

## Peningkatan Kualitas Penanganan Ikan Tunas dan Rantai Dingin Berkelanjutan melalui Pembelajaran Partisipatif

Hani Widhianata<sup>1</sup>, Sri Rahmawati<sup>2</sup>, Sri Wahyuni<sup>3</sup>, Fidela Dzatadini Wahyudi<sup>4</sup>  
Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Kristen Cipta Wacana, Malang, Indonesia<sup>1,3</sup>  
Teknik Mesin, Universitas Kristen Cipta Wacana, Malang, Indonesia<sup>2</sup>  
Hukum, Universitas Kristen Cipta Wacana, Malang, Indonesia<sup>4</sup>  
haniwidhianata@cwcu.ac.id<sup>1\*</sup>, sriahmawati@cwcu.ac.id, sriwahyuni@cwcu.ac.id,  
fideladzw01@gmail.com,  
\*Corresponding Author

Submit: 24 Mei 2026; revisi: 25 Juni 2026, diterima: 26 Juni 2026

### ABSTRAK

Ikan tuna merupakan komoditas perikanan bernilai tinggi yang rentan terhadap penurunan kualitas tanpa penerapan rantai dingin yang tepat. Namun, keterbatasan pengetahuan masyarakat dalam penanganan ikan masih menjadi tantangan, termasuk pada aktivitas di sekitar fasilitas cold storage yang berjarak 38 km dari Tempat Penangkapan Ikan (TPI). Program pengabdian ini bertujuan meningkatkan kapasitas masyarakat melalui pembelajaran partisipatif dalam monitoring kualitas ikan tuna berbasis pengelolaan rantai dingin. Kegiatan dilaksanakan selama lima bulan dengan melibatkan 45 peserta dan mencakup empat tahap, yaitu penilaian awal, pelatihan Good Handling Practices (GHP), implementasi monitoring suhu pada setiap titik kritis rantai dingin, serta analisis kualitas ikan. Hasil menunjukkan adanya peningkatan kualitas ikan tuna, ditandai dengan kenaikan skor sensorik dari 5,2 menjadi 7,8, penurunan pH dari 6,8 menjadi 6,1, serta peningkatan kepatuhan suhu dari 12% menjadi 89%. Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran partisipatif efektif dalam meningkatkan keterampilan masyarakat sekaligus memperkuat kinerja rantai dingin, yang berdampak pada penurunan kehilangan hasil pascapanen dan peningkatan nilai ekonomi produk perikanan. Selain itu, program ini juga memperkuat kolaborasi antaraktor rantai pasok dalam membangun sistem distribusi ikan yang lebih efisien, berkelanjutan, dan berbasis bukti lapangan di wilayah mitra yang dilakukan secara berkelanjutan dan terintegrasi di lapangan setempat.

**Kata Kunci:** Kualitas, Partisipatif, Pembelajaran, Pemantauan, Tuna

### ABSTRACT

Tuna is a high-value fishery commodity that is highly susceptible to quality deterioration when proper cold chain management is not implemented. However, limited community knowledge regarding fish handling remains a significant challenge, particularly in activities surrounding a cold storage facility located 38 km from the Fish Landing Site (FLS). This community engagement program aimed to enhance local capacity through participatory learning in monitoring tuna quality based on cold chain management principles. The program was conducted over a five-month period and involved 45 participants. It consisted of four stages: baseline assessment, Good Handling Practices (GHP) training, implementation of temperature monitoring at critical cold chain control points, and fish quality analysis. The results demonstrated significant improvements in tuna quality, as indicated by an increase in sensory scores from 5.2 to 7.8, a decrease in pH values from 6.8 to 6.1, and an increase in temperature compliance from 12% to 89%. These findings suggest that a participatory learning approach is effective in enhancing community skills while strengthening cold chain performance, thereby reducing post-harvest losses and increasing the economic value of fishery products. Furthermore, the program fostered collaboration among supply chain stakeholders in developing a more efficient, sustainable, and evidence-based fish distribution system within the partner community through continuous and integrated field-based implementation.

**Keywords:** Quality, Monitoring, Participatory, Learning, Tuna.



Copyright © 2026 The Author(s)

This is an open access article under the CC BY-SA license.

## PENDAHULUAN

Ikan tuna merupakan salah satu komoditas perikanan bernilai ekonomi tinggi yang memiliki peran strategis dalam perdagangan perikanan nasional maupun global. Indonesia merupakan salah satu produsen tuna terbesar di dunia dengan kontribusi signifikan terhadap produksi dan nilai ekspor perikanan, dengan volume mencapai sekitar 1,1 juta ton per tahun atau setara dengan 15% produksi tuna global (Renstra, 2025; KAF, 2025). Komoditas ini tidak hanya berkontribusi pada peningkatan devisa negara, tetapi juga menjadi sumber penghidupan utama bagi masyarakat pesisir yang bergantung pada sektor perikanan (Simanjuntak et al., 2024). Namun demikian, tingginya volume produksi tersebut belum sepenuhnya diimbangi oleh sistem penanganan pascapanen yang mampu menjaga mutu dan nilai ekonomi produk secara berkelanjutan di sepanjang rantai pasok, dimana Keputusan dalam rantai pasok dapat mempengaruhi ketersediaan produk dan efisiensi operasional (Mayasari et al., 2024). Secara biologis, ikan tuna merupakan bahan pangan yang sangat mudah mengalami penurunan kualitas akibat aktivitas enzimatis, mikrobiologis, dan kimiawi setelah proses penangkapan. Kondisi ini berlangsung lebih cepat pada lingkungan bersuhu tropis. Dalam konteks ini, rantai dingin (cold chain) menjadi elemen krusial dalam mempertahankan mutu, keamanan, dan kesegaran ikan. Pengendalian suhu berperan dalam memperlambat pertumbuhan mikroorganisme, menekan aktivitas enzim pembusuk, serta mengurangi risiko pembentukan histamin yang dapat menyebabkan keracunan skomroid (James et al., 2006; Huss, 1995; Prester, 2011). Penyimpanan pada suhu di bawah 4°C juga terbukti dapat memperpanjang umur simpan ikan hingga 2–3 kali dibandingkan penyimpanan pada suhu ruang (Siahaan et al., 2022).

Dalam praktiknya, implementasi rantai dingin di negara berkembang masih menghadapi berbagai keterbatasan yang bersifat multidimensi. FAO (2023) menegaskan bahwa efektivitas sistem rantai dingin tidak hanya bergantung pada teknologi, tetapi juga pada faktor institusional, organisasi, dan kapasitas sumber daya manusia. Kondisi ini tercermin dari tingginya kehilangan hasil pascapanen di sektor perikanan yang masih mencapai 20–40%, dengan ketidakterkendalian suhu sebagai faktor dominan (FAO, 2022). Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan yang jelas antara standar ideal pengelolaan rantai dingin dan praktik yang terjadi di lapangan. Kesenjangan tersebut juga terlihat pada rantai distribusi ikan tuna di wilayah pesisir selatan Jawa Timur, khususnya pada alur dari Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Pondok Dadap, Sendang Biru menuju fasilitas cold storage di Turen, Kabupaten Malang yang berjarak sekitar 38 km. Dalam proses distribusi, ikan sering terpapar suhu lingkungan 25–35°C yang mempercepat penurunan mutu dan meningkatkan risiko kehilangan hasil pascapanen (Wibowo et al., 2024). Selain itu, keterbatasan infrastruktur rantai dingin dan sistem distribusi yang belum terintegrasi menyebabkan pengendalian suhu tidak berjalan secara konsisten hingga tahap penyimpanan akhir.

Dari sisi pelaku usaha, tantangan utama juga terletak pada rendahnya pemahaman dan keterampilan dalam menerapkan Good Handling Practices (GHP) secara konsisten. GHP sendiri merupakan pendekatan penting dalam menjaga keamanan dan mutu pangan sepanjang rantai penanganan dan distribusi (Zain & Kamarudin, 2020). Namun, nelayan dan penangan skala kecil sering bekerja dengan sumber daya terbatas serta belum memiliki akses pelatihan yang sesuai dengan konteks lapangan (FAO, 2020). Studi menunjukkan bahwa pendekatan pelatihan yang berbasis praktik langsung, demonstrasi, dan pembelajaran interaktif lebih efektif dalam mengubah perilaku penanganan dibandingkan metode instruksional konvensional (Bettridge et al., 2022; Bai, 2023). Berbagai upaya peningkatan mutu hasil perikanan telah dilakukan melalui pelatihan teknis, inovasi pengolahan, dan penguatan sistem rantai dingin berbasis teknologi (Budiyanto et al., 2023; Guaya et al., 2025). Namun, sebagian besar intervensi tersebut masih berorientasi pada transfer pengetahuan, belum sepenuhnya menempatkan masyarakat sebagai aktor utama dalam proses pengawasan mutu di setiap titik rantai dingin. Padahal, efektivitas sistem ini sangat ditentukan oleh keterlibatan langsung pelaku lapangan dalam monitoring suhu secara konsisten dan berkelanjutan.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan pendekatan pemberdayaan yang lebih partisipatif

dalam penguatan kapasitas masyarakat. Pembelajaran partisipatif tidak hanya berfokus pada peningkatan pengetahuan, tetapi juga pada penguatan keterampilan praktis melalui keterlibatan langsung dalam observasi, pencatatan, dan pengambilan keputusan di lapangan. Dalam konteks rantai dingin, monitoring suhu pada setiap titik kritis menjadi aspek penting dalam menjaga kualitas ikan tuna secara berkelanjutan. Oleh karena itu, program pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan untuk memberdayakan pelaku penangan dan pengolah ikan lokal melalui pembelajaran partisipatif dalam monitoring kualitas ikan tuna berbasis pengelolaan rantai dingin. Program ini menekankan keterlibatan aktif masyarakat dalam pengawasan suhu mulai dari pascapenangkapan, transportasi, penerimaan di cold storage, hingga penyimpanan, sehingga diharapkan mampu meningkatkan kapasitas teknis, mengurangi kehilangan hasil pascapanen, serta meningkatkan nilai ekonomi ikan tuna secara berkelanjutan

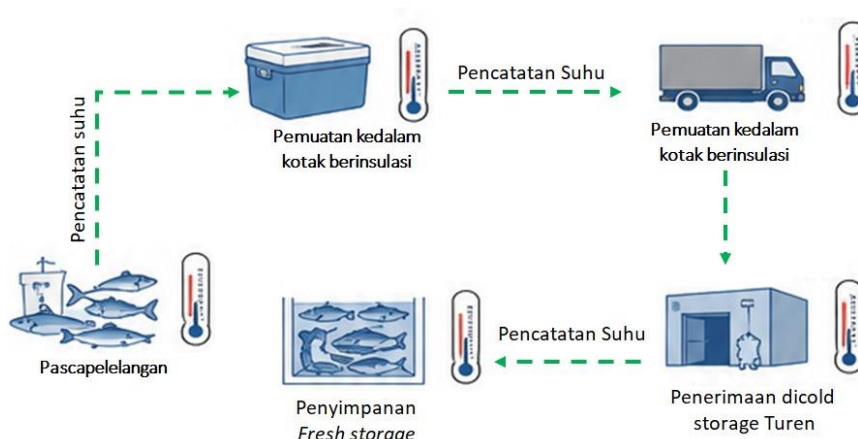
## METODE

Penelitian berbasis pengabdian ini menggunakan pendekatan Participatory Action Research (PAR) yang menempatkan masyarakat sebagai mitra aktif dalam seluruh siklus kegiatan, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, hingga evaluasi. Pendekatan ini dipilih karena tidak hanya berorientasi pada transfer pengetahuan, tetapi juga pada produksi pengetahuan yang bersifat aplikatif melalui keterlibatan langsung masyarakat dalam proses tindakan, refleksi, dan perbaikan berkelanjutan (Reason & Bradbury, 2008). Program ini dilaksanakan selama lima bulan, yaitu Januari hingga Mei 2026, di dua lokasi utama, yakni Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Pondok Dadap, Sendang Biru sebagai titik awal rantai pasok ikan tuna, serta Desa Tawangrejeni, Kecamatan Turen, Kabupaten Malang sebagai pusat cold storage dan distribusi. Sebanyak 50 partisipan dilibatkan melalui teknik purposive sampling yang merepresentasikan aktor kunci dalam rantai pasok ikan tuna, meliputi nelayan, pelaku transportasi, penangan pascapanen, pedagang, dan pengolah ikan. Objek kegiatan adalah ikan tuna segar jenis cakalang (*Katsuwonus pelamis*) dan tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*) dengan total volume sekitar 1 ton yang dikumpulkan dalam waktu maksimal dua jam setelah pelelangan pada suhu lingkungan 28–32°C.

Tahap perencanaan dilakukan melalui baseline assessment untuk memetakan kondisi awal sistem rantai dingin ikan tuna. Kegiatan ini mencakup observasi lapangan, wawancara dengan pelaku rantai pasok, serta identifikasi titik kritis penurunan mutu ikan dari hulu hingga hilir. Pada tahap ini juga dilakukan koordinasi dengan pemangku kepentingan, penentuan partisipan, serta persiapan instrumen, termasuk kalibrasi alat ukur suhu, pH, dan perangkat pemantauan. Selain itu, dilakukan persiapan infrastruktur seperti instalasi cold storage dan uji coba alat data logger serta termometer digital. Tahap pelaksanaan dilakukan melalui kegiatan penguatan kapasitas dan implementasi intervensi lapangan. Penguatan kapasitas diberikan dalam bentuk lokakarya yang mencakup materi pembusukan ikan, Good Handling Practices (GHP), manajemen rantai dingin, serta teknik participatory temperature monitoring. Selanjutnya, dilakukan implementasi pilot rantai dingin pada distribusi ikan tuna dari TPI menuju fasilitas cold storage. Dalam tahap ini, partisipan secara aktif melakukan pengukuran suhu pada titik-titik kritis rantai pasok, yaitu pascapelelangan, selama transportasi dengan interval 30 menit, saat penerimaan di cold storage, dan selama penyimpanan. Selain itu, dilakukan pengukuran pH serta penilaian kualitas sensorik ikan menggunakan skala hedonik 9 poin. Seluruh proses diintegrasikan dalam siklus PAR yang mencakup tindakan, observasi, dan refleksi untuk memperbaiki praktik secara berkelanjutan di lapangan. Tahap evaluasi dilakukan untuk menilai efektivitas intervensi terhadap perbaikan kualitas ikan dan kepatuhan rantai dingin. Evaluasi dilakukan melalui analisis perubahan suhu, nilai pH, serta kualitas sensorik sebelum dan sesudah intervensi. Kepatuhan suhu dihitung berdasarkan persentase waktu penyimpanan ikan pada suhu di bawah 4°C. Seluruh data dianalisis menggunakan uji t berpasangan dan ANOVA pada taraf signifikansi 0,05 dengan bantuan perangkat lunak SPSS versi 27. Hasil evaluasi kemudian didiskusikan bersama partisipan sebagai bagian dari proses refleksi untuk merumuskan rekomendasi perbaikan sistem rantai dingin yang lebih efektif dan berkelanjutan. Adapun diagram alir dari kegiatan dan proses monitoring suhu ini di sajikan pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Diagram Alir Kegiatan



Gambar 2. Proses Monitoring Suhu

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Keterlibatan Masyarakat

Program menghasilkan peningkatan signifikan dalam pengetahuan peserta. Peserta menunjukkan pemahaman yang jelas tentang hubungan pengendalian suhu dan kualitas ikan, serta kemampuan praktis menggunakan termometer untuk monitoring suhu pada setiap rantai. Diskusi kelompok setelah pelatihan menunjukkan adanya sikap positif yaitu terbentuk kesadaran untuk monitoring mandiri (Gambar 3).

Program pembelajaran partisipatif ini juga mendorong pengembangan dan pembentukan tim pengelolaan rantai dingin yang terdiri dari perwakilan setiap kelompok, menyediakan mekanisme institusional untuk koordinasi dan pengambilan keputusan berkelanjutan.



Gambar 3. Kegiatan Training Monitoring Suhu



Gambar 4. Kegiatan Penilaian kualitas ikan tuna di Cold Storage Turen



Gambar 5. Praktek Penanganan Yang Baik (GHP) di Cold Storage Turen

### Hasil Peningkatan Kualitas

Tuna yang ditangani dengan menerapkan petunjuk praktis menunjukkan kualitas yang lebih unggul pada semua parameter (Tabel 1). Skor sensorik meningkat dari 5,2 menjadi 7,8 sedangkan nilai pH menurun dari 6,8 menjadi 6,1. Kepatuhan suhu meningkat dari 12% menjadi 89%, meskipun belum mencapai target 95% karena faktor transportasi. Data monitoring suhu partisipatif oleh peserta menunjukkan pola konsisten, yang menunjukkan kemampuan masyarakat melakukan monitoring secara akurat dan mandiri.

Tabel 1. Perbandingan Parameter Kualitas Tuna Sebelum dan Sesudah Intervensi

| Parameter              | Awal      | Pascaintervensi | Batas Regulasi       |
|------------------------|-----------|-----------------|----------------------|
| Skor Sensorik (9 poin) | 5,2 ± 0,8 | 7,8 ± 0,6       | ≥ 5 (dapat diterima) |
| pH                     | 6,8 ± 0,3 | 6,1 ± 0,2       | ≤ 6,5 (segar)        |
| Kepatuhan Suhu         | 12%       | 89%             | Target > 95%         |

Tabel 2. Protokol Rantai Dingin dan Titik Monitoring Suhu Dengan Termometer.

| Tahapan                   | Suhu Target | Titik Monitoring Suhu                                  |
|---------------------------|-------------|--|
| Pelelangan → Transportasi | 0–4°C       | Suhu ikan pasca pelelangan dan dalam kotak pendinginan |
| Penerimaan di Turen       | < 4°C       | Suhu ikan saat tiba di cold storage                    |
| Penyimpanan Segar         | 0–2°C       | Suhu cold room dan permukaan ikan setiap 4 jam         |
| Penyimpanan Beku          | -18°C       | Suhu blast freezer dan inti ikan                       |
| Distribusi                | < 4°C       | Suhu saat pemuatan dan saat tiba di tujuan             |



Gambar 6. Monitoring Suhu Partisipatif Pasca Pelelangan dan Dalam Kotak Pendinginan



Gambar 7. Monitoring Suhu Partisipatif Pada Saat Penerimaan di Cold Storage Turen



Gambar 8. Monitoring Suhu Partisipatif Pada Saat Distribusi

### Dampak Ekonomi dan Manfaat Masyarakat

Ikan tuna yang ditangani di bawah sistem rantai dingin terpadu mengalami penurunan kehilangan pascapanen dari 25-30% menjadi 10-15%. Perbaikan ini dapat mempresentasikan peningkatan 30-45% dalam pendapatan. Kegiatan monitoring suhu menggunakan termometer secara khusus memberdayakan peserta dengan keterampilan praktis yang dapat diterapkan secara mandiri, meningkatkan kepercayaan diri mereka dalam mengelola kualitas ikan tanpa bergantung pada pihak eksternal. Pembentukan fasilitas cold storage juga menciptakan titik fokus untuk interaksi sosial dan kerjasama masyarakat, memperkuat ikatan sosial dan kapasitas aksi kolektif. Isi hasil dan pembahasan dapat berupa jabaran hasil dan temuan selama melakukan kegiatan pengabdian. Konten ini disajikan dalam bentuk teks yang dilengkapi dengan tabel, gambar, ataupun grafik. Hindari hasil yang hanya berupa angka, namun dapat mendeskripsikan apa yang menjadi temuan saat kegiatan pengabdian kepada masyarakat tersebut berlangsung, respon masyarakat dan ketercapaian dari kegiatan. Hasil program mendemonstrasikan bahwa pendekatan partisipatif berbasis masyarakat terhadap pengelolaan rantai dingin dapat mencapai perbaikan bermakna dalam kualitas tuna dan hasil ekonomi. Pelatihan monitoring suhu menggunakan termometer terbukti sangat efektif dalam membangun keterampilan monitoring mandiri, karena memberikan umpan balik langsung dan terukur kepada peserta tentang kondisi rantai dingin. Kepatuhan suhu 89%, meskipun meningkat signifikan, belum mencapai target 95%. Kesenjangan ini disebabkan oleh faktor transportasi karena keterbatasan infrastruktur dan kendala logistik. Peserta yang aktif terlibat dalam kegiatan monitoring suhu menunjukkan tingkat kepatuhan praktek yang lebih tinggi, mengindikasikan bahwa pengukuran suhu yang teratur berfungsi sebagai pengingat dan penguat perilaku. Program selanjutnya perlu menggabungkan komponen monitoring suhu partisipatif yang lebih intensif untuk mendukung transisi dari akuisisi pengetahuan ke adopsi perilaku.

Hasil program ini sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya yang menegaskan bahwa pengelolaan rantai dingin yang konsisten dan berbasis praktik lapangan mampu meningkatkan kualitas hasil perikanan secara signifikan (Widhianata & Lidiastuti, 2025). Studi FAO (2020) menunjukkan bahwa pengendalian suhu yang tidak stabil merupakan faktor utama penurunan mutu ikan, sementara penerapan sistem monitoring sederhana seperti termometer dapat secara efektif meningkatkan kepatuhan terhadap standar kualitas. Temuan ini juga memperkuat hasil penelitian Huss (1995) dan James et al. (2017) yang menyatakan bahwa pelatihan berbasis praktik (*hands-on training*) lebih efektif dalam meningkatkan keterampilan teknis dan perubahan perilaku dibandingkan pendekatan teoritis. Selain itu, hasil ini konsisten dengan konsep *Participatory Action Research* (Kemmis & McTaggart, 2005) yang menekankan bahwa keterlibatan aktif masyarakat dalam proses pembelajaran dan monitoring mendorong terjadinya transformasi pengetahuan menjadi praktik nyata. Pemberdayaan masyarakat sangat diperlukan karena manfaatnya akan dirasakan oleh masyarakat (Sriyanto et al., 2024). Dengan demikian, peningkatan kualitas ikan tuna, kepatuhan suhu, serta pemberdayaan

masyarakat melalui monitoring partisipatif dalam penelitian ini memperkuat bukti bahwa pendekatan edukasi partisipatif dalam pengelolaan rantai dingin tidak hanya meningkatkan aspek teknis, tetapi juga membangun kapasitas kelembagaan dan keberlanjutan praktik di tingkat komunitas.

## SIMPULAN DAN SARAN

Program pengabdian masyarakat berbasis *Participatory Action Research* (PAR) ini menunjukkan bahwa intervensi melalui pelatihan dan praktik langsung pengelolaan rantai dingin mampu meningkatkan pengetahuan, keterampilan, dan kesadaran masyarakat dalam menjaga kualitas ikan tuna. Penerapan monitoring suhu menggunakan termometer pada setiap titik rantai dingin terbukti efektif dalam meningkatkan kepatuhan suhu dari 12% menjadi 89%, serta memperbaiki kualitas ikan berdasarkan parameter sensorik dan pH. Selain itu, program ini juga mendorong terbentuknya tim pengelola rantai dingin sebagai mekanisme kelembagaan lokal yang mendukung keberlanjutan praktik. Dampak ekonomi juga terlihat melalui penurunan kehilangan pascapanen dari 25–30% menjadi 10–15%, yang berkontribusi pada peningkatan pendapatan masyarakat. Secara keseluruhan, pendekatan partisipatif ini tidak hanya meningkatkan aspek teknis pengelolaan hasil perikanan, tetapi juga memperkuat kapasitas kolektif masyarakat dalam pengambilan keputusan dan pengelolaan sumber daya secara berkelanjutan. Saran untuk program selanjutnya adalah memperkuat segmen transportasi sebagai titik kritis dalam rantai dingin melalui peningkatan fasilitas dan sistem logistik agar kepatuhan suhu dapat mencapai target yang ditetapkan. Selain itu, diperlukan penguatan keberlanjutan sistem monitoring suhu partisipatif dan kelembagaan pengelola rantai dingin agar peningkatan kualitas ikan tuna yang telah dicapai dapat dipertahankan dan dioptimalkan secara mandiri oleh komunitas.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta kerja sama selama pelaksanaan kegiatan ini. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada masyarakat sekitar Cold Storage Turen yang berpartisipasi aktif dalam kegiatan ini dan pihak pengelola Cold Storage Turen, Kabupaten Malang, atas kesempatan, fasilitas, dan partisipasi aktif dalam kegiatan pembelajaran serta pendampingan monitoring kualitas ikan tuna pada pengelolaan rantai dingin. Semoga kegiatan ini dapat memberikan manfaat dalam meningkatkan pengetahuan dan keterampilan masyarakat mengenai pentingnya pengelolaan rantai dingin guna menjaga mutu dan keamanan ikan tuna, serta mendukung pengembangan sektor perikanan yang berkelanjutan di Kabupaten Malang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bai, L., Liu, M., & Sun, Y. (2023). *Overview of Food Preservation and Traceability Technology in the Smart Cold Chain System*. *Foods*, 12(15), 2881. <https://doi.org/10.3390/foods12152881>
- Bettridge, J, Thomas, L, Mutua, F, Pal, H & Grace, D. (2022). Review of Food Safety Training in Low- and Middle-Income Countries. *Edinburgh Research Explorer Review*.
- Budiyanto, M. A., Imamudiena, O., Arnas, L., Alhamid, M. I., & Shinoda, T. (2023). ScienceDirect Air flow distribution and cooling performance on modular cold storage for fishery commodity. *Energy Reports*, 9(February), 162–171. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.05.241>
- Chakma, S., Rahman, A., Kanti, S., & Debnath, S. (2022). Influence of frozen storage period on the biochemical, nutritional, and microbial quality of Skipjack tuna ( *Katsuwonus pelamis* ) collected from the Bay of Bengal coast of Bangladesh. *Food Chemistry Advances*, 1(November), 100139. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100139>
- Chu, Y., Ding, Z., Wang, J., Xie, J., & Ding, Y. (2023). Food Chemistry : X Factors affecting the quality of frozen large yellow croaker ( *Pseudosciaena crocea* ) in cold chain logistics : Retention time and temperature fluctuation. *Food Chemistry: X*, 18(March), 100742. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100742>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. In *Sage publications*.

- FAO. (2020). *The State of Food And Agriculture Overcoming Water Challenges in Agriculture*.
- FAO. (2022). *The State of World Fisheries And Aquaculture*.
- FAO. (2023). *Food And Agriculture Revealing The True Cost Of Food To Transform Agrifood Systems*.
- Firdaus, M., Syah, M., Navaranjan, N., & Demirovic, A. (2024). Food cold chain logistics and management : A review of current development and emerging trends. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18(July), 101343. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101343>
- Guaya, D., Romero-benavides, J. C., & Fierro, N. (2025). *Integrating Project-Based and Community Learning for Cross-Disciplinary Competency Development in Nutrient Recovery*. 1–34.
- Hasna, H., Panjaitan, P. S. ., & Napitupulu, R. J. (2025). *Implementation Of Cold Chain System In Frozen Yellowfin Tuna (Thunnus albacares) Saku*. 7(2), 293–304. <https://doi.org/10.15578/aj.v7i2.15456>
- Huang, Y., Xie, X., Younas, S., Liu, C., & Wang, X. (2025). *Quality Changes in Live Ruditapes philippinarum During “ Last Mile ” Cold Chain Breakage : Effect of Packaging*.
- Huss, H. H. (1995). *Quality and quality changes in fresh fish*.
- James, S. J., James, C., & Evans, J. A. (2006). *Modelling of food transportation systems e a review ´ lisation des syste ` mes de transport utilise ´ s pour Revue de la mode ´ es alimentaires les denre*. 29. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2006.03.017>
- KAF. (n.d.). *Berkat Potensi Laut, Indonesia Dominasi Industri Tuna Dunia*.
- Mayasari, S., Oktyajati, N., Utomo, M.F.B.U., Bila, I.C., Dewayasa, A. (2024). *Pengenalan ilmu manajemen rantai pasok dengan model simulasi beer game pada siswa SMK*. *Educate. Journal of Community Service in Education*. 4(2). pp. 90-97.
- Marchi, B., & Zanoni, S. (2022). *Cold Chain Energy Analysis for Sustainable Food and Beverage Supply*. 1–16.
- Montejo, U., Tadifa, G., Chiuco, M., Yleaña, J., Tanangonan, I., & Banicod, R. J. (2025). *Policy brief mitigating postharvest losses in the high seas : strategic interventions for sustainable tuna fisheries*. *September*, 1–10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2025.1602869>
- Pratama, A., & Firdaus, R. O. (2025). *Logistical and Operational Challenges in Cold Chain Systems for Fishery Products in Developing Countries : A Literature Review*. 13(2), 234–245.
- Prester, L. (2011). Food Additives & Contaminants : Part A : Chemistry , Analysis , Control , Exposure & Risk Assessment Biogenic amines in fish , fish products and shellfish : a review. *Food Additives and Contaminants Vol. 28, No. 11, November 2011, 1547–1560, July 2012, 37–41*.
- Qian, J., Yu, Q., Jiang, L., Yang, H., & Wu, W. (2022). Food cold chain management improvement : A conjoint analysis on COVID-19 and food cold chain systems. *Food Control*, 137(April 2021), 108940. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108940>
- Radja, C. M., Akerina, F. O., & Kour, F. (2025). *Analisis Kualitas Ikan Tuna Segar berdasarkan Kadar Histamin pada PT. Harta Samudra Morotai*. 3(2).
- Ramírez-fajardo, A. F. (2026). *Clean-Label Preservation of Refrigerated Bluefin Tuna Using Astaxanthin : Effects of Immersion Treatments and Packaging Conditions*. 1–18.
- Reason, P., & Bradbury, H. (2008). *The SAGE Handbook of Action Research Participative Inquiry and Practice*.
- Renstra, 2025. (2019). Kementerian Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Kementerian Kelautan Dan Perikanan. *Kkp.Go.Id*, 16, 1.
- Sahar, D. P., Afifudin, M. T., & Pattimura, U. (2025). *Tuna Supply Chain Risk Analysis In The Banda Neira*. 13(2), 129–147.
- Silva, P. (2025). *Enhancing Adolescent Food Literacy Through Mediterranean Diet Principles : From Evidence to Practice*. 1(2024), 1–20.
- Simanjuntak, S. E. M., Febriyanti, E., Sibero, A. F. ., Awidyah, Fadillah Wulandari5, S. M. S., & Julita, D. (2024). Pemberdayaan Kelompok Posyandu Dalam Inovasi Nugget Tuna Sebagai Upaya Penanganan Balita Stunting Di Pesisir Belawan Sicanang Siska. *Jurnal Kreativitas Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM)*, 5453–5462.
- Sriyanto, Amrullah, M.F., Baidowi, A., Yulianto, E, Indriana, E., Salima, D. (2024). *Pendampingan pembuatan biopori sebagai usaha konservasi air tanah*. *Educate. Journal of Community Service in Education*. 4(1), pp. 1-5.
- Suárez-Medina, M. D., Sáez-Casado, M. I., & Martínez-Moya, T. (2024). The Effect of Low Temperature

- Storage on the Lipid Quality of Fish , Either Alone or Combined with Alternative. *Foods*.  
Tavares, J., Martins, A., Fidalgo, L. G., Lima, V., Amaral, R. A., Pinto, C. A., Silva, A. M., & Saraiva, J. A. (2021). *Physical Emerging Technologies*. 1–20.
- Ticoalu, L. D., Ariani, R. S., & Wahyuni, H. S. (2021). ( *The Concept Of Social Work As An Alternative To*. 2(7), 555–567.
- Wibowo, A. (2020). Masalah dan Tantangan Penyuluhan Pertanian di Era Pandemi Covid-19 : Review. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian UNS*, 4(1), 278–287. <https://jurnal.fp.uns.ac.id/index.php/semnas/article/view/1673/1002>
- Wibowo, R. T. J., Marimin, Machfud, Elisa Anggraeni, & Taryono. (2024). *Sustainable Cold Supply Chain Management Of Tuna Agro- Industry: A Systematic Literature Review And Future Research Rb*. 27, 847–871.
- Widhianata, H. & Lidiastuti, A.E. (2025). *Effectiveness of herbs and spices as natural antioxidants in preserving tuna (Thunnus sp.) and nile tilapia (Oreochromis niloticus): Enhancing microbial safety and shelf life*. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. 11(11).<https://jppipa.unram.ac.id/index.php/jppipa/index>
- Yang, Y., & Lin, H. (2026). *Cold supply chain of longline tuna and transport choice*. 2(4), 349–366. <https://doi.org/10.1108/MABR-11-2017-0027>
- Zain, A. R., & Kamarudin, A. P. (2020). *Teknologi Pascapanen dan Pengolahan Hasil Pertanian*. Media Sains Indonesia.