HYβRIDA
ISSN : 3031-1314

Jurnal Pertanian, Peternakan, Perikanan
Vol 3 No 2 Tahun 2025.
PrefixDOI:10.3766/hibrida.v1i2.3753

OPTIMALISASI *AI* DALAM MENGURANGI KEHILANGAN HASIL PASCA PANEN: SISTEM *COLD CHAIN LOGISTICS* DAN *SMART WAREHOUSING*

Bunga Humairo[1], Titin Martini[2], Muhammad Rano[3], Muhammad Faiz Nawawi[4], Yeni Budiawati[5], I Gusti Bagus Danendra Pradnya Ananta[6]
[1-5]Jurusan Agribisnis, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Raya Palka Km 3 Sindangsari, Pabuaran, Kab. Serang, Provinsi Banten
[6]Jurusan Kesehatan Gigi, Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Denpasar
Jl. Sanitasi No.1, Sidakarya, Denpasar Selatan, Kota Denpasar, Bali 80224
[1]4441220028@untirta.ac.id

Abstrak

Kehilangan hasil pasca panen merupakan tantangan serius dalam sektor pertanian, terutama pada komoditas hortikultura. Studi ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas penerapan *Artificial Intelligence (AI)* dalam sistem *cold chain logistics* dan *smart warehousing* guna menekan kehilangan tersebut. Metode yang digunakan berupa studi literatur dari berbagai publikasi ilmiah periode 2020–2025. Hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi teknologi AI seperti *Internet of Things (IoT)*, *Radio Frequency Identification (RFID)*, dan algoritma *machine learning* mampu meningkatkan efisiensi pemantauan suhu, prediksi umur simpan, serta mengoptimalkan manajemen distribusi. Temuan ini mengindikasikan potensi besar AI dalam menciptakan sistem logistik pertanian yang adaptif dan berkelanjutan. Rekomendasi diarahkan pada penguatan infrastruktur digital dan peningkatan kompetensi sumber daya manusia untuk mendukung implementasi AI di sektor pertanian

Kata kunci: *Cold Chain, Smart Warehousing*, kehilangan hasil panen, *Artificial Intelligence*, sistem logistik.

Abstract

Postharvest loss is a major challenge in the agricultural sector, particularly for highly perishable horticultural commodities. This study aims to evaluate the effectiveness of implementing Artificial Intelligence (AI) in cold chain logistics and smart warehousing systems to reduce such losses. The research method applied is a literature review, analyzing six selected scientific articles from the period 2020–2025 that are relevant to the research topic. The findings reveal that AI technologies such as the Internet of Things (IoT), Radio Frequency Identification (RFID), and machine learning algorithms significantly enhance real-time monitoring of temperature and humidity, predict product shelf life, and optimize stock rotation and distribution systems. The application of AI has proven to improve accuracy, reduce logistic inefficiencies, and establish a more adaptive and sustainable distribution system. These findings highlight the importance of integrating digital technologies into agricultural logistics systems to support national food security and supply chain efficiency.

Article History
Received: Juni 2025
Reviewed: Juni 2025
Published: Juni 2025

Plagirism Checker No 234
Prefix DOI : Prefix DOI :
10.8734/Musytari.v1i2.365
Copyright : Author
Publish by : Musytari

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

HYβRIDA
ISSN : 3031-1314
Jurnal Pertanian, Peternakan, Perikanan
Vol 3 No 2 Tahun 2025.
PrefixDOI:10.3766/hibrida.v1i2.3753

***Keywords**: Cold Chain, Smart Warehousing, Postharvest Loss, Artificial Intelligence, Logistics System.*

PENDAHULUAN

Kehilangan hasil pasca panen merupakan masalah signifikan yang dihadapi oleh sektor pertanian di seluruh dunia. Kehilangan pada komoditi buah dan sayuran dapat mencapai 15% sampai 30% dari total hasil panen, pemilahan untuk standar pemasaran (FAO, 2011). *Food loss* atau kehilangan pangan adalah penurunan nilai kuantitas serta kualitas pangan oleh pemasok pangan (petani), *food waste* atau limbah pangan merupakan penurunan nilai kuantitas dan kualitas yang disebabkan oleh konsumen, pengecer, dan layanan pangan (FAO, 2019).

Badan Perencanaan dan Pembangunan Nasional menganalisis kehilangan pangan dan pemborosan pangan di Indonesia pada periode 2000 hingga 2019 nilainya mencapai 115–184 kg/kapita/tahun, persentase besaran kehilangan pangan cenderung menurun sebesar 16% yaitu dari 61% pada tahun 2000 menjadi 45% pada tahun 2019, sedangkan persentase besaran pemborosan pangan cenderung meningkat sebanyak 16% dari 39% menjadi 55%. Sebanyak 146 komoditas pangan yang diteliti oleh Bappenas, nilai *food loss* dan *waste* paling besar terjadi pada tahap konsumsi yaitu sebanyak 5 sampai 19 juta ton/tahun, sebesar 80% disebabkan oleh rumah tangga dan 20% di sebabkan oleh sektor non-rumah tangga (Bappenas, 2021).

The Swedish Institute for Food and Biotechnology pada tahun 2011 melaporkan pada FAO, sepertiga bagian daripada pangan layak konsumsi dapat terbuang percuma atau diboroskan (FAO, 2019). Dalam konteks ini, teknologi kecerdasan buatan atau *Artificial Intellegence* (AI) muncul sebagai solusi inovatif untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam sektor pertanian salah satunya dalam manajemen pasca panen (Hanif, 2025).

Kolaborasi antara logistik pasca panen menggunakan kecerdasan buatan menghasilkan adanya peningkatan efisiensi serta pengurangan biaya penanganan, memungkinkan pertumbuhan dan pengembangan logistik untuk hasil pasca panen (Yang & Huang, 2021). *Cold chain logistics* dan *smart warehousing* adalah dua area dimana AI dapat berperan penting dalam mengurangi kehilangan pasca panen. *Cold chain* merupakan bagian *supply chain* (rantai pasok) berfungsi untuk menjaga suhu produk agar tetap terjaga selama proses pengumpulan, pengolahan, serta proses distribusi komoditas hingga sampai pada konsumen (Ramdhani et al., 2023).

Sejumlah penelitian sebelumnya telah menunjukkan keberhasilan integrasi *Internet of Things (IoT)* dan *machine learning* dalam sistem logistik pertanian, seperti yang dilakukan oleh Azeez et al. (2021) dan Kollia et al. (2021). Namun, penerapan tersebut umumnya masih bersifat terfragmentasi dan belum mengarah pada integrasi menyeluruh antara *cold chain logistics* dan *smart warehousing* berbasis *Artificial Intelligence*, khususnya dalam konteks pertanian di Indonesia. Hingga saat ini, kajian komprehensif yang secara sistematis mengevaluasi efektivitas implementasi AI dalam kedua sistem tersebut guna menekan kehilangan hasil pasca panen masih terbatas, terutama yang bersumber dari kajian pustaka akademik berbasis data ilmiah terkini.

Warehouse atau gudang penyimpanan adalah sebuah struktur untuk menyimpan produk sebelum nantinya didistribusikan. *Warehouse* (gudang penyimpanan) merupakan komponen penting dalam sebuah rantai pasok (*supply chain*) (van Geest et al., 2021). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penerapan teknologi *Artificial Intelligence* dalam sistem *cold chain logistics* dan *smart warehousing*, serta mengevaluasi efektivitasnya dalam menekan kehilangan hasil pasca panen melalui pendekatan studi literatur terhadap artikel-artikel ilmiah terbaru.

HYβRIDA
ISSN : 3031-1314
Jurnal Pertanian, Peternakan, Perikanan
Vol 3 No 2 Tahun 2025.
PrefixDOI:10.3766/hibrida.v1i2.3753

TINJAUAN LITERATUR

1. Kehilangan Pasca Panen

Penurunan produksi pangan dari panen hingga konsumsi dalam hal kuantitas dan kualitas dikenal sebagai kehilangan pasca panen. Kehilangan kualitas lebih terlihat dominan di negara-negara maju sedangkan kehilangan kuantitas lebih sering terjadi di negara-negara berkembang (Tandan Chhetri et al., 2023).Komoditas hortikultura yang dipanen sebelum waktunya dan dipanen dengan puncak kematangan atau terlalu matang menghasilkan kualitas yang kurang baik dan masa penyimpanan yang lebih pendek. Komoditas tersebut dapat jauh lebih cepat membusuk atau rusak daripada dipanen pada tahap kematangan yang tepat (Pokhrel, 2020).

Kerugian pasca panen secara umum digambarkan sebagai hilangnya kualitas dan kuantitas produk pertanian dalam rentang waktu antara panen dan konsumsi. Kerugian ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor termasuk faktor enzimatik, fisik, makro biologis, dan mikro biologis (Lalpekhlua et al., 2024). Faktor enzimatik sangat bergantung pada tahap panen dan karenanya dapat mengakibatkan berkurangnya kualitas dan pembusukan tanaman pangan. Faktor fisik meliputi kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban yang tidak terkontrol yang tidak optimal dan keterlambatan dalam pemrosesan dan distribusi. Faktor mikrobiologis meliputi berbagai patogen bakteri dan jamur pada tanaman yang dapat menyebabkan penyakit dan mengakibatkan kehilangan panen, sedangkan penyebab mikrobiologis meliputi hama, serangga dan tikus. Faktor-faktor ini dapat secara signifikan mengurangi hasil panen dan memperpendek umur simpan.

Selain itu, kurangnya fasilitas rantai dingin (*cold chain*) dan sistem logistik yang efisien juga berkontribusi signifikan terhadap tingginya kehilangan hasil pasca panen, terutama pada komoditas yang mudah rusak seperti sayur-sayuran dan buah-buahan. Hal ini dapat merugikan perekonomian secara signifikan sebagaimana diperkirakan oleh Organisasi Pangan dan Pertanian (FAO) (Lalpekhlua et al., 2024).

Tahap pasca panen merupakan tahap terakhir dalam pertanian dan memerlukan perhatian yang cermat karena waktu dan biaya yang telah digunakan sejak budidaya atau tahap awal hingga panen akan terbuang sia-sia jika penanganannya tidak optimal. Tahap pasca panen yang tidak efektif dan sub-optimal dapat mengakibatkan kerugian pasca panen yang besar dan juga dapat merugikan perekonomian lebih jauh (Fadiji et al., 2023). Kerugian pasca panen mencakup kehilangan pangan di seluruh rantai pasok pangan mulai dari pemanenan tanaman pangan hingga konsumsi, sehingga dianggap sebagai pemborosan pangan pada tingkat konsumsi, pasca panen secara garis besar dikategorikan sebagai kerugian berat akibat pembusukan, kehilangan kualitas, kehilangan nutrisi, hilangnya viabilitas benih, dan kerugian komersial (D. Kumar & Kalita, 2017). Kehilangan dan pemborosan pangan memiliki banyak dampak negatif yang dapat secara langsung atau tidak langsung mempengaruhi pilar utama ketahanan pangan, ketersediaan pangan, akses terhadap pangan, pemanfaatan pangan, dan akses terhadap pangan dari waktu ke waktu.

2. Sistem *Cold Chain*

Rantai dingin (*Cold Chain*) merupakan bagian dari rantai pasok yang bertujuan untuk menjaga suhu agar produk tetap terjaga selama proses pengumpulan, pengolahan, dan penyaluran komoditas kepada konsumen dengan memenuhi standar keamanan. Rantai dingin dalam pasca panen berperan penting dalam menjaga suhu, kualitas, kesegaran, dan nilai gizi hasil panen. Optimalisasi ini dilakukan dengan melakukan pemantauan suhu secara *real-time*, di mana data tersebut digunakan untuk menyesuaikan kebutuhan energi dan kondisi lingkungan ideal untuk penyimpanan (Lubis et al., 2024). Suhu panen secara *real-time* digunakan sebagai *input* informasi energi yang dibutuhkan untuk suhu dan pengaturan kondisi lingkungan yang dibutuhkan oleh hasil pasca panen guna menjaga kualitas dan kesegaran sayur dan buah.

HYβRIDA
ISSN : 3031-1314
Jurnal Pertanian, Peternakan, Perikanan
Vol 3 No 2 Tahun 2025.
PrefixDOI:10.3766/hibrida.v1i2.3753

Sistem *cold chain logistics* memiliki beberapa komponen utama yang saling berkaitan satu sama lain. Komponen tersebut meliputi fasilitas penyimpanan berpendingin (*cold storage*), kendaraan transportasi berpendingin (*refrigerated transport*), sistem *monitoring* suhu dan kelembaban. Efektivitas *cold chain logistics* sangat bergantung pada kemampuan sistem untuk mempertahankan "*unbroken chain*" atau rantai yang tidak terputus dalam menjaga kondisi suhu optimal, guna mencegah kerusakan produk selama proses logistik pengiriman (Han et al., 2021). Tantangan utama dalam pengelolaan rantai dingin adalah keterbatasan dan ketidak cukupan infrastruktur, di mana suhu dan kondisi penyimpanan yang optimal sulit dipertahankan. Hal ini memicu pemborosan energi dari fasilitas (*cold chain*) rantai dingin. Selain pemborosan energi, penggunaan material dan peralatan pendingin yang tidak ramah lingkungan, serta permasalahan akses logistik di daerah terpencil juga menambah jejak karbon yang berdampak negatif pada keberlanjutan lingkungan.

Penyimpanan berpendingin baik sebelum maupun sesudah distribusi dan transportasi berpendingin bergantung pada teknologi pendinginan yang berbasis pada siklus pendinginan seperti penguapan, *refrigerant*, kompresi, kondensasi, dan ekspansi. Solusi dari tantangan ini adalah penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) (Wang et al., 2024). IoT berpotensi untuk meningkatkan pengelolaan rantai produk pertanian, dengan menyediakan sistem pemantauan *real-time* untuk suhu, lokasi, status produk, dan penggunaan energi dari fasilitas pendingin. Teknologi IoT telah merevolusi pemantauan suhu dan kelembaban dalam rantai pasokan pertanian, dan memberikan manfaat yang signifikan dalam menjaga keamanan dan kualitas produk pertanian.

3. *Warehousing*

Warehousing atau pergudangan merupakan bagian penting dalam sistem logistik dan rantai pasok yang berfungsi untuk menyimpan barang sebelum didistribusikan lebih lanjut. *Warehousing* dijelaskan sebagai aktivitas strategis dalam logistik yang memiliki peran utama dalam penyimpanan barang dan pengaturan arus barang dari produsen ke konsumen. Gudang tidak hanya difungsikan sebagai tempat penyimpanan, tetapi juga sebagai pusat konsolidasi dan distribusi barang yang memungkinkan efisiensi dalam biaya dan waktu pengiriman. Lokasi gudang yang strategis, pengelolaan ruang, serta sistem pencatatan yang akurat menjadi elemen penting dalam efektivitas pergudangan (Ni Putu Decy Arwin, 2025).

Teknologi sistem manajemen gudang cerdas, sebagai salah satu teknologi kunci untuk penerapan IOT dan AI dalam logistik dan pergudangan modern, bertujuan untuk meningkatkan tingkat kecerdasan manajemen gudang, sehingga meningkatkan efisiensi dan akurasi logistik (Liu & Ju, 2024). Pertama, melalui penerapan teknologi IOT, interkoneksi antara berbagai perangkat dan barang di gudang dapat dicapai, dan jaringan logistik waktu nyata dapat dibangun (Buntak et al., 2021). Kedua, penerapan teknologi AI memberikan sistem manajemen gudang yang cerdas dengan karakteristik kecerdasan dan otomatisasi yang lebih kuat.

Dengan mengumpulkan dan menganalisis berbagai jenis data di dalam gudang, AI dapat mempelajari dan mengoptimalkan aturan dan regulasi operasi gudang (Ponis & Efthymiou, 2020). Selain itu, teknologi sistem manajemen gudang cerdas juga dapat menyediakan antarmuka dan layanan pengoperasian yang lebih cerdas dan nyaman. Dengan berasosiasi dengan sistem manajemen logistik internal, pemasok, dan pelanggan, pemrosesan pesanan otomatis dan transmisi informasi waktu nyata dapat dicapai (Liu & Ju, 2024). *Warehousing* adalah aktivitas logistik penting yang harus dikelola secara efisien karena biayanya tinggi dan pengaruh langsungnya terhadap nilai perusahaan relatif kecil, namun strategis dalam mendukung kelancaran alur material dan informasi (Veres, 2023). Integritas *artificial intelligence* (AI) pada sistem manajemen gudang berperan dalam akurasi, meningkatkan efisiensi, responsivitas terhadap tren pasar atau perkembangan pasar dan kebutuhan konsumen.

HYβRIDA
ISSN : 3031-1314
Jurnal Pertanian, Peternakan, Perikanan
Vol 3 No 2 Tahun 2025.
PrefixDOI:10.3766/hibrida.v1i2.3753

4. Penerapan *Artificial Intellegence*

Artificial Intelligence (AI) merupakan salah satu kemajuan teknologi canggih dengan potensi yang signifikan untuk merevolusi sistem pangan. Al didefinisikan sebagai simulasi proses kecerdasan manusia melalui sistem komputer. Komponen utama AI adalah *learning, deep learning*, dan analisis data, secara sinergis memungkinkan komputer untuk belajar dari pola data dan membuat keputusan yang tepat berbasis data. Kemampuan Al untuk memproses dan menganalisis set data yang luas secara efisien, yang menghasilkan wawasan dan kemampuan prediksi yang berharga, sangat penting.

Aplikasi yang memanfaatkan kemampuan ini telah ditemukan di berbagai industri, termasuk dalam hal otomatisasi, optimasi, dan pemecahan masalah. Al memiliki potensi yang transformatif besar dalam hal sistem pangan. Tujuan utama penerapan AI dalam sistem pangan meliputi optimalisasi praktik pertanian, memprediksi tren pasokan dan permintaan, meningkatkan logistik distribusi, meningkatkan keamanan pangan, dan mengurangi limbah di rantai pasok (Taneja et al., 2023). Potensi transformatif tersebut menunjukkan peran Al dalam mengatasi masalah penting dan mendukung pergeseran menuju sistem pangan yang lebih responsif, berkelanjutan, dan efisien.

Cold chain logistics (CCL) merupakan sistem rantai pasok dingin yang menjaga suhu produk pertanian selama proses transportasi dan penyimpanan (Fitria Wahyu Andriani, Yusra, 2021). Namun, sistem ini memerlukan pengendalian suhu yang akurat dan berkelanjutan, yang sering kali menjadi tantangan di lapangan. Di sinilah kecerdasan buatan (AI) berperan krusial. Sistem berbasis Al atau sistem otonom diterapkan secara luas di hampir setiap bagian teknologi (I. Kumar et al., 2021). Teknologi Al dapat digunakan untuk memonitor suhu dan kelembaban secara *real-time*, memprediksi kerusakan sistem pendingin, serta mengatur distribusi berdasarkan tingkat kesegaran produk. Model pembelajaran mesin *(machine learning*) juga memungkinkan sistem untuk belajar dari data historis dan meminimalkan risiko kerusakan produk selama proses logistik (Imam Zaenuddin, 2016).

Teknologi *Machine Learning* (ML) menawarkan solusi transformatif dan pendekatan *Deep Learning* (DL) terkini telah menciptakan inovasi untuk hasil panen dan produksi pangan yang lebih efisien, konservasi pasokan pangan yang didukung AI, mengurangi pemborosan pangan, dan meningkatkan keamanan pangan (Kollia et al., 2021). Al juga dapat digunakan untuk memprediksi umur simpan produk, menentukan prioritas distribusi (*first-expire-first-out/FEFO*), dan melakukan rotasi stok secara otomatis (Saurabh Sharma, Vijay Kumar Gahlawat, Kumar Rahul, Rahul S Mor, 2021). Hal ini sangat penting mengingat banyak hasil pertanian yang memiliki masa simpan pendek. Pelacakan *real-time* menggunakan *Internet Of Things* beserta sensor dapat meningkatkan dalam kondisi pengiriman dan pengangkutan produk, memastikan produk yang mudah rusak diangkut dan dikirim dalam kondisi optimal dan memastikan respon yang cepat terhadap segala bentuk gangguan (Susilo & Athallah, 2023). *Integrasi Artificial Intelligence* dalam distribusi dan logistik tidak hanya berfokus pada efektivitas biaya logistik, namun juga berkontribusi dalam mengurangi dampak lingkungan serta meningkatkan kepuasan pelanggan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode studi literatur, metode penelitian yang berhubungan dengan membaca, mengumpulkan, mencatat, menyortir, kemudian mengolah literatur. Pengelolaan dilakukan dengan cara menghubungkan antar referensi terkait dengan topik penelitian yang dibahas (Ridley, 2012). Menggunakan pendekatan deskriptif-kualitatif, yang bertujuan menganalisis berbagai publikasi ilmiah mengenai penerapan Al dalam sistem *cold chain logistics* dan *smart warehousing*. Data diperoleh dari basis data seperti Google Scholar dan IEEE Xplore dengan kata kunci terpilih dan difilter berdasarkan topik dan relevansi dalam periode 2020–2025.

HYβRIDA
ISSN : 3031-1314
Jurnal Pertanian, Peternakan, Perikanan
Vol 3 No 2 Tahun 2025.
PrefixDOI:10.3766/hibrida.v1i2.3753

Artikel ilmiah ini digunakan sebagai data berupa artikel dari jurnal dengan kurun waktu 10 tahun terakhir. Artikel ilmiah didapatkan dari beberapa basis data ilmiah terkemuka, yaitu *Google Scholar,* dan *IEEE Xplore*. Kata kunci (*keywords*) yang digunakan dalam pencarian meliputi, "*Cold Chain Logistics*", "*Artificial Intelligence* dalam Penerapan *Cold Chain*", "*Warehousing* berbasis AI", "Penerapan *Cold Chain* dan *Warehousing*". Tahapan pencarian data artikel dimulai dari:

1. Mengetikkan alamat *website* seperti https://scholar.google.com, https://doaj.org/, dan https://xplorestaging.ieee.org/ pada kolom pencarian.
2. Mengetikkan kata kunci pencarian, "*Cold Chain Logistics*", "*Artificial Intelligence* dalam Penerapan *Cold Chain*", "*Warehousing* berbasis AI", "Penerapan *Cold Chain* dan *Warehousing*" pada kotak pencarian *website*.
3. Kemudian artikel ilmiah yang sudah ditemukan, masuk ke tahap filtrasi dengan mengeliminasi artikel ilmiah berdasarkan kriteria topik bahasan pada artikel berupa model *Cold Chain Logistics* dan *Warehousing* berbasis AI serta penerapannya dalam rangka optimalisasi dengan fokus dalam mengurangi kehilangan hasil panen. Selain itu, artikel ilmiah juga diseleksi berdasarkan 5 tahun terakhir yakni rentang tahun 2020-2025. Filtrasi ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan artikel yang rangkap dari berbagai sumber *website*.

Artikel ilmiah yang ditemukan dengan kata kunci kemudian dilakukan validasi/*review* kualitas literatur berdasarkan beberapa pertimbangan seperti: 1) Artikel ilmiah bisa diakses secara bebas; 2) Topik penelitian yaitu terkait *cold chain* dan *warehousing* berbasis AI; 3) Objek penelitian yaitu kemajuan pada bidang rantai pasok; 4) Referensi mulai dari 2020-2025. Selanjutnya dalam penelitian ini dilakukan teknik analisis deskriptif, dengan cara mengutarakan informasi dari artikel-artikel yang digunakan sebagai data secara luas, dalam, dan menyeluruh beserta analisis dilakukan secara informatif dan ringkas (Sugiyono, 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penerapan teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*/AI) dalam sistem logistik rantai dingin *(cold chain logistics*) dan gudang cerdas (*smart warehousing*) dalam mengurangi kehilangan hasil panen pasca panen di sektor pertanian. Artikel yang didapat melalui kata kunci pencarian pada tiap *website* setelah dilakukan filtrasi dari 41 artikel ilmiah didapatkan sebanyak 6 artikel yang dapat digunakan sebagai data dalam penelitian ini.

Tabel 1. Hasil Penelitian terkait *Cold Chain* dan *Warehousing* berbasis *Artificial Intellegence*

Peneliti dan Tahun Penelitian	Judul Artikel	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Azeez, N. A., Hassan, M. M., Moni, M. A., & Islam, S. M. R. (2021)	*An IoT-based real-time intelligent monitoring and notification system of cold storage*	Metode yang digunakan dalam penelitian ini mencakup pengembangan sistem bernama RT-IMNS (*Real-Time Intelligent Monitoring and Notification System*), yang dilengkapi dengan sensor untuk mengukur empat parameter lingkungan utama di dalam ruang penyimpanan dingin.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ANN yang dikembangkan mampu mencapai akurasi prediksi yang sangat tinggi, yaitu sebesar 99%, mengungguli model lain seperti SVM (97,14%), *Random Forest* (96,82%), dan *Naïve Bayes* (93,52%). Model ini juga memiliki skor presisi, *recall*,

HYβRIDA
ISSN : 3031-1314
Jurnal Pertanian, Peternakan, Perikanan
Vol 3 No 2 Tahun 2025.
PrefixDOI:10.3766/hibrida.v1i2.3753

		Sistem ini juga terintegrasi dengan aplikasi Android yang memungkinkan pemantauan jarak jauh dan memberikan notifikasi otomatis kepada petugas saat parameter lingkungan berada di luar batas aman.	dan *F1-score* yang tinggi untuk semua kelas status komoditas. Selain itu, aplikasi Android memungkinkan petugas memantau kondisi lingkungan secara langsung dan menerima notifikasi otomatis, sehingga dapat segera mengambil tindakan pencegahan. Dengan pendekatan ini, sistem RT-IMNS terbukti mampu meningkatkan efisiensi pemantauan penyimpanan dingin dan memberikan solusi yang hemat biaya serta mudah diimplementasikan, terutama untuk usaha kecil dan menengah. Penelitian ini menyarankan pengembangan lebih lanjut seperti penerapan pada penyimpanan multi komoditas dan integrasi gas tambahan selain CO_2 untuk meningkatkan akurasi dan cakupan sistem.
Jackson, I., Namdar, J., Saénz, M. J., Elmquist III, R. A., & Dávila Novoa, L. R. (2025)	*Revolutionize cold chain: An AI/ML driven approach to overcome capacity shortages*	Metodologi penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus untuk mengeksplorasi pemanfaatan metode peramalan berbasis *Artificial Intelligence* (AI) dan *Machine Learning* (ML) dalam perencanaan kapasitas rantai dingin. Studi ini dilakukan bekerja sama dengan *Americold*, salah satu penyedia layanan logistik berpendingin terbesar di dunia. Dua metode peramalan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah model statistik klasik *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA*) dan algoritma *Facebook Prophet* yang berbasis model aditif *Bayesian*.	Penelitian ini berhasil mengembangkan dan menguji kerangka kerja berbasis *Artificial Intelligence* (AI) dan *Machine Learning* (ML) untuk perencanaan kapasitas dalam sistem rantai dingin. Dengan menggunakan data historis dari 385 pelanggan *Americold* selama 3,5 tahun, studi ini menguji dua model utama: *SARIMA* (*Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average*) sebagai model statistik tradisional dan *Facebook Prophet* sebagai model AI/ML berbasis *Bayesian*.

HYβRIDA
ISSN : 3031-1314
Jurnal Pertanian, Peternakan, Perikanan
Vol 3 No 2 Tahun 2025.
PrefixDOI:10.3766/hibrida.v1i2.3753

Qiu, W. (2024)	*Design of Cold Chain Storage and Transportation Monitoring System for Fresh Agricultural Products Based on Artificial Intelligence*	Penelitian ini menggunakan pendekatan desain sistem berbasis teknologi dengan memanfaatkan kombinasi teknologi *RFID, GPS, GPRS,* dan kecerdasan buatan (AI) untuk membangun sistem pemantauan penyimpanan dan transportasi rantai dingin bagi produk pertanian segar. Selain itu, metode *Particle Swarm Optimization (PSO*) digunakan untuk mengoptimalkan jalur distribusi agar waktu logistik menjadi seefisien mungkin	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem ini mampu memantau suhu dan posisi produk secara *real-time*, mengeluarkan alarm otomatis jika suhu melebihi batas aman, dan mengirim notifikasi kepada manajer. Sistem juga memungkinkan pengguna melihat kondisi produk melalui gambar serta melacak posisi kendaraan melalui *GPS* secara *online*. Dengan penerapan sistem ini, kerugian selama penyimpanan dan pengangkutan produk segar dapat dikurangi secara signifikan, serta jalur distribusi menjadi lebih efisien.
Zhong, X., & Chen, Z. (2022)	*Design of logistics warehousing system based on artificial intelligence technology*	Penelitian ini menggunakan pendekatan desain sistem berbasis teknologi yang didukung oleh *Artificial Intelligence (AI), teknologi RFID,* serta algoritma pencarian biner yang ditingkatkan untuk mengatasi masalah identifikasi dalam sistem pergudangan logistik. Peneliti merancang sistem manajemen gudang cerdas yang mencakup pengelolaan masuk-keluar barang, inventarisasi, pengawasan akses, dan pengolahan data menggunakan struktur sistem berlapis *(client-server* dan *backend modular).*	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pergudangan cerdas yang dikembangkan dapat meningkatkan efisiensi, akurasi, dan otomatisasi dalam manajemen gudang. Penggunaan AI dan RFID mempercepat proses identifikasi dan pelacakan barang, sementara algoritma pencarian biner yang ditingkatkan secara signifikan mengurangi konflik identifikasi label, meningkatkan kecepatan pengolahan, serta meningkatkan efisiensi *throughput* sistem. Sistem ini juga mampu mengurangi biaya tenaga kerja, meningkatkan transparansi sirkulasi barang, dan mendukung keamanan serta kontrol akses yang lebih baik.

HYβRIDA
ISSN : 3031-1314
Jurnal Pertanian, Peternakan, Perikanan
Vol 3 No 2 Tahun 2025.
PrefixDOI:10.3766/hibrida.v1i2.3753

Subramanian, M., Agalya, M., Divya, V., & Harini, R. (2023)	*AI based warehouse management system*	Penelitian ini menggunakan metode pengembangan sistem berbasis teknologi dengan pendekatan eksperimen langsung. Sistem dirancang melalui pembuatan lengan robotik menggunakan bahan seperti aluminium dan dikendalikan oleh mikrokontroler *Arduino Mega,* yang terhubung dengan motor *driver* dan sensor. Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi rintangan, sementara algoritma *Ant Colony Optimization (ACO*) diterapkan untuk perencanaan jalur kendaraan serta pengaturan kecepatan adaptif guna menghindari tabrakan. Seluruh perangkat lunak dan perangkat keras diintegrasikan melalui pemrograman untuk mengatur gerakan robotik, pengambilan dan penempatan barang (*pick-and-place*), serta pelacakan objek. Setelah perakitan, sistem diuji dan dikalibrasi untuk memastikan akurasi, keandalan, dan keamanan dalam operasi gudang.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi teknologi *AI, ACO*, sensor ultrasonik, dan robotik secara signifikan meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam manajemen gudang. Sistem yang dikembangkan mampu menghindari rintangan secara *real-time,* menjaga keselamatan saat bernavigasi di lantai gudang, dan melaksanakan proses pengambilan dan penempatan barang dengan presisi tinggi. Pelacakan inventaris menjadi lebih akurat, dan proses pemenuhan pesanan berlangsung lebih cepat dengan intervensi manusia yang minimal. Selain mengurangi kesalahan pengiriman dan tingkat pengembalian barang, sistem ini juga menurunkan biaya operasional dan memberikan fondasi kuat bagi pengembangan otomatisasi gudang masa depan yang lebih adaptif dan cerdas.

HYβRIDA
ISSN : 3031-1314
Jurnal Pertanian, Peternakan, Perikanan
Vol 3 No 2 Tahun 2025.
PrefixDOI:10.3766/hibrida.v1i2.3753

Bobba, J., Bolla, R. L., Ayyadurai, R., Parthasarathy, K., Panga, N. K. R., & Rani, S. (2025).	*AI-powered warehouse management: Autonomous mobile robots and advanced optimization with NFC, MILP, and swarm algorithms.*	Penelitian ini menggunakan metode integrasi teknologi kecerdasan buatan melalui pengembangan kerangka kerja (*framework*) yang menggabungkan beberapa komponen utama seperti *Autonomous Mobile Robots (AMRs) , Near Field Communication (NFC), Mixed Integer Linear Programming (MILP),* dan *Swarm Algorithms* (misalnya *Particle Swarm Optimization).* Simulasi dilakukan dengan mengevaluasi parameter seperti akurasi, efisiensi, skalabilitas, dan tingkat deteksi anomali. Evaluasi menggunakan metrik performa dibandingkan dengan metode tradisional seperti *CAVs, UWB*, dan *DRL*.	Penelitian menunjukkan bahwa integrasi *AMRs, NFC, MILP*, dan algoritma *swarm* dalam sistem manajemen gudang berbasis AI secara signifikan meningkatkan efisiensi, akurasi, dan skalabilitas. Sistem ini mencapai akurasi 94%, F1 *score* 95%, dan skalabilitas 92%, melebihi metode tradisional. Teknologi yang digunakan memungkinkan otomatisasi tugas, pertukaran data *real-time*, dan distribusi tugas yang adaptif, menjadikan sistem lebih responsif dan efisien dalam menghadapi dinamika operasional gudang.

Sistem *Cold Chain* dengan *Artificial Intelligence*

Sistem *monitoring* dan notifikasi berbasis loT yang diusulkan berhasil mencapai akurasi prediksi status komoditas hingga 99% menggunakan model *neural network* dengan *forward propagation*. Model ini unggul dibandingkan metode lain *seperti SVM, Naïve Bayes, Random Forest*, dan *Decision Tree* serta mampu memberikan *precision* dan *recall* yang sangat tinggi untuk setiap kelasnya. Selain akurasi yang impresif, sistem juga menampilkan performa stabil dengan nilai *error rate* yang rendah pada semua kelas status. Aplikasi *android* pendukung memungkinkan pemantauan *real-time* dan pengiriman notifikasi otomatis saat parameter lingkungan menyentuh batas berbahaya, sehingga memudahkan pengambilan tindakan cepat. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan ini efektif dalam mengurangi hilangnya komoditas *perishable* di *cold storage* melalui pengawasan kondisi lingkungan secara cerdas dan *real-time* (Afreen & Bajwa, 2021).

Kategori penyimpanan pendingin (*freezer*) harus disesuaikan dengan karakteristik segmentasi konsumen dan jenis ruang penyimpanan produk. Melalui segmentasi konsumen berbasis data rata-rata inventaris dan koefisien variasi permintaan, memungkinkan strategi lebih presisi dalam penentuan prioritas konsumen serta alokasi kapasitas produk. Kedua hal tersebut yang membuat teknologi pendingin berbasis AI dan ML lebih efisien dalam rantai *cold chain*. Penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan AI/ML yang disesuaikan dengan

HYβRIDA
ISSN : 3031-1314
Jurnal Pertanian, Peternakan, Perikanan
Vol 3 No 2 Tahun 2025.
PrefixDOI:10.3766/hibrida.v1i2.3753

segmentasi pelanggan mampu meningkatkan akurasi prediksi dan efisiensi perencanaan kapasitas dalam rantai dingin. Temuan ini juga menekankan pentingnya integrasi data, validasi model, dan pendekatan berbasis risiko dalam pengambilan keputusan logistik yang kompleks (Jackson et al., 2024).

Berdasarkan teknologi RFID, teknologi GPS, dan teknologi GPRS, dibangunlah sistem pemantauan logistik rantai dingin berbasis teknologi identifikasi radio, teknologi GPS, dan teknologi GPRS. Sistem ini dapat mewujudkan pemantauan status logistik dan kualitas produk rantai dingin melalui jaringan. Jika suhu di kotak transmisi melebihi kisaran yang ditentukan, alarm akan dibunyikan sehingga staf dapat mengambil tindakan tepat waktu. Penelitian ini berbasis AI untuk mengolah data dan informasi produk melalu 4 tahapan utama yaitu tahapan pengumpulan data, tahapan pengolahan data, tahapan transmisi data, dan tahapan pada pusat data (Qiu, 2024).

Warehousing* berbasis *Artificial Intelligence

Sistem *warehousing* berkembang pesat disertai tantangan pada operasi manual yang dapat menjadi hambatan bagi pembangunan berkelanjutan perusahaan logistik, salah satunya perusahaan logistik produk pertanian. Perkembangan ekonomi saat ini menyebabkan adanya perluasan skala usaha yang membutuhkan sistem modern untuk meningkatkan efisiensi dan profit perusahaan. Dalam mengatasi tantangan terkait efisiensi sistem *warehousing*, teknologi *Radio Frequency Identification* atau RFID dapat menjadi jawaban untuk mengatasi hal tersebut. Teknologi *Artificial Intellegence* dapat mengoptimalkan dan meningkatkan akurasi pada penggunaan RFID, yang nantinya akan dapat diakses melalui *web-server* dan aplikasi yang terhubung dengan ponsel pengguna. RFID berperan dalam mengumpulkan data secara *real-time* untuk *database* yang akan membantu sistem AI dalam meningkatkan akurasi dan optimalisasi teknologi RFID, sehingga mengurangi konflik identifikasi label. Design perangkat lunak dari *intelligent logistics warehouse management* memiliki beberapa modul diantaranya manajemen informasi dasar logistik, manajemen sistem pengaturan, manajemen *warehouse*, dan manajemen statistik. Dengan penggunaan AI dalam teknologi RFID untuk *warehousing* memberikan beberapa keuntungan yaitu mengurangi biaya penanganan, meningkatkan efisiensi *warehousing*, serta menjadikan proses *warehousing* yang praktis dan cepat (Zhong & Chen, 2022).

Kecerdasan buatan atau AI dapat dikolaborasikan dengan sistem bernama *Ant Colony Optimisation* (ACO), teknologi robotik dan sensor UV untuk meningkatkan efisiensi manajemen gudang (*warehousing*). *Ant Colony Optimasation* atau ACO merencanakan dan membuat rute khusus dalam pengangkutan dan penyimpanan barang yang memberikan efisiensi waktu juga jarak tempuh, dengan tujuan menjaga kualitas dan kuantitas produk. Pada percobaan penelitian yang dilakukan oleh Subramanian dan rekan-rekan memberikan hasil positif terkait penggabungan teknologi AI, ACO, robotik, serta sensor UV. Penelitian ini memberikan penemuan inovatif di mana AI berperan untuk memberikan keputusan tepat dan cepat, ACO untuk optimasi rute alat pengangkut, lengan robotik untuk memilih dan menempatkan produk, serta detektor ultrasonik untuk menyesuaikan kecepatan alat transportasi. Pendekatan komprehensif pada penelitian ini memiliki tujuan agar menciptakan *warehouse* yang responsif dan mudah akan adaptasi medan atau rute yang akan dilalui oleh alat pengangkut, tidak hanya untuk mengurangi biaya penanganan tetapi juga menyempurnakan arah rute untuk keamanan produk. Penggunaan alat detektor sensor ultrasonik pada penelitian ini memberikan keamanan pada sistem *warehousing* karena dapat mendeteksi penghalang dan mencegah benturan. Dengan pelacakan dan manajemen inventaris secara *real-time* oleh sistem AI, meminimalkan kesalahan dan meningkatkan akurasi sistem (Subramanian et al., 2023).

Warehousing berbasis AI dengan mengintegrasikan *AMRs*, *NFC*, *MILP*, dan Algoritma *Swarm* untuk mengatasi tingkat efisien rendah pada operasi dinamis dalam rantai pasok. Integrasi ini melampaui metode tradisional seperti *CAVs*, *UWB*, dan *DRL* karena telah mencapai

akurasi 94%, skor F1 95%, dan skalabilitas 92%. Otomatisasi *AMRs* meliputi pemilihan dan pengemasan produk, di mana mengurangi biaya tenaga kerja bersamaan dengan perencanaan rute dan tugas eksekusi dalam optimasi pekerjaan. NFC meningkatkan transmisi data secara *real-time* antara perangkat terhubung, meningkatkan pelacakan stok produk, dan mengurangi keterlambatan dalam pengambilan keputusan. MILP mengoptimasi alokasi sumber dan penjadwalan, ini meminimalisasi kendala dalam biaya operasi. Algoritma *swarm* mendistribusikan tugas antar robot pekerja dengan tepat, pemeliharaan adaptabilitas untuk segala perubahan dalam *warehouse* sekaligus meminimalisasi potensi gangguan. Perbandingan antara kerangka kerja berbasis AI yang diusulkan dan metode konvensional seperti *CAVs*, *UWB*, dan *DRL* dengan kerangka kerja yang diusulkan, memberikan hasil bahwa integrasi *AMRs*, *NFC*, *MILP*, dan Algoritma *Swarm*, yang terbukti unggul dalam kinerja dengan akurasi yang dilaporkan sebesar 94%, skor F1 sebesar 95%, dan skalabilitas sebesar 92%. Kerangka kerja ini menunjukkan bagaimana teknologi modern dapat diimplementasikan secara efektif untuk mengatasi tingkat efisiensi rendah guna menghasilkan solusi yang dapat diskalakan, adaptif, dan efisien untuk manajemen gudang dan rantai pasokan pada era saat ini (Bobba, 2025).

KESIMPULAN

Penerapan *Artificial Intelligence* dalam sistem *cold chain logistics* dan *smart warehousing* memberikan kontribusi signifikan dalam mengurangi kehilangan hasil pasca panen, khususnya pada komoditas yang bersifat *perishable* seperti buah dan sayur. Berdasarkan hasil studi literatur, teknologi seperti IoT, RFID, serta algoritma AI mampu meningkatkan efisiensi pemantauan, prediksi umur simpan, dan respons terhadap kondisi lingkungan secara *real-time*. Sistem berbasis AI terbukti meningkatkan akurasi operasional gudang, mempercepat proses distribusi, serta mengurangi kesalahan dalam manajemen stok. Dalam sistem *cold chain*, AI membantu memastikan suhu dan kelembaban tetap optimal selama transportasi dan penyimpanan, sedangkan dalam *smart warehousing*, integrasi dengan teknologi robotik dan sistem prediktif mampu menciptakan proses otomasi yang efisien dan adaptif terhadap dinamika pasar. Meskipun masih terdapat tantangan, seperti biaya awal yang tinggi dan keterbatasan sumber daya manusia terampil, potensi implementasi AI dalam logistik pertanian sangat besar untuk mendukung ketahanan pangan dan keberlanjutan sistem distribusi di masa depan.

Artikel ini menyimpulkan bahwa integrasi AI dalam sistem logistik pertanian mampu meningkatkan efisiensi pemantauan kondisi lingkungan, mempercepat distribusi, serta mengurangi kehilangan pasca panen. Temuan ini memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan sistem distribusi pangan yang berkelanjutan. Ke depan, penting untuk mengembangkan model AI yang adaptif terhadap variasi iklim dan keterbatasan infrastruktur di daerah pertanian terpencil.

DAFTAR PUSTAKA

Afreen, H., & Bajwa, I. S. (2021). "An IoT-Based Real-Time Intelligent Monitoring and Notification System of Cold Storage". *IEEE Access*, *9*, 38236–38253. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3056672

Bappenas. (2021). *Food Loss*.

Bobba, J. (2025). "AI-Powered Warehouse Management: Autonomous Mobile Robots and Advanced Optimization with NFC, MILP, and Swarm Algorithms". *2025 International Conference on Wireless Communications Signal Processing and Networking (WiSPNET)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/WiSPNET64060.2025.11004979

Buntak, K., Brlek, P., & Cesarec, B. (2021). "The Impact of the Internet of Things and Artificial Intelligence on the Supply Chain". *21st International Scientific Conference Business Logistics in Modern Managemen*, 369–383.

Fadiji, T., Bokaba, T., Fawole, O. A., & Twinomurinzi, H. (2023). "Artificial intelligence in postharvest agriculture: mapping a research agenda". *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *7*(September), 1–23. https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1226583

FAO. (2011). "Food loss and food waste: Causes and solutions". In *Food Loss and Food Waste: Causes and Solutions*. https://doi.org/10.4337/9781788975391

FAO. (2019). "Food & Agriculture". In *Chemistry and Industry (London)* (Vol. 83, Issue 2). https://doi.org/10.1002/cind.832_8.x

Fitria Wahyu Andriani, Yusra, G. A. R. (2021). "Persepsi Nelayan Terhadap Ice Flake Machine Sebagai Sarana Rantai Dingin di Kota Padang". *Jurnal Airaha*, *75*(17), 399–405.

Han, J. W., Zuo, M., Zhu, W. Y., Zuo, J. H., Lü, E. L., & Yang, X. T. (2021). "A comprehensive review of cold chain logistics for fresh agricultural products: Current status, challenges, and future trends". *Trends in Food Science and Technology*, *109*(January), 536–551. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.066

Hanif, C. U. (2025). *PENERAPAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE UNTUK MENINGKATKAN*. *9*(1), 407–413.

Imam Zaenuddin, A. B. R. (2016). "Perkembangan Kecerdasan Buatan (AI) Dan Dampaknya Pada Dunia Teknologi". *Jurnal Informatika Utama*, *2*(2), 1–23.

Jackson, I., Namdar, J., Saénz, M. J., Elmquist, R. A., & Dávila Novoa, L. R. (2024). "Revolutionize cold chain: an AI/ML driven approach to overcome capacity shortages". *International Journal of Production Research*, *7543*. https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2398583

Kollia, I., Stevenson, J., & Kollias, S. (2021). "Ai-enabled efficient and safe food supply chain". *Electronics (Switzerland)*, *10*(11), 1–21. https://doi.org/10.3390/electronics10111223

Kumar, D., & Kalita, P. (2017). "Reducing postharvest losses during storage of grain crops to strengthen food security in developing countries". *Foods*, *6*(1), 1–22. https://doi.org/10.3390/foods6010008

Kumar, I., Rawat, J., Mohd, N., & Husain, S. (2021). "Opportunities of Artificial Intelligence and Machine Learning in the Food Industry". *Journal of Food Quality*, *2021*. https://doi.org/10.1155/2021/4535567

Lalpekhlua, K., Tirkey, A., Saranya, S., & Babu, P. J. (2024). "Post-harvest Management Strategies for Quality Preservation in Crops". *International Journal of Vegetable Science*, *00*(00), 1–49. https://doi.org/10.1080/19315260.2024.2392551

Liu, T., & Ju, H. (2024). "Research on the Application of IOT and AI in Modern Logistics and Warehousing". *Journal of Industrial Engineering and Applied Science*, *2*(2), 1–4. https://doi.org/10.5281/zenodo.10755279

Lubis, L. H., Nasution, M. I., & Hartati, S. (2024). "*Navigation Physics: Journal of Physics Education Studi Penerapan Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman Kangkung Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler*". *6*, 2–9.

Ni Putu Decy Arwin, I. P. K. S. (2025). "*PERANAN GUDANG (WAREHOUSE) DALAM KEGIATAN LOGISTIK*". *8*(1), 1–11. https://www.ejournal.universitasmahendradatta.ac.id/index.php/vastuwidya/article/view/1252/741

Pokhrel, B. (2020). "Review on post-harvest handling to reduce loss of fruits and vegetables". *International Journal of Horticulture and Food Science*, *2*(2), 48–52. https://doi.org/10.33545/26631067.2020.v2.i2a.52

Ponis, S. T., & Efthymiou, O. K. (2020). "Automation and Intralogistics". *Logistics Journal*.

Qiu, W. (2024). "Design of Cold Chain Storage and Transportation Monitoring System for Fresh Agricultural Products Based on Artificial Intelligence". *2024 IEEE 3rd International Conference on Electrical Engineering, Big Data and Algorithms, EEBDA 2024*, 1402–1406. https://doi.org/10.1109/EEBDA60612.2024.10485948

HYβRIDA
ISSN : 3031-1314
Jurnal Pertanian, Peternakan, Perikanan
Vol 3 No 2 Tahun 2025.
PrefixDOI:10.3766/hibrida.v1i2.3753

Ramdhani, W., Suhendi, A., & Nurwulan. (2023). "Pemantauan Suhu, Kelembaban dan Posisi Dari Sebuah Cold Storage dan Cold Chain Untuk Distribusi Vaksin Berbasis IoT (Internet Of Things)". *E-Proceeding of Engineering*, *10*(5), 4426–4432.

Ridley, D. (2012). *The literature review: A step-by-step guide for students*.

Saurabh Sharma, Vijay Kumar Gahlawat, Kumar Rahul, Rahul S Mor, M. M. (2021). "Sustainable Innovations in the Food Industry through Artificial Intelligence and Big Data Analytics". *Journal Logistics*, 1–16. https://addepto.com/blog/artificial-intelligence-and-big-data-analytics-in-accounting/

Subramanian, M., Agalya, M., Divya, V., & Harini, R. (2023). "AI Based Warehouse Management System". *2023 Intelligent Computing and Control for Engineering and Business Systems, ICCEBS 2023*, 1–5. https://doi.org/10.1109/ICCEBS58601.2023.10448946

Sugiyono, P. D. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan RnD*. Bandung: Alfabeta.

Susilo, R. F. N., & Athallah, S. F. (2023). "Penggunaan Artificial Intelligence (Ai) Dalam Membangun Sistem Pangan Berkelanjutan Di Indonesia". *Jurnal Imagine*, *3*(2), 106–107. https://jurnal.std-bali.ac.id/index.php/imagine

Tandan Chhetri, R., Magar, P., Kandel, S., & Gnyawali, P. (2023). "a Review Paper on Post-Harvest Loss on Fruits and Vegetables". *Food and Agri Economics Review*, *3*(1), 01–04. https://doi.org/10.26480/faer.01.2023.01.04

Taneja, A., Nair, G., Joshi, M., Sharma, S., Sharma, S., Jambrak, A. R., Roselló-Soto, E., Barba, F. J., Castagnini, J. M., Leksawasdi, N., & Phimolsiripol, Y. (2023). "Artificial Intelligence: Implications for the Agri-Food Sector". *Agronomy*, *13*(5), 1–20. https://doi.org/10.3390/agronomy13051397

van Geest, M., Tekinerdogan, B., & Catal, C. (2021). "Design of a reference architecture for developing smart warehouses in industry 4.0". *Computers in Industry*, *124*, 103343. https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103343

Veres, P. (2023). "Increasing the efficiency of warehouse analysis using artificial intelligence". *Acta Logistica*, *10*(3), 445–451. https://doi.org/10.22306/AL.V10I3.415

Wang, Y., Pochan, J., Panichakarn, B., & Garin, M. E. (2024). "Strategies for digital transformation of cold chain logistics of fresh agricultural products based on Internet of things". *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, *8*(7), 1–22. https://doi.org/10.24294/jipd.v8i7.4987

Yang, B., & Huang, Z. (2021). "The Application Research of Artificial Intelligence in Logistics Field". *Proceedings - 2021 International Conference on Intelligent Computing, Automation and Applications, ICAA 2021*, 203–208. https://doi.org/10.1109/ICAA53760.2021.00043

Zhong, X., & Chen, Z. (2022). "Design of Logistics Warehousing System Based on Artificial Intelligence Technology". *2022 IEEE 2nd International Conference on Electronic Technology, Communication and Information, ICETCI 2022*, 711–717. https://doi.org/10.1109/ICETCI55101.2022.9832379