawanie: Journal of Islamic Science and Technology*, 9(1), 24-36.

Amadei, A., & Aschi, M. (2021). Stationary and time-dependent carbon monoxide stretching mode features in carboxy myoglobin: a theoretical-computational reappraisal. *The Journal of Physical Chemistry B*, 125(50), 13624-13634.

Ariyani, F., Kristiningrum, E., Barokah, G. R., & Januar, H. I. (2020). The effects of carbon monoxide treatment on the physical and chemical qualities of tuna steak during iced storage. *Squalen Bull. Mar. Fish. Postharvest Biotechnol*, 15, 73-79.

Bouarab Chibane, L., Degraeve, P., Ferhout, H., Bouajila, J., & Oulahal, N. (2019). Plant antimicrobial polyphenols as potential natural food preservatives. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(4), 1457-1474.

Chen, T., Chiou, T., Ding, N., & Pan, B. (2015). The impact of carbon-monoxide treatment on biochemical and sensorial quality of tilapia fillet during low temperature storage. *Journal of Food and Nutrition Research*, 3, 502-512.

Chen, W. L., & Chow C. J. 2001. Studies on the physicochemical properties of milkfish myoglobin. *Journal of Food Biochemistry* 25:157-174.

Concollato, A., Bjørlykke, G., Kvamme, B., Sørheim, O., Slinde, E., & Olsen, R. (2015). The effect of carbon monoxide on slaughter and processing of fish. *Processing and Impact on Active Components in Food*, 427-431. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404699-3.00051-2>

Dave, D., & Ghaly, A. E. (2011). Meat spoilage mechanisms and preservation



- techniques: a critical review. *Am J Agric Biol Sci*, 6(4), 486-510.
- Djenane, D., & Roncalés, P. (2018). Carbon monoxide in meat and fish packaging: advantages and limits. *Foods*, 7(2), 12.
- [FDA] Food and Drug Administration. (2011). Fish and fishery products hazards and controls guidance. Fourth Edition. US Department Health and Human Services, Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition, Florida.
- Gadoin, E., Desnues, C., Bouvier, T., Roque D'Orbcastel, E., Auguet, J. C., Crochemore, S., Adingra, A., & Bettarel, Y. (2022). Tracking spoilage bacteria in the tuna microbiome. *FEMS Microbiology Ecology*, 98(10), fiac110.
- Huang, W., & Xie, J. (2020). Characterization of the volatiles and quality of hybrid grouper and their relationship to changes of microbial community during storage at 4°C. *Molecules*, 25. <https://doi.org/10.3390/molecules25040818>
- Jayasingh, P., Cornforth, D. P., Carpenter, C. E., & Whittier, D. (2001). Evaluation of carbon monoxide treatment in modified atmosphere packaging or vacuum packaging to increase color stability of fresh beef. *Meat science*, 59(3), 317-324.
- Kristinsson, H. G., Danyali, N., & Ua-Angkoon, S. (2007). Effect of filtered wood smoke treatment on chemical and microbial changes in mahi mahi fillets. *Journal of Food Science*, 72(1), C016-C024.
- Kristinsson, H., Crynen, S., & Yagiz, Y. (2008). Effect of a filtered wood smoke treatment compared to various gas treatments on aerobic bacteria in yellowfin tuna steaks. *Lwt - Food Science and Technology*, 41, 746-750.
- Kritikos, A., Aska, I., Ekonomou, S., Mallouchos, A., Parlapani, F., Haroutounian, S., & Boziaris, I. (2020). Volatilome of chill-stored european seabass (*Dicentrarchus labrax*) fillets and atlantic salmon (*Salmo salar*) slices under modified atmosphere packaging. *Molecules*, 25. <https://doi.org/10.3390/molecules25081981>
- Liu, C., Zhang, Y., Yang, X., Liang, R., Mao, Y., Hou, X., Lu, X. & Luo, X. (2014). Potential mechanisms of carbon monoxide and high oxygen packaging in maintaining color stability of different bovine muscles. *Meat Science*, 97(2), 189-196.
- Loppies, C.R.M. (2020). Pemanfaatan gas limbah produksi asap cair sebagai alternatif pengganti CO dan *filtered smoke* dalam penanganan steak tuna (*Thunnus albacares*). [Disertasi]. Universitas Pattimura, Ambon
- Loppies, C.R.M., Apituley, D.A.N., Sormin, R.B.D., Setha, B., & Hiarij, J. (2021). Profil asam lemak tuna (*Thunnus albacares*) loin dengan penyemprotan *filtered smoke* selama penyimpanan beku. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 24(1), 60-69
- Marrone, R., Mascolo, C., Palma, G., Smaldone, G., Girasole, M., & Anastasio, A. (2015). Carbon monoxide residues in vacuum-packed yellowfin tuna loins (*Thunnus Albacares*). *Italian Journal of Food Safety*, 4(3), 4528.
- Murniati, W. S. I., Trilaksani, W., & Nurimala, M. (2014). Perubahan mioglobin selama penyimpanan suhu *chiling*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 17(3), 215-224.
- Neethling, N. E. (2013). The effect of carbon monoxide on the colour stability and quality of yellowfin tuna (*Thunnus Albacares*) muscle. [Dissertation]. Stellenbosch University.
- Neethling, N. E., Hoffman, L. C., Britz, T. J., & O'Neill, B. (2015). Influence of carbon monoxide on the colour stability of defrosted yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) muscle stored under aerobic and anaerobic conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(8), 1605-1612.
- Nithin, C. T., Ananthanarayanan, T. R., Yathavamoorthi, R., Bindu, J., Joshy, C. G., & Srinivasa Gopal, T. K. (2015). Physico-chemical changes in liquid smoke flavoured yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) sausage during chilled storage. *Agricultural Research*, 4, 420-427.
- Nurimala, M. (2013). Studies on the structural

- discoloration. [Disertasi]. The University of Tokyo.
- Nurjanah, Baharuddin, T. I., & Nurhayati, T. (2021). Ekstraksi kolagen kulit ikan tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*) menggunakan enzim pepsin dan papain. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 24(2), 174-187. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v24i2.35410>
- Otwell, W. S., Kristinsson, H. G., & Balaban, M. O. (2008). Modified atmospheric processing and packaging of fish: filtered smokes, carbon monoxide, and reduced oxygen packaging. John Wiley & Sons.
- Oulahal, N., & Degraeve, P. (2022). Phenolic-rich plant extracts with antimicrobial activity: an alternative to food preservatives and biocides?. *Frontiers in Microbiology*, 12, 753518.
- Palanisamy, S., Singh, A., Zhang, B., Zhao, Q., & Benjakul, S. (2024). Effects of different phenolic compounds on the redox state of myoglobin and prevention of discoloration, lipid and protein oxidation of refrigerated longtail tuna (*Thunnus tonggol*) slices. *Foods*, 13(8), 1238.
- Pivarnik, L. F., Faustman, C., Rossi, S., Suman, S. P., Palmer, C., Richard, N. L., Christopher, P. E. & DiLiberti, M. (2011). Quality assessment of filtered smoked yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) steaks. *Journal of food science*, 76(6), S369-S379.
- Purslow, P. P., Warner, R. D., Clarke, F. M., & Hughes, J. M. (2020). Variations in meat colour due to factors other than myoglobin chemistry; a synthesis of recent findings (invited review). *Meat Science*, 159, 107941.
- Ramanathan, R., Suman, S. P., & Faustman, C. (2020). Biomolecular interactions governing fresh meat color in post-mortem skeletal muscle: A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(46), 12779-12787.
- Renerre, M., Anton, M., & Gatellier, P. (1992). Autoxidation of purified myoglobin from two bovine muscles. *Meat science*, 32(3), 331-342.
- Rizal, W., Nisa, K., Maryana, R., Prasetyo, D., Pratiwi, D., Jatmiko, T., Ariani, D., & Suwanto, A. (2020). Chemical composition of liquid smoke from coconut shell waste produced by SME in Rongkop Gunungkidul. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 462. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/462/1/012057>
- Schubring, R. (2008). Use of "filtered smoke" and carbon monoxide with fish. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 3, 31-44.
- Singh, A., Mittal, A., & Benjakul, S. (2022). Undesirable discoloration in edible fish muscle: Impact of indigenous pigments, chemical reactions, processing, and its prevention. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(1), 580-603.
- Speranza, B., Racioppo, A., Bevilacqua, A., Buzzo, V., Marigliano, P., Mocerino, E., Scognamiglio, R., Corbo, M.R., Scognamiglio, R. & Sinigaglia, M. (2021). Innovative preservation methods improving the quality and safety of fish products: Beneficial effects and limits. *Foods*, 10(11), 2854.
- Suman, S., & Gautam, S. (2017). Pyrolysis of coconut husk biomass: analysis of its biochar properties. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 39(8), 761-767.
- Tan, A., Zhao, Y., Sivashanmugan, K., Squire, K., & Wang, A. X. (2019). Quantitative TLC-SERS detection of histamine in seafood with support vector machine analysis. *Food Control*, 103, 111-118.
- Tang, Y. R., Xie, J., Xu, H. W., Zhang, N., & Gao, L. (2015). Application of cold storage phase-change technology in cold chain logistics of tuna (*Thunnus obesus*). *Modern. Food Science and Technology*, 31(1), 173-178.
- Utari, S. P. S. D., Astiana, I., Ginting, E. K., & Pradnyaswari, N. M. R. (2023). Pengujian mutu organoleptik dan logam berat merkuri, timbel, kadmium ikan tuna bentuk steik di Denpasar. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 26(2), 271-279. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v26i2.44430>
- Wang, Q., & Sarkar, J. (2018). Pyrolysis



- behaviors of waste coconut shell and husk biomasses. *Towards Energy Sustainability*, 111.
- Wang, J., Yu, W., & Xie, J. (2020). Effect of glazing with different materials on the quality of tuna during frozen storage. *Foods*, 9(2), 231.
- Wiroto, N., Herdianzah, Y., & Rahman, S. A. (2022). Optimization of making liquid smoke from coconut shell as organic disinfectant using taguchi method. *Journal of Industrial Engineering Management*, 7(2), 149-155.
- Yuan, Z., De La Cruz, L., Yang, X., & Wang, B. (2022). Carbon monoxide signaling: examining its engagement with various molecular targets in the context of binding affinity, concentration, and biologic response. *Pharmacological Reviews*, 74, 825 - 875. <https://doi.org/10.1124/pharmrev.121.000564>
- Zhang, Y., Silcock, P., Jones, J., & Eyres, G. (2020). Changes in wood smoke volatile composition by manipulating the smoke generation conditions. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2019.104769>