

## Literature Review: Penggunaan Teknologi *Cold Chain* Dan *Smart Packaging* Dalam Meningkatkan Kualitas Dan Mengurangi *Food Loss* Pada Komoditas Hortikultura Indonesia

*Literature Review: The Use Of Cold Chain And Smart Packaging Technology To Improve Quality And Reduce Food Loss In Indonesian Horticultural Commodities*

Windi Aryani<sup>1</sup>, Robby Azhar Aqila<sup>2</sup>, Ilmiasa Saliha<sup>3</sup>, Tri Ulfa Agustiyani<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Singaperbangsa Karawang

<sup>3</sup>Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Singaperbangsa Karawang

<sup>4</sup>Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa

E-mail: <sup>1</sup>aryaniwindi26@gmail.com, <sup>2</sup>rg0560920@gmail.com\*,

<sup>3</sup>ilmiasa.saliha@faperta.unsika.ac.id\*, <sup>4</sup>ulfa@pelitabangsa.ac.id\*

### Abstract

*Indonesia, as an agricultural and tropical country, still faces serious problems in the form of food loss in horticultural commodities, which in the 2024–2025 period is estimated to reach 29.4% of total production, with the highest loss rate occurring in vegetables at 62.8%. The high food loss is caused by the perishable nature of horticultural commodities, suboptimal post-harvest handling, limited cold chain infrastructure, and the length of the distribution chain. This study aims to analyze the role and synergy of Cold Chain and Smart Packaging technology in increasing supply chain efficiency and reducing food loss in horticultural commodities in Indonesia. This study uses the Systematic Literature Review (SLR) method by analyzing  $\pm 30$  scientific articles published in the 2015–2025 period, obtained from the Google Scholar, ScienceDirect, Web of Science databases, and accredited national journals. The results of the study indicate that the implementation of the Cold Chain system can reduce the level of damage to horticultural products by 25–30% based on findings in several previous studies, through temperature control that slows enzymatic activity and microorganism growth. Meanwhile, Smart Packaging technology plays a role in real-time product quality monitoring through visual indicators and sensors, enabling early detection of product quality decline throughout the supply chain. Scientifically, this study contributes by strengthening the conceptual framework for integrating Cold Chain and Smart Packaging as a systemic approach to reducing horticultural food loss. The synergy between these two technologies has the potential to support the development of an efficient, adaptive, and sustainable food supply chain in Indonesia.*

**Keywords:** *Cold Chain, Smart Packaging, Horticultural, Food Loss, Supply Chain*

### Abstrak

Indonesia sebagai negara agraris dan tropis masih menghadapi permasalahan serius berupa kehilangan pangan (Food Loss) pada komoditas hortikultura, yang pada periode 2024–2025 diperkirakan mencapai 29,4% dari total produksi, dengan tingkat kehilangan tertinggi terjadi pada sayuran sebesar 62,8 %. Tingginya food loss tersebut disebabkan oleh sifat komoditas hortikultura yang mudah rusak, penanganan pascapanen yang belum optimal, keterbatasan infrastruktur rantai dingin, serta panjangnya rantai distribusi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran dan sinergi teknologi Cold Chain dan Smart Packaging dalam meningkatkan efisiensi rantai pasok serta menekan food loss komoditas hortikultura di Indonesia. Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) dengan menganalisis  $\pm 30$  artikel ilmiah yang dipublikasikan dalam rentang 2015–2025, yang diperoleh dari basis data Google Scholar, ScienceDirect, Web of Science, serta jurnal nasional terakreditasi. Hasil kajian menunjukkan bahwa penerapan sistem Cold Chain mampu menurunkan tingkat kerusakan produk hortikultura hingga 25–30% berdasarkan

temuan pada beberapa studi terdahulu, melalui pengendalian suhu yang memperlambat aktivitas enzimatis dan pertumbuhan mikroorganisme. Sementara itu, teknologi Smart Packaging berperan dalam pemantauan mutu produk secara real-time melalui indikator visual dan sensor, sehingga memungkinkan deteksi dini penurunan kualitas produk sepanjang rantai pasok. Secara ilmiah, kajian ini memberikan kontribusi berupa penguatan kerangka konseptual integrasi Cold Chain dan Smart Packaging sebagai pendekatan sistemik dalam pengurangan food loss hortikultura. Sinergi kedua teknologi tersebut berpotensi mendukung pengembangan rantai pasok pangan yang efisien, adaptif, dan berkelanjutan di Indonesia.

**Kata kunci:** *Cold Chain, Smart Packaging, Hortikultura, Food Loss, Rantai Pasok*

## Pendahuluan

Indonesia adalah negara agraris dan tropis dengan banyak komoditas hortikultura. Sektor hortikultura memegang peranan strategis dalam mendukung ketahanan pangan nasional, namun masih dihadapkan pada permasalahan signifikan berupa kehilangan pangan (*Food Loss and waste*). Berdasarkan Statistik Terkini Ekonomi Pertanian 2025 yang diterbitkan oleh Pusdatin Kementerian Pertanian, tingkat kehilangan pada komoditas hortikultura selama periode 2024–2025 diperkirakan mencapai sekitar 29,4% dari total produksi [1]. Di antara berbagai komoditas hortikultura, sayuran merupakan kelompok yang mengalami tingkat kehilangan dan pemborosan tertinggi, yakni mencapai 62,8% [2]. Kondisi ini tergolong ironis, mengingat hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) menunjukkan bahwa sebagian besar masyarakat Indonesia justru kurang mengonsumsi sayur dan buah. Sekitar 95% penduduk berusia di atas lima tahun tercatat mengonsumsi keduanya dalam jumlah kurang dari lima porsi per hari (Kemenkes, 2018) [2]. Persentase kehilangan tertinggi terjadi pada komoditas sayuran dan buah-buahan segar, yang disebabkan oleh penanganan pascapanen yang belum optimal, keterbatasan infrastruktur rantai dingin, serta panjangnya jalur distribusi.

Kondisi tersebut mengindikasikan pentingnya peningkatan efisiensi rantai pasok dan penerapan teknologi pascapanen guna menjaga kualitas serta ketersediaan produk hortikultura secara berkelanjutan. Kehilangan pangan (*Food Loss*) merujuk pada penurunan nilai baik dari segi kuantitas maupun kualitas pangan yang terjadi pada tingkat pemasok atau produsen pangan, seperti petani. Sementara itu, limbah pangan (*food waste*) menggambarkan penurunan nilai kuantitas dan kualitas pangan yang disebabkan oleh tindakan konsumen, pengecer, maupun penyedia layanan pangan. Definisi tersebut mengacu pada penjelasan yang dikemukakan oleh FAO 2019 [3].

Komoditas hortikultura seperti buah, sayur, dan umbi merupakan bahan biologis yang sangat mudah rusak karena tetap menjalankan aktivitas metabolik meskipun telah dipanen. Proses biokimia pascapanen tersebut menyebabkan penurunan mutu secara bertahap, meliputi perubahan warna, tekstur, aroma, rasa, dan kandungan nutrisi, yang berdampak pada turunnya nilai jual serta kelayakan konsumsi [4]. Oleh sebab itu, penanganan pascapanen yang tidak tepat dapat mempercepat kerusakan dan meningkatkan kehilangan hasil sepanjang rantai pasok.

Penanganan *Food Loss* dan *food waste* memberikan dampak positif bagi keberlanjutan hortikultura global. Meskipun kemasan sering dianggap berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan (INCPEN & WRAP, 2019), teknologi pengemasan sejatinya berperan penting dalam melindungi makanan, memperpanjang umur simpan, serta mengurangi kehilangan pangan [5]. Selain tersedia dalam berbagai ukuran, kemasan juga berfungsi sebagai media informasi bagi konsumen mengenai cara penyimpanan dan penggunaan produk yang tepat, sekaligus memperlambat degradasi bahan

pangan segar. Sejumlah penelitian telah menyoroti peran dan inovasi teknologi kemasan dalam upaya pengurangan *Food Loss* dan *food waste* (Wikström et al., 2019) [6].

*Cold Chain* dan *Smart Packaging* merupakan inovasi teknologi yang berpotensi besar dalam mengatasi permasalahan penanganan pascapanen hortikultura. Sistem *Cold Chain* berfokus pada pengendalian suhu untuk menjaga kesegaran produk, sementara *Smart Packaging* berfungsi dalam pemantauan dan komunikasi kondisi produk secara real time. Kolaborasi antara logistik pascapanen dan kecerdasan buatan (AI) terbukti mampu meningkatkan efisiensi serta menekan biaya penanganan, sehingga mendukung pengembangan sistem logistik hasil pertanian (Yang & Huang, 2021). Penerapan AI berperan penting dalam *Cold Chain* logistics dan smart warehousing untuk meminimalkan kehilangan pascapanen. *Cold Chain* sendiri merupakan bagian dari rantai pasok yang berfungsi menjaga kestabilan suhu produk selama proses pengumpulan, pengolahan, hingga distribusi kepada konsumen (Ramdhani et al., 2023). Kajian literatur ini bertujuan untuk menganalisis secara komprehensif sinergi antara kedua teknologi tersebut serta potensi penerapannya dalam meningkatkan efisiensi dan ketahanan rantai pasok hortikultura di Indonesia.

## Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) untuk mengidentifikasi berbagai metode dan peran teknologi pengemasan dalam pencegahan serta minimalisasi kehilangan pangan (*Food Loss*). Pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) digunakan untuk menemukan, menilai, mengevaluasi, dan menafsirkan berbagai penelitian yang relevan dalam suatu bidang kajian dengan berlandaskan pada pertanyaan penelitian yang terarah [7]. Metode ini menuntut proses evaluasi dan seleksi literatur secara sistematis serta mengikuti pedoman khusus pada setiap tahapannya. Pendekatan SLR berfokus pada identifikasi dan analisis literatur ilmiah yang relevan guna memperoleh pemahaman mendalam terhadap pengetahuan yang telah berkembang dalam suatu domain penelitian tertentu [7].

Mengacu pada Tranfield et al. (2003), proses SLR dilakukan melalui lima tahap, yaitu: penetapan tujuan penelitian, pemilihan basis data, penentuan kata kunci, seleksi artikel, serta ekstraksi dan evaluasi data. Kajian ini berfokus pada literatur ilmiah yang membahas pencegahan dan pengurangan *Food Loss* pada produk buah dan sayuran yang dipublikasikan dalam 5-10 tahun terakhir. Data diperoleh dari lima basis data utama, yakni Google Scholar, ScienceDirect, jurnal nasional terakreditasi dan Web of Science. Kata kunci utama yang digunakan meliputi: *Cold Chain*, *Smart Packaging*, Hortikultural, *Food Loss*, dan Rantai pasok. Fokus utama adalah pada literatur yang membahas implementasi, tantangan, dan efektivitas teknologi ini pada buah-buahan dan sayuran [6].

## Pembahasan

### Karakteristik Produk Hortikultura dan Kerentanannya terhadap Kehilangan Pascapanen

Produk hortikultura memiliki kandungan air tinggi, sekitar 80%, serta tetap mengalami aktivitas fisiologis setelah panen, sehingga bersifat mudah rusak (*perishable*) dan rentan terhadap pertumbuhan mikroba serta pembusukan akibat degradasi biologis dan enzimatis [2]. Umur simpan yang singkat ini diperburuk oleh minimnya penerapan teknologi dan fasilitas pascapanen, serta rantai pasok yang panjang, yang menyebabkan tingginya tingkat kehilangan hasil.

Selain itu, sifat musiman produk hortikultura sering menimbulkan surplus saat panen raya tanpa diimbangi kapasitas penyimpanan yang memadai, khususnya fasilitas pendingin [2]. Kondisi ini tidak hanya meningkatkan kehilangan pascapanen, tetapi juga mengancam ketahanan pangan nasional. Tingginya kehilangan hasil sangat dipengaruhi oleh praktik budidaya, panen, penanganan pascapanen, dan distribusi, yang secara langsung berdampak pada pendapatan dan kesejahteraan

petani. Oleh karena itu, reduksi kehilangan pascapanen menjadi langkah strategis dalam mendukung keberlanjutan dan ketahanan pangan nasional.

### **Peran Teknologi *Cold Chain* dalam Peningkatan Kualitas dan Reduksi *Food Loss***

Teknologi rantai dingin (*Cold Chain*) berperan penting dalam menjaga mutu dan keamanan produk pangan yang mudah rusak, seperti buah, sayur, ikan, dan produk olahan. Sistem ini bekerja dengan menjaga suhu rendah secara konsisten selama proses penyimpanan, transportasi, dan distribusi sehingga dapat memperlambat aktivitas enzimatik dan pertumbuhan mikroorganisme penyebab kerusakan. Penerapan *Cold Chain storage* pada filet ikan Kakap Putih terbukti mampu mempertahankan kualitas fisik, organoleptik, serta komposisi kimia selama penyimpanan beku, yang menunjukkan efektivitas teknologi ini dalam menekan kehilangan pangan (*Food Loss*) akibat degradasi mutu produk (Kurniawati et al., 2024).

Dalam konteks pangan hortikultura, sistem *Cold Chain* berperan dalam menjaga kesegaran produk dari pascapanen hingga ke konsumen. Penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa penerapan sistem pendinginan dan kontrol suhu mampu memperpanjang umur simpan sayuran daun dan buah tropis, sekaligus mempertahankan kadar air dan nilai gizi produk tersebut (Darmika et al., 2024). Lebih jauh, penerapan rantai dingin juga terbukti menurunkan kerusakan produk hingga 25–30% dibandingkan penyimpanan suhu ruang, terutama pada komoditas seperti tomat dan cabai yang sangat sensitif terhadap fluktuasi suhu [8].

Namun demikian, efektivitas *Cold Chain* di Indonesia masih dihadapkan pada kendala infrastruktur dan efisiensi energi. Tantangan seperti keterbatasan transportasi berpendingin, biaya operasional tinggi, serta lemahnya sistem monitoring suhu menjadi faktor penyebab kehilangan hasil di tingkat distribusi. Hal ini terlihat pada industri cold supply chain produk makanan beku, di mana masih banyak pelaku usaha kecil menengah yang belum memiliki sistem logistik pendingin terpadu [9]. Oleh sebab itu, peningkatan infrastruktur rantai dingin, penggunaan sensor suhu otomatis, dan pelatihan teknis bagi pelaku distribusi menjadi langkah strategis dalam mengurangi *Food Loss* di sektor hortikultura.

### **Kontribusi *Smart Packaging* terhadap Monitoring dan Kualitas Produk**

Teknologi *Smart Packaging* atau kemasan pintar merupakan inovasi yang mampu mendeteksi, merekam, dan menyampaikan informasi mengenai kondisi produk secara real-time melalui perubahan indikator visual, sensor, atau reaksi kimia tertentu. Penelitian di Indonesia mengenai *Smart Packaging* dari limbah cair tahu dengan ekstrak bunga telang menunjukkan bahwa perubahan warna indikator dapat memberikan sinyal dini terhadap kerusakan makanan, sehingga konsumen dan produsen dapat segera melakukan tindakan pencegahan (Putri et al., 2025).

Selain sebagai alat deteksi kualitas, *Smart Packaging* juga memiliki fungsi aktif dalam menjaga kestabilan kondisi produk. Penelitian Irawan et al. (2024) [10] mengembangkan smart edible film packaging berbahan pektin dan ekstrak bunga rosela yang mampu berinteraksi langsung dengan produk pangan melalui pelepasan senyawa antioksidan. Inovasi ini tidak hanya memperpanjang umur simpan tetapi juga meningkatkan kualitas fisik dan kimia produk selama penyimpanan. Temuan tersebut menunjukkan bahwa *Smart Packaging* tidak hanya berfungsi sebagai wadah pelindung, tetapi juga sebagai komponen aktif dalam menjaga kualitas dan keamanan pangan.

Lebih lanjut, *Smart Packaging* memungkinkan adanya pemantauan kualitas secara berkelanjutan sepanjang rantai pasok. Rahayu et al. (2025) [11] menyebutkan bahwa penggunaan intelligent packaging pada produk roti mampu mendeteksi kondisi kelembapan dan suhu internal yang memicu jamur, sehingga kualitas produk dapat dijaga lebih lama. Sistem indikator tersebut meningkatkan kepercayaan konsumen dan efisiensi pengawasan mutu produk oleh produsen.

Dengan demikian, kontribusi *Smart Packaging* dalam rantai pasok pangan tidak hanya berorientasi pada kualitas, tetapi juga mendukung pengurangan kerusakan dan pemborosan produk secara signifikan.

### **Sinergi *Cold Chain* dan *Smart Packaging***

Sinergi antara teknologi *Cold Chain* dan *Smart Packaging* menjadi inovasi strategis untuk mewujudkan sistem rantai pasok pangan yang efisien dan adaptif terhadap perubahan lingkungan. *Cold Chain* menjaga kestabilan suhu dan kelembapan produk, sementara *Smart Packaging* menyediakan data kondisi produk secara real-time, seperti suhu, pH, dan oksidasi. Integrasi kedua teknologi ini memungkinkan pelacakan kualitas produk sejak tahap produksi hingga distribusi, serta memberikan peringatan dini apabila terjadi penyimpangan suhu selama transportasi [12].

Penelitian Lazuardi et al. (2025) [13] menegaskan bahwa keberhasilan sistem distribusi rantai dingin untuk usaha kecil dan menengah (UKM) sangat dipengaruhi oleh desain kemasan dan moda transportasi laut yang sesuai dengan standar suhu penyimpanan. Dengan mengintegrasikan *Smart Packaging* dalam sistem *Cold Chain*, produsen dapat memperoleh data kondisi produk selama pengiriman, sehingga risiko kerusakan akibat gangguan suhu dapat segera diatasi. Hal ini mendukung transparansi, efisiensi, dan pengambilan keputusan berbasis data dalam rantai pasok pangan.

Menurut Rahman et al. (2024) [12], kombinasi *Smart Packaging* dan *Cold Chain* berpotensi besar dalam pengembangan smart agroindustry di Indonesia, di mana penggunaan Internet of Things (IoT), cloud computing, dan sensor cerdas memungkinkan pemantauan otomatis kualitas produk secara digital. Sinergi ini memperkuat ketahanan pangan nasional dengan mengurangi *Food Loss* sekaligus meningkatkan nilai tambah produk hortikultura Indonesia di pasar domestik dan ekspor.

### **Hambatan dan Peluang Penerapan di Indonesia**

Penerapan teknologi *Cold Chain* dan *Smart Packaging* di Indonesia menawarkan peluang besar untuk meningkatkan efisiensi dan daya saing sektor hortikultura, namun masih dihadapkan pada berbagai hambatan. Tantangan utama meliputi keterbatasan infrastruktur rantai dingin yang tidak merata antarwilayah, terutama di luar Pulau Jawa, sehingga menimbulkan “*Cold Chain gap*” dan penurunan efektivitas sistem distribusi [15]. Selain itu, biaya investasi dan operasional yang tinggi, terutama untuk pembangunan fasilitas pendingin dan sistem berbasis IoT, menjadi kendala bagi petani kecil dan UMKM yang mendominasi sektor pertanian [14].

Kendala lain mencakup belum seragamnya standar dan regulasi nasional terkait suhu penyimpanan komoditas hortikultura, yang berdampak pada ketidakkonsistenan mutu produk [3], serta rendahnya literasi digital dan keterampilan sumber daya manusia dalam mengoperasikan teknologi cerdas seperti sensor RFID, IoT, dan algoritma Machine Learning [3]. Meskipun demikian, hambatan-hambatan tersebut sekaligus membuka peluang besar untuk inovasi dan transformasi digital dalam memperkuat rantai pasok hortikultura nasional secara berkelanjutan.

Penerapan *Cold Chain* dan *Smart Packaging* di Indonesia memiliki prospek yang menjanjikan seiring dengan meningkatnya dukungan kebijakan dan perkembangan teknologi. Pemerintah melalui program Gerakan Tiga Kali Ekspor (Grati eks) menunjukkan komitmen untuk memperkuat sektor hortikultura dengan berfokus pada peningkatan kualitas dan standar ekspor, yang secara tidak langsung mendorong investasi pada teknologi rantai dingin dan traceability (Kementerian Pertanian, 2020). Di sisi lain, meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap keamanan dan kesegaran pangan turut memperluas pasar domestik, di mana konsumen bersedia membayar lebih untuk produk yang memiliki jaminan mutu. Teknologi *Smart Packaging* dengan indikator visual dan

data real-time mampu meningkatkan transparansi dan kepercayaan konsumen terhadap produk [6].

Selain itu, terdapat potensi besar dalam pengembangan inovasi *Smart Packaging* berbasis sumber daya lokal, seperti penggunaan bahan alami sebagai indikator kesegaran yang ramah lingkungan dan terjangkau bagi UMKM (Ardiyansyah et al., 2020). Kemajuan logistik digital di Indonesia juga membuka peluang kolaborasi dalam integrasi *Cold Chain* logistics dengan teknologi AI dan blockchain, sebagaimana diterapkan pada sistem distribusi cerdas seperti Paxel. Inovasi ini memungkinkan efisiensi rantai pasok tanpa investasi infrastruktur besar, sekaligus berkontribusi dalam mengurangi *Food Loss* dan meningkatkan keberlanjutan distribusi hortikultura nasional [3].

## Kesimpulan

Sinergi antara *Cold Chain* dan *Smart Packaging* adalah inovasi strategis untuk mewujudkan sistem rantai pasok hortikultura yang efisien dan adaptif. Ketika *Cold Chain* menjaga stabilitas suhu dan kelembapan, *Smart Packaging* melengkapi dengan menyediakan data kondisi produk (*suhu, pH, oksidasi*) secara *real-time*, memungkinkan pelacakan kualitas dan peringatan dini penyimpangan suhu selama transportasi. Integrasi ini mendukung transparansi, efisiensi, dan pengambilan keputusan berbasis data, serta berpotensi besar dalam pengembangan *smart agroindustry* di Indonesia. Meskipun demikian, penerapannya masih dihadapkan pada hambatan seperti keterbatasan infrastruktur *Cold Chain* di luar Jawa (*Cold Chain gap*), biaya investasi dan operasional yang tinggi, serta rendahnya literasi digital. Namun, hambatan ini membuka peluang untuk inovasi, terutama melalui dukungan kebijakan pemerintah (*Gratieks*), meningkatnya kesadaran konsumen akan mutu, dan pengembangan *Smart Packaging* berbasis bahan lokal yang terjangkau. Dengan demikian, kombinasi kedua teknologi ini sangat vital untuk memperkuat ketahanan pangan nasional dan meningkatkan daya saing produk hortikultura Indonesia.

## Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam pelaksanaan penelitian serta penyusunan jurnal ini. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada dosen pembimbing dan reviewer atas bimbingan, masukan, serta saran yang konstruktif. Penulis juga mengapresiasi dukungan institusi dan semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian dan penulisan jurnal ini dapat diselesaikan dengan baik.

## Daftar Rujukan

- [1] M. Manurung, W. Komalasari, Rinawati, I. Rahayu, and Sabarella, "Statistik Terkini Ekonomi Pertanian Mei 2025," pp. 1–103, 2025.
- [2] I. Mulyawanti, D. Esty, and A. Suryana, "Strategi pengurangan kehilangan pascapanen produk hortikultura Strategies for reducing postharvest losses of horticulture products," *Anal. Kebijak. Pertan.*, vol. 2, no. 22, pp. 183–194, 2024, doi: 10.21082/akp.v22n1.2024.183-194.
- [3] B. Humairo *et al.*, "Optimalisasi Ai Dalam Mengurangi Kehilangan Hasil Pasca Panen: Sistem Cold Chain Logistics Dan Smart Warehousing," *J. Pertanian, Peternakan, Perikan.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–14, 2025, doi: 10.3766/hibrida.v1i2.3753.
- [4] D. Prajna, A. Zain, A. Kamarudin, and P. Dewi, *Teknologi Penanganan dan Pengolahan Hasil Pertanian*, vol. 3, no. September. 2025.
- [5] M. Ariani, H. Tarigan, and A. Suryana, "Tinjauan Kritis Terhadap Pemborosan Pangan:

- Besaran, Penyebab, Dampak, Dan Strategi Kebijakan,” *Forum Penelit. Agro Ekon.*, vol. 39, no. 2, p. 135, 2022, doi: 10.21082/fae.v39n2.2021.135-146.
- [6] T. Ihsan and V. Derosya, “Tinjauan Strategi Pengemasan Buah dan Sayur dalam Memerangi Food Loss dalam Rantai Pasokan Pascapanen di Indonesia,” *J. Ilmu Lingkung.*, vol. 22, no. 4, pp. 1078–1087, 2024, doi: 10.14710/jil.22.4.1078-1087.
- [7] A. N. Akmal, N. Maelasari, and L. Lusiana, “Pemahaman Deep Learning dalam Pendidikan: Analisis Literatur melalui Metode Systematic Literature Review (SLR),” *JIIP - J. Ilm. Ilmu Pendidik.*, vol. 8, no. 3, pp. 3229–3236, 2025, doi: 10.54371/jiip.v8i3.7442.
- [8] I. Masudin and N. T. Safitri, “Food Cold Chain in Indonesia during the Covid-19 Pandemic: A Current Situation and Mitigation,” *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 9, no. 2, pp. 99–106, 2020, doi: 10.26593/jrsi.v9i2.3981.99-106.
- [9] Y. Evitha, “Tantangan Industri Cold Supply Chain Produk Makanan Beku,” *J. Logistik Indones.*, vol. 2, no. 2, pp. 25–28, 2019, doi: 10.31334/jli.v2i2.295.
- [10] E. H. Irawan, E. Setijawaty, A. R. Utomo, and I. R. A. P. Jati, “KARAKTERISTIK SMART EDIBLE FILM PACKAGING BERBAHAN PEKTIN, EKSTRAK BUNGA ROSELA, SORBITOL, DAN TEPUNG CANGKANG TELUR AYAM,” vol. 25, no. 3, 2024.
- [11] I. Rahayu, W. Gusnita, and W. Lofandri, “The Role of Smart Packaging in Improving The Quality and Safety of Bakery Products,” *J. Multidisiplin Sabombu*, vol. 5, no. 3, pp. 606–609, 2025, doi: 10.58471/jms.v5i03.
- [12] K. R. Rahman, S. Ramdhani, V. G. Sanyoto, and Z. Nawareza, “Smart Packaging Innovation for Food: Enhancing Shelf Life and Quality of Perishable Goods,” *ASEAN J. Sci. Eng. Mater.*, vol. 3, no. 2, pp. 133–140, 2024.
- [13] S. D. Lazuardi, T. Achmadi, P. Wuryaningrum, and S. N. Putri, “Model Standardisasi Pengiriman Kemasan Rantai Dingin pada Usaha Kecil dan Menengah dengan Moda Transportasi Laut,” *J. Adv. Inf. Ind. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 51–65, 2020, doi: 10.52435/jaiit.v2i1.42.
- [14] Ardiyansyah, R., Nurhayati, D., & Rahayu, N. (2020). Pengembangan indikator kesegaran alami untuk kemasan cerdas berbasis bahan lokal. *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 15(2), 75–83.
- [15] Pusporini, A., & Dahdah, M. (2020). Analisis kesenjangan infrastruktur rantai dingin dalam distribusi produk hortikultura Indonesia. *Jurnal Logistik dan Agroindustri*, 6(2), 123–134.