

Hubungan Kondisi Penyimpanan dan Lama Penyimpanan Daging Ayam dengan Tingkat Oksidasi Protein dan Lipid: Sistematika Review

Salma Dwi Saputri^a, Estri Kusumawati^{a*}

^aProgram Studi Gizi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Indonesia

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Received : 28-07-2026

Revised : 18-08-2026

Accepted : 23-08-2026

Keywords: *Chicken Meat, Frozen Storage, Lipid Oxidation, Nutritional Quality, Protein Oxidation*

Kata Kunci: *Daging Ayam, Kualitas Gizi, Penyimpanan Beku, Oksidasi Lipid, Oksidasi Protein*

Corresponding Author:

estri.kusumawati@uinsa.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.62335>

ABSTRACT

The food stock storage trend (meal prep) using the freezing method is currently widely practiced, but it poses risks to the nutritional quality of chicken meat. Long-term storage and the reheating process are suspected of triggering damage to fat and protein components through oxidation mechanisms. This review aims to examine the effect of frozen storage temperatures and the reheating process on the level of lipid and protein oxidation in chicken meat. This study used the Systematic Literature Review (SLR) method. Literature searches were conducted via Google Scholar, Pubmed (2019-2026). From the initial 1,940 articles, 10 primary journals meeting the inclusion criteria were selected. The review results indicate that long-term frozen storage triggers a decrease in chemical stability, leading to damage in protein and lipid structures. The reheating process accelerates the rate of this damage, impacting physical quality changes such as color and aroma, as well as decreasing the protein's water-holding capacity, which toughens the meat texture. Proper temperature management and storage duration are crucial for maintaining the nutritional integrity and physical quality of chicken meat.

ABSTRAK

Tren penyimpanan stok makanan (*meal prep*) dengan metode pembekuan kini marak dilakukan, namun berisiko terhadap kualitas gizi daging ayam. Penyimpanan jangka panjang dan proses pemanasan kembali diduga memicu kerusakan komponen lemak dan protein melalui mekanisme oksidasi. Ulasan ini bertujuan meninjau hubungan suhu penyimpanan beku dan proses pemanasan kembali terhadap tingkat oksidasi lemak dan protein pada daging ayam. Penulisan ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR). Pencarian literatur dilakukan melalui PubMed (2019-2026). Dari 1.940 artikel awal, terpilih 10 jurnal utama yang memenuhi kriteria inklusi. Hasil ulasan menunjukkan bahwa

penyimpanan beku jangka panjang memicu penurunan stabilitas kimia yang menyebabkan kerusakan struktur protein dan lemak. Proses pemanasan kembali mempercepat laju kerusakan tersebut, berdampak pada perubahan kualitas fisik seperti warna dan aroma, serta penurunan kemampuan protein mengikat air yang mengubah tekstur daging menjadi lebih keras. Manajemen suhu dan durasi penyimpanan yang tepat sangat krusial untuk menjaga integritas gizi serta kualitas fisik daging ayam.

PENDAHULUAN

Daging ayam merupakan salah satu sumber protein hewani yang banyak dikonsumsi masyarakat karena memiliki nilai gizi yang baik dengan harga yang relatif terjangkau, hal ini terbukti dari data yang menunjukkan konsumsi masyarakat terhadap daging ayam mencapai lebih dari 10 kg per kapita per tahun (Badan Pusat Statistik, 2026). Selain mengandung nilai gizi yang baik daging ayam juga merupakan bahan pangan yang mudah diolah dan dicerna oleh tubuh, hal ini dikarenakan daging ayam memiliki struktur serat otot yang lebih pendek dan halus, kandungan jaringan ikat dan kadar lemak jenuh yang rendah, serta memiliki kadar air yang cukup tinggi. Namun dengan struktur inilah, daging ayam justru menjadi sangat mudah untuk rusak. Kadar air yang tinggi menjadikan daging ayam sangat berpotensi sebagai tempat untuk pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri. Selain itu, kandungan nutrisi pada daging ayam yang tinggi akan menjadi sumber nutrisi bagi bakteri untuk berkembang biak dengan cepat pada suhu ruang (Febrianta, 2023).

Daging ayam yang telah terpapar bakteri tentu akan menurun kualitas mutunya, selain faktor mikroorganisme tersebut oksidasi protein juga menjadi salah satu mekanisme utama penurunan mutu (*quality deterioration*) pada daging ayam. Oksidasi protein biasanya dipicu oleh kondisi penyimpanan daging saat disimpan seperti suhu, kemasan dan paparan oksigen. Daging ayam yang berada pada suhu ruang akan membuat reaksi kerusakan menjadi lebih cepat dan daging ayam yang tidak disimpan dengan kemasan yang tertutup akan terpapar udara, oksigen dari udara akan menjadi bahan utama untuk memicu kerusakan, sehingga terjadi oksidasi protein (Nooraldeen, 2025). Selain kondisi penyimpanan, durasi penyimpanan juga mempengaruhi tingkat oksidasi protein yang terjadi, semakin lama durasi penyimpanan akan semakin tinggi tingkat oksidasi protein yang terjadi pada daging ayam. Daging memiliki pertahanan alami berupa antioksidan namun seiring berjalannya waktu penyimpanan antioksidan alami pada daging semakin menipis. Semakin lama durasi penyimpanan daging maka pertahanan antioksidan alami daging akan hilang dan akan memperparah kerusakan protein daging (Demirok Soncu, 2020).

Beberapa penelitian terdahulu telah mengamati dinamika oksidasi protein ini pada

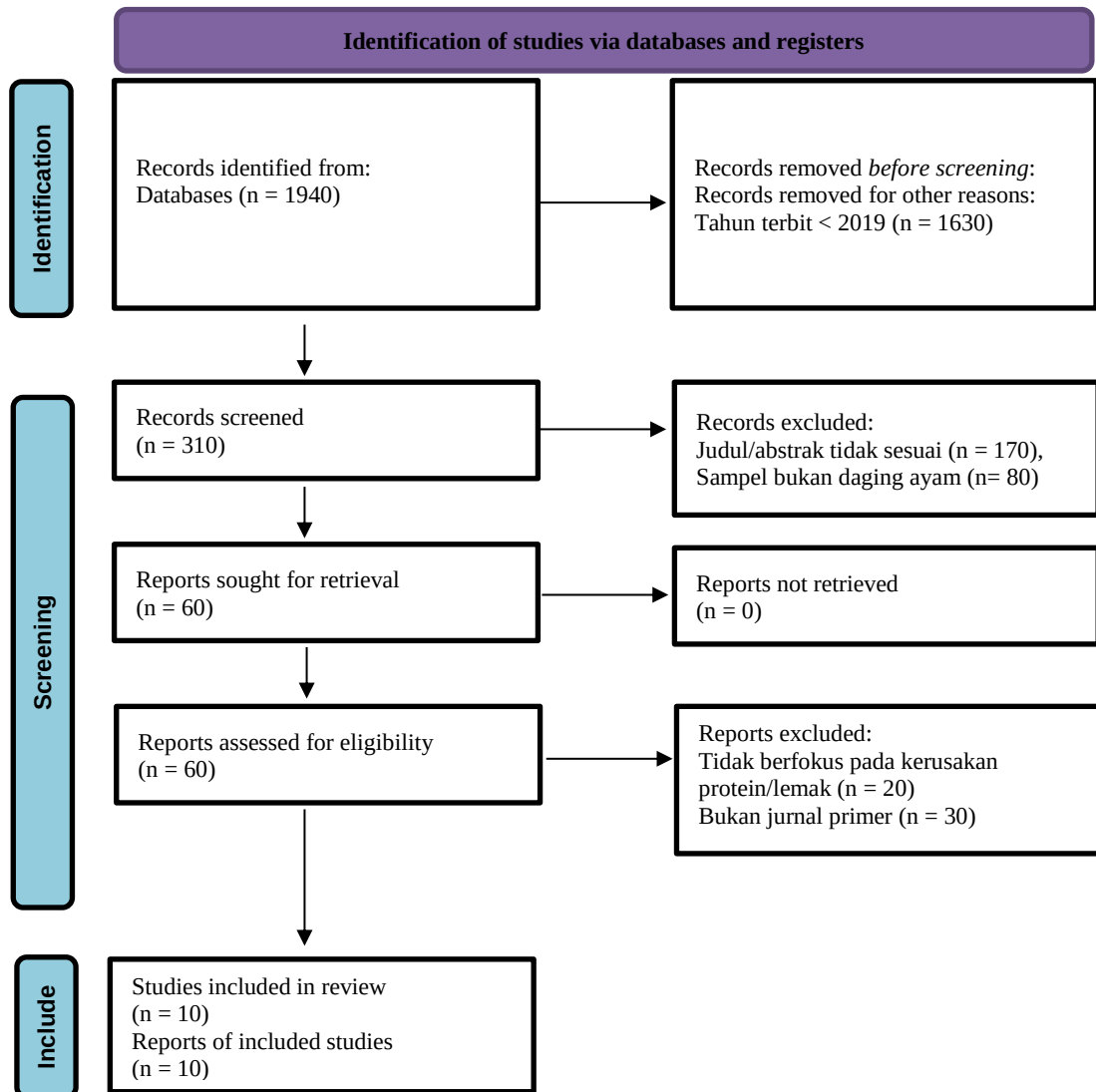
berbagai kondisi simpan. Penelitian oleh (Sangadji et al., 2019) menunjukkan bahwa durasi penyimpanan beku selama 2 hingga 6 hari berpengaruh signifikan terhadap kualitas daging ayam broiler, dimana pembekuan mampu menekan pertumbuhan bakteri sebesar 12,7% serta mempertahankan kadar protein pada kisaran 20,46% hingga 22,44%. Disisi lain, penggunaan kemasan atmosfer termodifikasi dilaporkan mampu mempertahankan stabilitas pH, daya ikat serta mempengaruhi laju kerusakan daging. Seperti penelitian oleh (Triyannanto et al., 2021) yang menunjukkan bahwa penyimpanan beku pada suhu -18C durasi hingga 120 hari dengan berbagai ketebalan kemasan vakum plastik primer mampu menjaga stabilitas nilai ph (5,78-6,08), daya ikat air (36,28-38,44%), serta menekan laju kerusakan fisikokimia dan mikrobiologi pada daging ayam utuh. Penelitian lain oleh (Mudawaroch, 2024) menyoroti bahwa durasi penyimpanan dingin (4 C) periode hari ke-0, 7, 14, hingga 21, kualitas fisik dan organoleptik (termasuk tekstur) masih relatif stabil hingga hari ke 14. Namun, saat penyimpanan melebihi 14 hari (yaitu pada hari ke-21), terjadi degradasi jaringan, peningkatan kadar air secara nyata, serta kemunduran tekstur yang menjadi makin berlendir dan melunak akibat autolisis dan oksidasi.

Meskipun studi eksperimental mengenai oksidasi protein pada daging ayam telah banyak dilakukan, hasil yang ditemukan pada literatur masih sangat bervariasi dan terfragmentasi pada kondisi atau durasi tertentu saja. Hingga saat ini, belum ada tinjauan sistematis yang secara komprehensif mengintegrasikan interaksi anatara matriks kondisi penyimpanan seperti suhu, kemasan dan paparan lingkungan dengan rentang durasi simpan terhadap tingkat oksidasi protein. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara kondisi penyimpanan dan durasi penyimpanan terhadap tingkat oksidasi protein pada daging ayam. Hasil dari ulasan ini diharapkan dapat menjadi rujukan ilmiah bagi masyarakat dan praktisi gizi dalam mengelola penyimpanan bahan pangan hewani yang tetap mempertahankan integritas gizinya.

METODE

Penelitian ini merupakan tinjauan sistematis menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR). Proses identifikasi artikel dilakukan melalui basis data Google Shcolar, pubmed dengan rentang publikasi antara tahun 2019 hingga 2026. Tahapan seleksi artikel mengikuti protokol diagram *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA). Berdasarkan hasil pencarian awal, teridentifikasi sebanyak 1.940 artikel yang kemudian disaring berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi meliputi artikel penelitian yang membahas spesifik mengenai oksidasi protein pada daging ayam dan diterbitkan dalam kurun waktu tujuh tahun terakhir. Sementara itu, artikel yang tidak menggunakan sampel daging ayam, tidak membahas proses oksidasi, atau hanya berupa tinjauan pustaka dikeluarkan dari proses seleksi. Setelah melalui tahap penyaringan kualitas, diperoleh sebanyak 10 artikel utama yang

akan dianalisis lebih lanjut dalam diagram alir PRISMA berikut ini :



Gambar 1. Diagram PRISMA

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil Analisis

No	Penulis dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Temuan Utama / Hasil
1.	Hazrati Shyan Yea Mohammad Farah	Wazir, Effects of Storage Time and Temperature on Lipid Oxidation	Desain: Eksperimental. Populasi: Daging suwir kadar	Semakin lama waktu simpan dan semakin tinggi suhu, maka oksidasi lemak dan

No	Penulis dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Temuan Utama / Hasil
	Hussin, Nor Afizah Mustapha, Wan Zunairah Wan Ibadullah, Nazamid Saari (2019)	and Protein Co-Oxidation of Low Moisture Shredded Meat Products	air rendah (<i>Low-Moisture Shredded</i>). Lokasi : Malaysia	protein akan meningkat secara bersamaan.
2.	Hazrati Wazir, Shyan Yea Chay, Wan Zunairah Wan Ibadullah, Mohammad Zarei, Nor Afizah Mustapha, Nazamid Saari (2021)	Lipid oxidation and protein co-oxidation in ready-to-eat meat products as affected by temperature, antioxidant, and packaging material during 6 Months of storage	Desain: Experimental Laboratorium. Populasi: Produk daging siap saji (<i>ready-to- eat</i>). Lokasi: Kelantan, Malaysia.	Penyimpanan dan suhu memicu oksidasi lemak yang berakibat pada oksidasi protein secara bersamaan (<i>cooxidation</i>).
3.	Djalma Vitorino Costa Filho, Thayse Cavalcante Da Rocha, Jéssica De Moreira Leila De Carvalho, Mércia De Sousa Galvao, Mayka Reghiany Pedrao, Mario Estevez, Marta Suely Madruga (2023)	Oxidative stability of white striping chicken breasts: effect of cold storage and heat treatments	Desain: Experimental Laboratorium. Populasi: Dada ayam (<i>breast</i>). Lokasi: Pernambuco, Brasil.	Perlakuan panas (<i>heat treatments</i>) secara signifikan meningkatkan kadar oksidasi pada daging yang sudah disimpan lama. Oksidasi lipid pada daging yang dimasak lebih menonjol daripada pada daging mentah.
4.	Mayada A. Al-Shibli, Rawdah M. Al-Ali and Alia Z. Hashim(2022)	Oxidative Reaction of Frozen-Stored and Heat	Desain: Eksperimental Laboratorium. Sampel: Produk	Interaksi antara penyimpanan beku jangka panjang dan perlakuan

No	Penulis dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Temuan Utama / Hasil
		Treatments Meat Products	daging olaha yang diberikan perlakuan suhu beku dan suhu panas. Lokasi: Irak	pemanasan (<i>heat treatments</i>) menyebabkan peningkatan signifikan pada oksidasi lipid dan protein.
5.	Yingjieng, Mengru Liu, Xin Zhou, Haoran Zang, Ruoshi Zhang, Haon Yang, Sanjun Jin, Xingjun Feng, Anshan Shan (2022)	Oxidative stability and gelation properties of myofibrillar protein from chicken breast after post-mortem frozen storage as influenced by phenolic compound-pterostilbene	Desain: Experimental Laboratorium. Sampel: Protein miofibril dada ayam. Lokasi : China	Penyimpanan beku memicu oksidasi yang menurunkan kemampuan gelasi (tekstur). Antioksidan <i>pterostilbene</i> dapat menghambatnya .
6.	Sylvia Indriani, Nattanan Srisakultiew, Soottawat Benjakul, Cynthia Andriani, Kanjana Thumanu, Passakorn Kingwascharapong, Samart Sai-ut, Jaksuma Pongsetkul (2026)	Molecular structural changes of Korat chicken meat as affected by packaging conditions during cold storage: Correlation to textural traits and sensory acceptance.	Desain: Experimental Laboratorium. Sampel: Ayam lokal (Korat chicken). Lokasi: Hibrida, Thailand.	Kondisi pengemasan mempengaruhi perubahan struktur molekul protein selama disimpan di suhu dingin.
7.	M. Chmiel, M. Roszko, L.	Influence of storage	Desain: Experimental Lab.	Metode pengemasan dan durasi

No	Penulis dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Temuan Utama / Hasil
	Adamczak, T. Florowski, D. Pietrzak (2019)	packaging method on chicken breast meat chemical composition and fat Oxidation	Sampel: Dada ayam.	penyimpanan berpengaruh nyata terhadap laju oksidasi lemak ayam.
8.	Sivakumar (2023)	Effect of Different Packaging and Frozen Storage Temperature on the Muscle Protein Fractionation of Frozen Broiler Meat.	Desain: Experimental Laboratorium. Sampel: Daging broiler beku. Lokasi: Tamil Nadu, India.	Perbedaan suhu beku mempengaruhi pecahan (<i>fractionation</i>) protein otot secara spesifik selama penyimpanan jangka panjang.
9.	Stefany Pergentino Dos Santos, Betina Louise Angioletti, Tuany Gabriela Hoffmann, Maksim Rebezov, Mohammad Ali Shariati, Marina Temerbayeva, Mirian Pateiro(2023)	Interaction of heat transfer methods, storage temperature and packaging.	Desain: Experimental Laboratorium. Sampel: Daging olahan. Lokasi: Warsawa, Polandia.	Terdapat interaksi antara metode perpindahan panas, suhu simpan,dan kemasan terhadap stabilitas oksidatif.
10.	Yousung Jung, Dowon Jeong, Soomin Oh, Dongwook Kim, Hyo-Jun Choo, Jun-Heon Lee, Aera Jang (2025)	Relationship of lipid-protein oxidation with meat quality and volatile organic compounds in Korean native chickens and	Desain: Experimental Laboratorium. Sampel: Ayam lokal Lokasi: Korea	Hubungan oksidasi lipid-protein berkorelasi dengan munculnya senyawa volatil (bau menyimpang) yang menurunkan kualitas.

No	Penulis dan Tahun	Judul Penelitian	Metode	Temuan Utama / Hasil
		broilers during frozen storage.		

Hasil analisis sintesis terhadap sepuluh artikel pilihan mengenai pengaruh penyimpanan terhadap oksidasi protein dan lipid disajikan pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Penggabungan Jurnal

No	Kelompok Jurnal	Temuan Utama (Hasil Oksidasi)	Jenis Sampel
1.	Wazir (2019 & 2021)	Kerusakan protein menurunkan stabilitas emulsi; bumbu alami efektif menghambat oksidasi protein.	Olahan (Daging suwir & <i>Ready-to-eat</i>)
2.	Al-Shibli & Wang (2022)	Penyimpanan beku lama meningkatkan kadar karbonil dan merusak miofibril.	Mentah (Daging ayam segar & beku)
3.	Costa Filho (2023)	Pemanasan suhu tinggi setelah penyimpanan memperparah laju oksidasi lipid dan protein.	Matang (Daging Ayam tanpa bumbu)
4.	Dos Santos (2023)	Kombinasi jenis kemasan dan suhu simpan menentukan kecepatan degradasi asam amino.	Mentah (Daging segar dengan berbagai kemasan)
5.	Chmiel(2019) & Indriani (2026)	Paparan oksigen pada kemasan memicu radikal bebas yang merusak kualitas gizi daging.	Mentah (Broiler & Ayam Lokal Korat)
6.	Sivakumar (2023) & Jung (2025)	Fluktuasi suhu menyebabkan kerusakan mikrostruktur dan munculnya bau menyimpang (<i>volatil</i>).	Mentah (Daging ayam dalam rantai dingin)

Berdasarkan hasil tinjauan sistematis terhadap sepuluh artikel penelitian, ditemukan bahwa kualitas kimia dan organoleptik daging sangat bergantung pada manajemen suhu, teknik pengolahan, serta proteksi pengemasan. Analisis pertama menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara durasi simpan dengan laju oksidasi pada produk daging. Temuan dari (Wazir et al., 2021) dan (Wazir et al., 2019) menyoroiti fenomena *co-oxidation*, di mana oksidasi lipid dan protein terjadi secara

simultan dan saling mempercepat seiring bertambahnya waktu penyimpanan. Hal ini dipicu oleh radikal bebas yang meningkat jika suhu tidak terjaga konstan. Dampaknya dijelaskan lebih lanjut oleh (Jung et al., 2025) yang menemukan bahwa oksidasi lipid menghasilkan senyawa volatil penyebab aroma menyimpang (*off-flavor*) pada daging. Selain itu, (Sivakumar, 2023) menekankan bahwa ketelitian suhu beku, bahkan pada selisih kecil seperti -18°C dan -20°C , memberikan efek berbeda terhadap derajat pemecahan protein otot secara spesifik.

Selain faktor penyimpanan, peningkatan kerusakan kimia pada daging juga sangat dipengaruhi oleh proses pemanasan atau pengolahan panas (*heat treatment*). (Costa Filho et al., 2023) dan (Al-Shibli et al., 2022) secara konsisten melaporkan bahwa daging yang dipanaskan memiliki kadar oksidasi yang jauh lebih tinggi dibandingkan daging mentah. Hal ini terjadi karena panas memicu pelepasan zat besi hem dari mioglobin yang bertindak sebagai katalisator oksidasi lemak. Lebih lanjut, (Santos et al., 2023) menjelaskan bahwa metode perpindahan panas berinteraksi secara kompleks dengan kondisi penyimpanan sebelumnya. Jika daging sudah mengalami oksidasi awal saat disimpan, maka proses pengolahan panas akan memperparah kerusakan struktur molekulnya, yang pada akhirnya dapat menurunkan nilai biologis protein dalam daging tersebut.

Upaya untuk menekan laju kerusakan tersebut sangat bergantung pada efektivitas kemasan dan penggunaan senyawa protektif dalam menjaga kualitas daging. Metode pengemasan yang tepat, seperti pengemasan vakum, merupakan kunci utama untuk meminimalisir kontak oksigen yang memicu oksidasi lemak (Chmiel et al., 2019) dan (Indriani et al., 2026). Di sisi lain, pendekatan biokimia melalui penggunaan antioksidan juga menunjukkan hasil yang positif. (Wang et al., 2022) membuktikan bahwa penambahan senyawa fenolik seperti *pterostilbene* mampu melindungi protein miofibril dari kerusakan akibat pembekuan. Hal ini krusial untuk menjaga kemampuan daging dalam mempertahankan air (*Water Holding Capacity*) sehingga tekstur daging tetap terjaga dan tidak menjadi keras setelah diolah.

Terakhir, penelitian ini mengungkapkan bahwa sensitivitas oksidatif juga dipengaruhi oleh karakteristik intrinsik dari berbagai jenis ayam yang digunakan sebagai sampel. Adanya perbedaan struktur molekul protein yang signifikan antara ayam lokal (seperti ayam Korat atau ayam asli Korea) dibandingkan dengan ayam broiler konvensional saat terpapar kondisi penyimpanan yang sama. Perbedaan respon ini memberikan implikasi penting bagi industri pangan bahwa standarisasi waktu simpan dan metode pengemasan harus disesuaikan dengan jenis daging yang digunakan. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa produk daging tetap memiliki kualitas nutrisi dan keamanan pangan yang optimal hingga sampai ke tangan konsumen (Indriani et al., 2026) dan (Jung et al., 2025).

SIMPULAN, KETERBATASAN DAN SARAN

Oksidasi protein terjadi ketika daging ayam yang tinggi nutrisi, berstruktur otot yang halus dan kadar air yang tinggi berada pada kondisi penyimpanan suhu dan kemasan tidak tepat serta terpapar oksigen menjadi pemicu pertumbuhan mikroorganisme, oksidasi protein pada daging akan diperparah dengan durasi penyimpanan yang lama. Oleh karena itu, disarankan untuk mengoptimalkan penggunaan kemasan vakum atau penambahan pelapis fungsional (*edible coating*) yang mengandung antioksidan alami guna menghambat kontak oksigen yang memicu laju oksidasi lipid dan protein tersebut. Penelitian lebih lanjut perlu diarahkan pada pemetaan profil asam amino secara spesifik pada berbagai jenis daging unggas lokal untuk memvalidasi ambang batas aman durasi penyimpanan beku yang tidak merusak integritas protein secara masif.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Shibli, M. A., Al-Ali, R. M., & Hashim, A. Z. (2022). Oxidative Reaction of Frozen-Stored and Heat Treatments Meat Products. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1060(1), 012063. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1060/1/012063>
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2026, January 7). *Rata-rata Konsumsi Perkapita Seminggu Menurut Kelompok Daging Perkapita Seminggu Menurut Kelompok Daging Per Kabupaten/kota, 2024*. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MjA5NyMy/rata-rata-konsumsi-perkapita-seminggu-menurut-kelompok-daging-per-kabupaten-kota.html>
- Chmiel, M., Roszko, M., Adamczak, L., Florowski, T., & Pietrzak, D. (2019). Influence of storage and packaging method on chicken breast meat chemical composition and fat oxidation. *Poultry Science*, 98(6), 2679–2690. <https://doi.org/10.3382/ps/pez029>
- Costa Filho, D. V., Rocha, T. C. D., Carvalho, J. M. D., Carvalho, L. M. D., Galvão, M. D. S., Pedrao, M. R., Estévez, M., & Madruga, M. S. (2023). Oxidative stability of white striping chicken breasts: Effect of cold storage and heat treatments. *Poultry Science*, 102(8), .<https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102826>
- Demirok Soncu, E. (2020). Protein oxidation and subsequent changes in chicken breast and thigh meats during long-term frozen storage. *Agricultural and Food Science*, 29(5). <https://doi.org/10.23986/afsci.97338>
- Febrianta, H. (2023). Utilization of Chicken Meat in terms of Physical and Chemical Contamination. *Social Economics and Ecology International Journal (SEEIJ)*, 6(1), 40–47. <https://doi.org/10.21512/seeij.v6i1.9281>
- Indriani, S., Srisakultiew, N., Benjakul, S., Andriani, C., Thumanu, K.,

- Kingwascharapong, P., Sai-ut, S., & Pongsetkul, J. (2026). Molecular structural changes of Korat chicken meat as affected by packaging conditions during cold storage: Correlation to textural traits and sensory acceptance. *Poultry Science*, 105(2), 106315. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.106315>
- Jung, Y., Jeong, D., Oh, S., Kim, D., Choo, H.-J., Lee, J.-H., & Jang, A. (2025). Relationship of lipid-protein oxidation with meat quality and volatile organic compounds in Korean native chickens and broilers during frozen storage. *Poultry Science*, 104(10), 105523. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105523>
- Mudawaroch, R. E. (2024). *Lama Penyimpanan Daging Ayam Broiler dalam Kemasan Atmosfer Termodifikasi dalam Suhu Dingin*.
- Nooraldeen, F. (2025). Effect of cold storage on lipid and protein oxidation, microbial spoilage, and physicochemical properties of chicken meat. *Kirkuk University Journal For Agricultural Sciences*, 16(2), 1–10. <https://doi.org/10.58928/ku25.16201>
- Sangadji, I., Jurianto, J., & Rijal, M. (2019). Lama Penyimpanan Daging Ayam Broiler Terhadap Kualitasnya Ditinjau Dari Kadar Protein Dan Angka Lempeng Total Bakteri. *Biosel Biology Science and Education*, 8(1), 47–58. <https://doi.org/10.33477/bs.v8i1.846>
- Santos, S. P. D., Angioletti, B. L., Hoffmann, T. G., Rebezov, M., Shariati, M. A., Temerbayeva, M., Pateiro, M., Lorenzo, J. M., Hlebová, M., Bertoli, S. L., & Krebs De Souza, C. (2023). Interaction of Heat Transfer Methods, Storage Temperature and Packaging Atmosphere on Quality of Processed Chicken Meat. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, e10251. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.10251>
- Sivakumar, P. (2023). Effect of Different Packaging and Frozen Storage Temperature on the Muscle Protein Fractionation of Frozen Broiler Meat. *JOURNAL OF ENVIRONMENT AND BIO-SCIENCE*, 37(01), 1. <https://doi.org/10.59467/JEBS.2023.37.1>
- Triyannanto, E., Rahmatulloh, S., Astuti, D., Putra, T. I. D., Diqna, H. I., & Fauziah, S. (2021). Pengaruh Perbedaan Kemasan Primer pada Kualitas Fisik-Kimia, Mikrobiologi serta Sensoris Daging Ayam Frozen Utuh pada Suhu-18°C. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 16(2), 123–129. <https://doi.org/10.31186/jspi.id.16.2.123-129>
- Wang, Y., Liu, M., Zhou, X., Zang, H., Zhang, R., Yang, H., Jin, S., Feng, X., & Shan, A. (2022). Oxidative stability and gelation properties of myofibrillar protein from chicken breast after post-mortem frozen storage as influenced by phenolic compound-pterostilbene. *International Journal of Biological Macromolecules*,

221, 1271–1281. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.09.088>

- Wazir, H., Chay, S. Y., Ibadullah, W. Z. W., Zarei, M., Mustapha, N. A., & Saari, N. (2021). Lipid oxidation and protein co-oxidation in ready-to-eat meat products as affected by temperature, antioxidant, and packaging material during 6 months of storage. *RSC Advances*, 11(61), 38565–38577. <https://doi.org/10.1039/D1RA06872E>
- Wazir, H., Chay, S. Y., Zarei, M., Hussin, F. S., Mustapha, N. A., Wan Ibadullah, W. Z., & Saari, N. (2019). Effects of Storage Time and Temperature on Lipid Oxidation and Protein Co-Oxidation of Low-Moisture Shredded Meat Products. *Antioxidants*, 8(10), 486. <https://doi.org/10.3390/antiox8100486>