

Tren Digitalisasi dalam Meningkatkan Efisiensi Manajemen Rantai Pasok Agribisnis

Muhammad Mumtaz Nurzaman*, Intan Nazwa Gunawan, Ridho Pamungkas, Juli Winando Lumban Toruan, Anna Fitriani

Agribisnis, Fakultas Agroteknopreneur dan Agraria, Universitas Nusa Bangsa

*Email Korespondensi: mumtaznurzaman@gmail.com

Abstrak

Perkembangan teknologi digital telah mendorong transformasi signifikan pada manajemen rantai pasok agribisnis yang memiliki karakteristik kompleks dan rentan terhadap kerusakan produk. Penelitian ini bertujuan memetakan tren digitalisasi rantai pasok agribisnis serta mengidentifikasi teknologi digital yang paling dominan dan tantangan implementasinya. Kajian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) dengan penelusuran artikel pada basis data *ScienceDirect*. Proses penelusuran menggunakan kombinasi kata kunci terstruktur terkait *agricultural supply chain*, IoT, AI, *digital transformation*, *big data*, *blockchain*, *cloud computing*, *smart farming*, *digital agriculture*, dan *precision agriculture*. Seleksi artikel dilakukan melalui tahapan PRISMA hingga diperoleh 56 artikel relevan yang dianalisis menggunakan perangkat *VOSviewer* untuk menghasilkan visualisasi ko-okurensi, tren kronologis, dan kepadatan topik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi IoT dan *blockchain* merupakan teknologi yang paling banyak digunakan dalam meningkatkan transparansi, ketelusuran, dan efisiensi operasional rantai pasok pangan. Tren riset terbaru bergerak menuju adopsi teknologi tingkat lanjut seperti *artificial intelligence*, *explainable AI*, dan jaringan *6G* untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis keberlanjutan. Analisis densitas mengungkapkan bahwa isu *food waste and loss* masih kurang dieksplorasi sehingga menjadi celah riset penting, di samping tantangan interoperabilitas data, literasi digital petani, dan kesiapan infrastruktur. Secara keseluruhan, penelitian ini menyimpulkan bahwa digitalisasi rantai pasok agribisnis berkembang menuju integrasi multi-teknologi yang menekankan transparansi, optimasi, dan keberlanjutan.

Kata kunci: AI, Bibliometrik, Blockchain, Internet Untuk Segala, Rantai Pasok Agribisnis

Abstract

The development of digital technology has driven a significant transformation in agribusiness supply chain management, which has complex characteristics and is vulnerable to product spoilage. This study aims to map digitalization trends in the agribusiness supply chain and identify the most dominant digital technologies and their implementation challenges. This study uses a *Systematic Literature Review* (SLR) approach by searching for articles in the *ScienceDirect* database. The search process utilizes a structured combination of keywords related to *agricultural supply chain*, IoT, AI, *digital transformation*, *big data*, *blockchain*, *cloud computing*, *smart farming*, *digital agriculture*, and *precision agriculture*. Article selection was conducted through the PRISMA framework to obtain 56 relevant articles analyzed using *VOSviewer* software to generate co-occurrence, chronological trend, and topic density visualizations. The results show that the integration of IoT and *blockchain* is the most widely used technology to improve transparency, traceability, and operational efficiency of the food supply chain. Recent research trends are moving toward the adoption of advanced technologies such as *artificial intelligence*, *explainable AI*, and *6G* networks to support sustainability-based decision-making. Density analysis reveals that the issue of food waste and loss is still underexplored, making it an important research gap alongside challenges of data interoperability, farmers' digital literacy, and infrastructure readiness. Overall, this study concludes that agribusiness supply chain digitalization is evolving toward multi-technology integration that emphasizes transparency, optimization, and sustainability.

Keywords: AI, Agribusiness Supply Chain, Bibliometric, Blockchain, Internet of Things

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital telah mendorong transformasi pada sektor agribisnis, terutama dalam pengelolaan rantai pasok yang melibatkan proses produksi, penyimpanan, distribusi, pengolahan, hingga pemasaran produk. Rantai pasok agribisnis memiliki karakteristik kompleks karena produk pertanian umumnya memiliki kandungan air yang tinggi membuatnya mudah rentan terhadap pembusukan dan kerusakan fisik (Mubarak, 2024) serta melibatkan banyak pelaku dari hulu sampai hilir. Manajemen rantai pasok sangat penting dalam mendukung efisiensi, keberlanjutan dan daya saing pada sektor agribisnis. Rantai pasok perlu dioptimalkan dengan adopsi teknologi informasi, IoT, *Blockchain* dengan integrasi prinsip berkelanjutan dapat meningkatkan efisiensi logistik, mengurangi emisi karbon dan meminimalisir limbah (Nasution & Ningsih, 2025).

Isu digitalisasi dalam rantai pasok agribisnis tidak hanya berkaitan dengan penggunaan teknologi secara terpisah, tetapi juga dengan kemampuan teknologi tersebut dalam membentuk sistem yang terintegrasi. Studi terdahulu menegaskan bahwa integrasi teknologi informasi seperti IoT, *blockchain*, dan *big data* mampu meningkatkan visibilitas, akurasi data, serta efisiensi operasional dalam manajemen rantai pasok (Jamal *et al.*, 2024). IoT dapat digunakan untuk pemantauan kondisi produk dan proses distribusi, AI serta big data mendukung analisis dan prediksi, *blockchain* memperkuat ketelusuran dan transparansi dalam meningkatkan kepercayaan, integritas data, dan efisiensi operasional di seluruh rantai pasok (Khatun & Darwish, 2025). Sedangkan cloud computing sebagai sistem penyimpanan cloud memungkinkan penyimpanan dan pertukaran data antar pelaku rantai pasok. Pada sisi produksi, penerapan smart farming, digital agriculture, dan precision agriculture memperkuat pengelolaan sumber daya secara lebih akurat sehingga dapat mendukung efisiensi rantai pasok secara keseluruhan (Ismaya & Hamidah, 2026). Oleh karena itu, penerapan teknologi seperti *Internet of Things* (IoT), *Artificial Intelligence* (AI), *digital transformation*, *big data*, *blockchain*, *cloud computing*, *smart farming*, *digital agriculture*, dan *precision agriculture* menjadi relevan untuk meningkatkan efisiensi, transparansi, ketelusuran, serta ketahanan rantai pasok agribisnis.

Berdasarkan meningkatnya perhatian terhadap topik tersebut, penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) untuk memetakan perkembangan digitalisasi rantai pasok agribisnis. Fokus kajian disusun berdasarkan dua kombinasi kata kunci pada Tabel 1, yaitu kelompok kata kunci yang menekankan *agriculture supply chain*, IoT, AI, dan digital transformation, serta kelompok kata kunci

yang mengacu pada big data, blockchain, cloud computing, smart farming, digital agriculture, dan precision agriculture. Berdasarkan latar belakang tersebut, kajian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) untuk menjawab dua pertanyaan penelitian yaitu, bagaimana tren teknologi digital dalam manajemen rantai pasok Agribisnis? Apa tantangan dan *research gap* dalam implementasi *digital supply chain*? Hasil kajian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan penelitian selanjutnya.

METODE

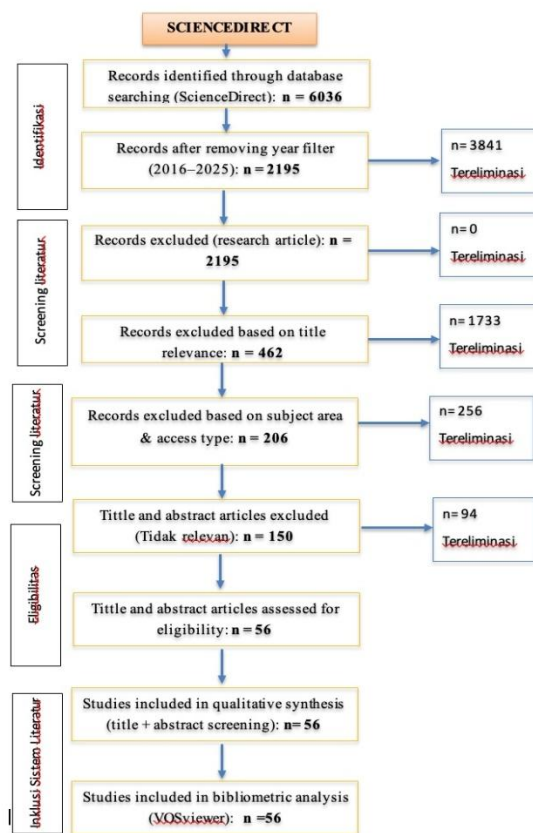
Metode penelitian yang digunakan dalam kajian ini adalah *Systematic Literature Review* (SLR). Secara umum, prosedur pelaksanaan SLR mengikuti tiga fase utama yaitu perencanaan (*planning*), pelaksanaan (*conducting*), dan pelaporan (*reporting*) (Kitchenham, 2004). Secara operasional, ketiga fase tersebut diturunkan ke dalam tujuh tahapan sistematis diantaranya, Perumusan pertanyaan penelitian, penentuan basis data, penetapan istilah pencarian, penelusuran literatur, penerapan kriteria inklusi dan eksklusi, seleksi artikel relevan; (7) sintesis hasil temuan (Kitchenham, 2004; Toruan, 2026). Pencarian artikel menggunakan basis data (Tabel 1) yang berasal dari ScienceDirect. Proses penelusuran literatur dilakukan pada tanggal 17 Juni 2026 dengan permintaan pencarian yang terstruktur dengan menggabungkan berbagai istilah terkait dengan tren digitalisasi dan manajemen rantai pasok agribisnis. Kualifikasi teknis yang diterapkan yaitu jenis dokumen berupa *research article*, *open access*, dan *open archive*.

Tabel 1. Kata Kunci Pencarian dan Kriteria Pengambilan Artikel yang Sesuai pada Database Sciencedirect

Basis Data	Kata kunci	Hasil	Hasil Keseluruhan
ScienceDirect	("agricultural supply chain" OR "agribusiness supply chain" OR "food supply chain") AND ("IoT" OR "AI" OR "Digital Transformation") AND ("trend OR development OR bibliometric")	156	206
	("agricultural supply chain" OR "agribusiness supply chain" OR "food supply chain") AND ("big data" OR "blockchain" OR "cloud computing") AND ("smart farming" OR "digital agriculture" OR "precision agriculture")	50	

Berdasarkan Tabel 1, pencarian awal pada ScienceDirect menghasilkan 206 artikel, terdiri atas 156 artikel dari kombinasi kata kunci pertama dan 50 artikel dari kombinasi kata kunci kedua. Selanjutnya, artikel diseleksi menggunakan tahapan PRISMA (Gambar 1) melalui proses identifikasi, penyaringan, kelayakan, serta eksklusi dan inklusi.

Artikel yang tidak sesuai dengan fokus rantai pasok agribisnis, hanya membahas aspek teknis teknologi tanpa keterkaitan dengan manajemen rantai pasok, tidak tersedia dalam teks lengkap, duplikat, atau tidak memenuhi rentang tahun 2016–2025 dikeluarkan dari analisis. Setelah proses seleksi, diperoleh hasil akhir sebanyak 56 artikel yang memenuhi kriteria dan digunakan sebagai bahan sintesis. Selain itu, perangkat lunak VOSviewer versi 1.6.21 digunakan untuk membuat visualisasi jaringan ko-okurensi kata kunci sehingga hubungan antar kata kunci utama, tema dominan, dan arah perkembangan penelitian dapat dipetakan secara visual.



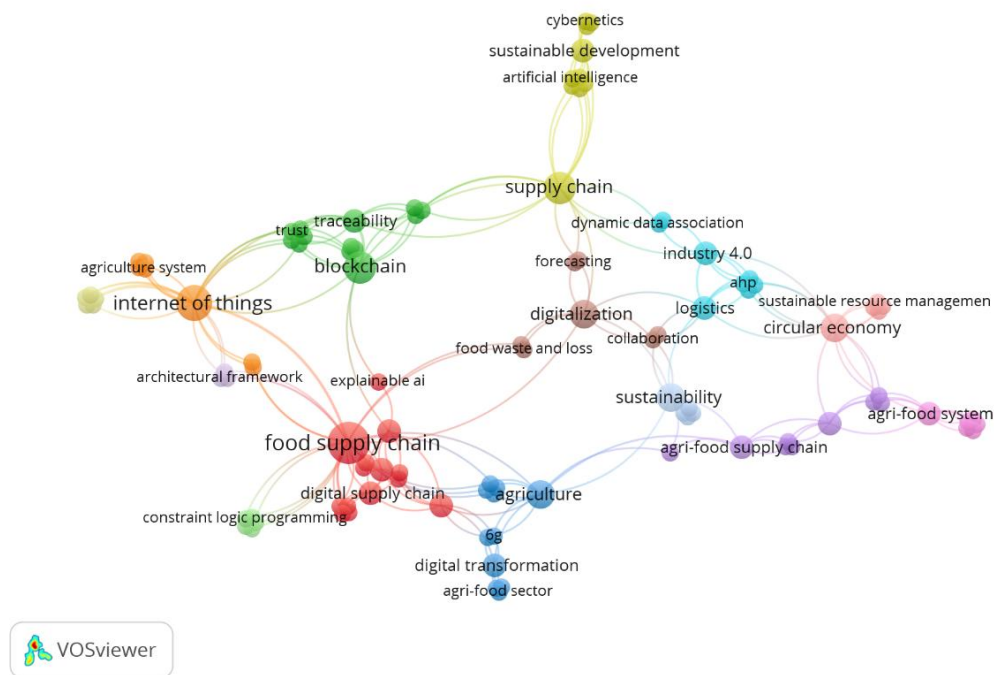
Gambar 1. Bagan Kerangka Kerja SLR (*Systematic Literature Review*)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkembangan dan Jenis Teknologi Digital dalam Rantai Pasok Agribisnis

Berdasarkan pemetaan ko-okurensi menggunakan VOSViewer dan dioptimalisasi dengan thesaurus file, hasil visualisasi ko-okurensi kata kunci pada gambar 2 menunjukkan bahwa tren digitalisasi rantai pasok agribisnis berpusat pada integrasi dari hulu hingga hilir

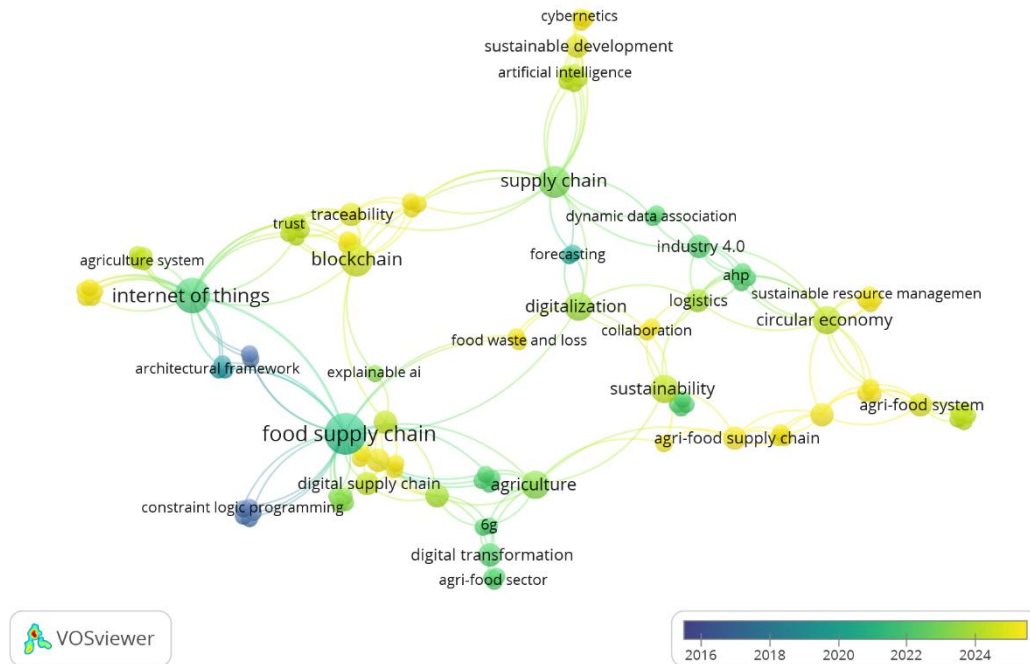
antara *food supply chain* dan *internet of things* (IoT). Perangkat IoT berperan sebagai penangkap data otomatis di lapangan yang kemudian diamankan melalui teknologi *blockchain* (kluster hijau) untuk menjamin aspek *traceability* dan membangun *trust* konsumen. Di posisi sentral analitis, proses *digitalization* dikombinasikan dengan teknik *forecasting* untuk membangun kolaborasi yang efektif dalam menekan angka penyusutan pangan *food waste and loss*.



Gambar 2. Visualisasi Jaringan Literatur Berkaitan dengan Digitalisasi Manajemen Rantai Pasok. (Sumber: Hasil pengolahan VOSViewer)

Melalui analisis kronologis pada Gambar 3, arah riset mengalami pergeseran dari yang semula berfokus pada pemodelan dasar, kini bergerak dinamis menuju adopsi teknologi mutakhir masa depan (2024–2026). Tren terbaru ini ditandai dengan munculnya eksplorasi jaringan telekomunikasi "6g" untuk mendukung kebutuhan transmisi data masif, serta penerapan kecerdasan buatan tingkat lanjut seperti *artificial intelligence* dan *explainable ai*. Pada akhirnya, seluruh implementasi instrumen digital dan arsitektur Industri 4.0 ini diarahkan secara makro untuk mendukung pengambilan keputusan yang berorientasi pada *sustainable development* dan perwujudan ekosistem *circular economy* di dalam sistem pangan global (*agri-food system*). Pada Visualisasi jaringan dan overlay

literatur terdapat dua teknologi digital yang masih sering digunakan ditunjukkan pada node yang paling besar pada teknologi Internet of Things dan Blockchain yang saling terintegrasi.

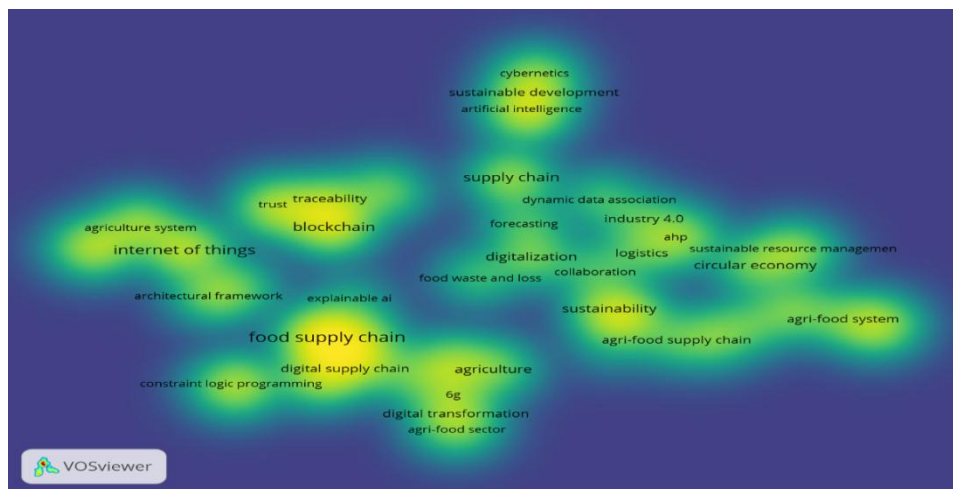


Gambar 3. Visualisasi Overlay Tren Tahun Literatur Terkait Digitalisasi Manajemen Rantai Pasok. (Sumber: Hasil pengolahan VOSViewer)

Tantangan dan Celah Penelitian (*Research Gap*) Implementasi *Digital Supply Chain*

Kemudian visualisasi densitas analisis kepadatan (Gambar 4) memberikan gambaran yang jelas mengenai tingkat kejenuhan topik serta celah penelitian *research gap* baru yang dapat dieksplorasi dalam manajemen rantai pasok agribisnis. Warna kuning yang paling terang dan pekat berpusat pada istilah *food supply chain*, *internet of things*, *blockchain*, dan *agriculture*. Hal ini membuktikan bahwa area-area tersebut merupakan zona riset yang sudah sangat mapan (*mature*) dan jenuh, ketika fokus akademisi global saat ini masih sangat terdominan pada implementasi dasar pelacakan komoditas dan digitalisasi operasional pertanian. Sebaliknya, celah penelitian *research gap* potensial ditunjukkan oleh kata kunci yang berada di area periferi dengan pendaran warna hijau redup atau mendekati latar belakang biru gelap. Topik-topik yang masih jarang dieksplorasi namun

memiliki urgensi tinggi di masa depan meliputi *explainable ai*, *digitalization*, *constraint logic programming*, *cybernetics*, *food waste and lost* yang merujuk pada sustainable resource management. Kurangnya kepadatan riset pada istilah *explainable ai* menunjukkan adanya tantangan nyata berupa batasan kepercayaan (*trust*) pengguna terhadap keputusan kecerdasan buatan yang masih bersifat black box yaitu sistem internalnya tidak diketahui. Celah-celah riset yang masih redup inilah yang menjadi ruang kontribusi kebaruan *novelty* bagi penelitian ini untuk dikembangkan lebih mendalam, khususnya dalam merancang integrasi teknologi yang tidak hanya cerdas secara operasional, tetapi juga transparan dan berkelanjutan secara sistemik.



Gambar 4. Visualisasi Densitas Area Jenuh Dan Gelap Literatur Terkait Digitalisasi Manajemen Rantai Pasok. (Sumber: Hasil pengolahan VOSViewer)

Pembahasan

Hasil pemetaan bibliometrik menunjukkan bahwa perkembangan tema dalam kajian digitalisasi rantai pasok agribisnis bergerak dari fokus awal pada adopsi teknologi sensor dasar menuju integrasi multi-teknologi yang lebih kompleks guna mendukung transparansi, optimasi logistik, dan keberlanjutan sistem pangan global. Berdasarkan pemetaan ko-okurensi kata kunci (Gambar 2), tren riset dunia saat ini berpusat kuat pada interkoneksi antara hulu hingga hilir yang mempertemukan komponen *food supply chain* dan *internet of things* (IoT). Sejumlah penelitian awal menyoroti bahwa penggunaan sensor IoT di tingkat hulu pertanian sangat efektif untuk menangkap data kondisi kesehatan tanah, cuaca, dan tanaman secara *real-time* (Gebresenbet *et al.*, 2023; Jantapoon & Amornwattahcharoenchai, 2025; Zhang *et al.*, 2017). Fokus tersebut kemudian bergeser secara dinamis pada aspek pengamanan data hulu-hilir melalui teknologi *blockchain* untuk

menjamin aspek ketelusuran *traceability* serta membangun kepercayaan *trust* konsumen secara akuntabel (Hasan *et al.*, 2024; Hosseini *et al.*, 2025; Zhao *et al.*, 2023).

Selanjutnya, literatur menunjukkan bahwa implementasi konkret dari ekosistem digital ini mulai diterapkan pada berbagai komoditas agribisnis bernilai tinggi serta logistik pangan yang sensitif terhadap kerusakan fisik maupun pembusukan. Pada sektor perkebunan seperti industri zaitun global, adopsi "IoT" dan *blockchain* terbukti mampu menekan pembengkakan biaya produksi sekaligus memitigasi dampak perubahan iklim (Parra-López *et al.*, 2025). Sementara itu, pada logistik pangan beku (*frozen food*), integrasi teknologi ini menjadi pilar utama dalam menjaga integritas rantai dingin (*cold chain*) melalui arsitektur penyimpanan data yang tidak dapat dimanipulasi (*immutable recording*) (Uyar *et al.*, 2025). Penerapan teknologi berbasis *blockchain* ini juga berinteraksi secara dinamis dengan standar keberlanjutan sukarela (*voluntary sustainability standards*) yang telah ada, di mana efektivitasnya di lapangan sangat bergantung pada arsitektur sistem yang dipilih, baik bersifat koeksis, sinergis, maupun antagonis (Köhler *et al.*, 2022).

Secara tematik, modernisasi operasional ini mulai mengadopsi pendekatan optimasi tingkat lanjut dan manajemen strategis yang berporos pada kluster *digitalization*, *forecasting*, dan *collaboration*. Kehadiran kluster *constraint logic programming* menunjukkan peran penting pemodelan matematika komputasi dan model optimasi dalam menjadwalkan rute armada logistik (*vehicle routing*), perencanaan jadwal, serta mengalokasikan sumber daya pertanian yang terbatas secara efisien dalam lingkungan operasional yang ketat (Andika *et al.*, 2025; Brinken *et al.*, 2025; Maheshwari *et al.*, 2023). Melalui logistik berbasis data terintegrasi dan simulasi waktu nyata (*real-time simulation*) ini, risiko keterlambatan distribusi yang sering memicu kelangkaan pangan di wilayah perkotaan dapat dikurangi melalui peningkatan fleksibilitas produksi serta ketepatan waktu pengiriman (Brinken *et al.*, 2025; Maheshwari *et al.*, 2023; Tsolakis *et al.*, 2023).

Transformasi digital di sektor agribisnis tidak hanya bertujuan untuk mengotomatisasi pencatatan data, melainkan untuk membangun sistem peramalan pasokan dan permintaan yang presisi. Integrasi arsitektur komputasi tingkat lanjut seperti *Convolutional Neural Networks* (CNN) dan *Bidirectional Long Short-Term Memory* (BiLSTM) mampu menciptakan korelasi temporal untuk menghasilkan estimasi permintaan pasar yang akurat untuk keputusan proaktif (Dalal *et al.*, 2024). Melalui kolaborasi berbasis data yang transparan dan kelincahan rantai pasok (*supply chain agility*), para aktor agribisnis termasuk peternak skala kecil dalam ekosistem berkembang dapat

memitigasi efek *bullwhip* serta menerjemahkan adopsi analitik digital menjadi peningkatan performa operasional yang nyata, yang secara simultan memperkuat produktivitas, akses pasar, serta resiliensi rantai pasok (Putritamara *et al.*, 2025; Sargani *et al.*, 2025).

Meskipun demikian, hasil visualisasi densitas (Gambar 4) menunjukkan bahwa tema-tema seperti *explainable ai*, *food waste and lost*, dan tantangan *smallholder farmers* masih relatif kurang diteliti dibandingkan tema-tema inti yang sudah mapan *mature* seperti *agriculture* dan IoT. Rendahnya perhatian riset terhadap *research gap* tersebut kemungkinan disebabkan oleh beberapa hal. Pertama, kurangnya kepadatan riset pada istilah *explainable ai* menunjukkan adanya tantangan nyata berupa batasan kepercayaan *trust* pengguna terhadap keputusan kecerdasan buatan yang masih bersifat *black box* atau sistem internalnya tidak diketahui secara transparan. Kedua, perhatian riset global yang secara spesifik mengintegrasikan multi-teknologi digital untuk mengatasi *food waste and loss* (FWL) dari hulu hingga hilir *farm-to-fork* masih tergolong minim dan terfragmentasi, melalui kondisi tersebut studi literatur sistematis dalam sepuluh tahun terakhir menegaskan pentingnya kerangka kerja manajemen jaringan digital multifaset untuk mensimulasikan penanganan kompleksitas FWL di setiap fase rantai pasok (An & Galera-Zarco, 2025; Mohammed *et al.*, 2025). Sementara itu, pembuktian berbasis pemodelan "Bayesian" menegaskan bahwa elemen manajemen sampah "waste management" memegang peran paling penting dalam dimensi lingkungan pada ekosistem rantai pasok berbasis IoT, ketika infrastruktur digital ini berjalan selaras dengan pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs) (Sharifpour Arabi *et al.*, 2025). Ketiga, efektivitas implementasi teknologi di dunia nyata, khususnya pada skenario pertanian daerah berskala besar di negara berkembang, memerlukan kapasitas transfer data bervolume tinggi dan berlatensi rendah pada ekosistem jaringan generasi terbaru (Van Hilten & Wolfert, 2022). Skenario ini masih terbentur oleh tingginya biaya investasi awal, rendahnya literasi digital petani kecil, masalah keamanan, tantangan jaringan, serta hambatan interoperabilitas data yang menahan laju adopsi teknologi (Narwane *et al.*, 2022; Parra-López *et al.*, 2025; Van Hilten & Wolfert, 2022).

Secara keseluruhan, hasil kajian ini menunjukkan bahwa meskipun penelitian mengenai digitalisasi rantai pasok agribisnis terus meningkat dalam satu dekade terakhir, sebagian besar studi masih didominasi oleh implementasi dasar pelacakan komoditas dan digitalisasi operasional pertanian di tingkat hilir yang cenderung repetitif dalam kerangka kerja yang seragam. Kebaruan *novelty* riset masa depan dapat dicapai melalui penyajian kerangka teoretis baru, penawaran interpretasi yang segar atas data yang sudah ada, ataupun

pengembangan metodologi inovatif (Okeke, 2025). Sementara itu, dimensi struktural yang lebih kompleks seperti mitigasi sampah pangan sistemik, integrasi kecerdasan buatan yang akuntabel, serta inklusivitas infrastruktur bagi petani skala kecil masih relatif kurang dieksplorasi. Oleh karena itu, penelitian pada masa mendatang perlu diarahkan pada penguatan metode peramalan mutakhir, penyusunan legislasi teknologi yang adaptif, serta perancangan integrasi multi-teknologi yang tidak hanya cerdas secara operasional, tetapi juga transparan, resilien, dan berkelanjutan secara sistemik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Digitalisasi rantai pasok agribisnis global berkembang menuju integrasi multi-teknologi tingkat lanjut untuk mendukung transparansi, optimasi operasional, dan keberlanjutan sistem pangan hulu-hilir. Integrasi *internet of things* (IoT) dan *blockchain* menjadi fondasi utama dalam menciptakan sistem pelacakan yang akuntabel, efisien, serta mampu membangun kepercayaan konsumen terhadap komoditas segar. Tren riset kini bergeser ke arah manajemen strategis melalui peramalan *forecasting* berbasis kecerdasan buatan, kolaborasi digital, dan optimasi logistik armada untuk menekan risiko kelangkaan pangan urban. Meskipun demikian, terdapat celah penelitian *research gap* krusial terkait minimnya digitalisasi untuk memitigasi *food waste and loss*, keterbatasan kecerdasan buatan yang bersifat *black box*, *explainable ai*, serta hambatan infrastruktur dan literasi digital petani skala kecil.

Sejalan dengan temuan tersebut, disarankan pengembangan kerangka digital yang inklusif dan adaptif untuk mendukung petani kecil, meningkatkan interoperabilitas data, serta memperkuat analitik prediktif. Penelitian masa depan perlu diarahkan pada pemodelan integrasi teknologi dalam mitigasi sampah pangan hulu-hilir yang adaptif terhadap keterbatasan infrastruktur agribisnis.

DAFTAR PUSTAKA

- An, H., & Galera-Zarco, C. (2025). Tackling food waste and loss through digitalization in the food supply chain: A systematic review and framework development. *Technological Forecasting and Social Change*, 217, 124175. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.124175>
- Andika, A., Perdana, T., Chaerani, D., & Utomo, D. S. (2025). Transitioning towards zero waste in the agri-food supply chain: A review of sustainable circular agri-food supply chain. *Sustainable Futures*, 10, 100917. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2025.100917>

- Brinken, J., Trojahn, S., & Behrendt, F. (2025). A mixed method approach to integrate digitization and sustainability on German farms. *Smart Agricultural Technology*, 11, 101012. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.101012>
- Dalal, S., Lilhore, U. K., Simaiya, S., Radulescu, M., & Belascu, L. (2024). Improving efficiency and sustainability via supply chain optimization through CNNs and BiLSTM. *Technological Forecasting and Social Change*, 209, 123841. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123841>
- Gebresenbet, G., Bosona, T., Patterson, D., Persson, H., Fischer, B., Mandaluniz, N., Chirici, G., Zacepins, A., Komasilovs, V., Pitulac, T., & Nasirahmadi, A. (2023). A concept for application of integrated digital technologies to enhance future smart agricultural systems. *Smart Agricultural Technology*, 5, 100255. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100255>
- Hasan, H. R., Musamih, A., Salah, K., Jayaraman, R., Omar, M., Arshad, J., & Boscovic, D. (2024). Smart agriculture assurance: IoT and blockchain for trusted sustainable produce. *Computers and Electronics in Agriculture*, 224, 109184. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109184>
- Hosseini, S. E., Barati, A. A., Asadi, A., Bozorgi-Amiri, A., & Azadi, H. (2025). Smart agri-food supply chains during the 2020s: Mapping emerging trends, prevailing themes, and future directions. *Sustainable Futures*, 10, 101553. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2025.101553>
- Ismaya, B., & Hamidah, E. (2026). Penerapan teknologi smart farming dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi usahatani padi di Karawang. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(3).
- Jamal, R., Ikhval, A. A., Nisa, N. A., Qulbi, S. H., & Arifin, M. U. (2024). Penggunaan teknologi informasi dalam mengoptimalkan supply chain management. *Jurnal Inovasi Global*, 2(7), 737–750. <https://doi.org/10.58344/jig.v2i7.117>
- Jantapoon, K., & Amornwattahcharoenchai, P. (2025). Integrating sustainability and resilience in agri-food supply chains: A knowledge-based view of Thailand's pineapple industry in the digital era. *Sustainable Futures*, 10, 101264. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2025.101264>
- Khatun, M., & Darwish, T. (2025). Unlocking blockchain's potential in supply chain management: a review of challenges, applications, and emerging solutions. *Network*, 5(3), 34. <https://doi.org/10.3390/network5030034>
- Kitchenham, B. (2004). *Procedures for performing systematic reviews*.
- Köhler, S., Bager, S., & Pizzol, M. (2022). Sustainability standards and blockchain in agro-food supply chains: synergies and conflicts. *Technological Forecasting and Social Change*, 185, 122094. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122094>
- Maheshwari, P., Kamble, S., Belhadi, A., Venkatesh, M., & Abedin, M. Z. (2023). Digital twin-driven real-time planning, monitoring, and controlling in food supply chains. *Technological Forecasting and Social Change*, 195, 122799. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122799>

- Mohammed, A., Lopes De Sousa Jabbour, A. B., Zubairu, N., Chiappetta Jabbour, C. J., & Al Naabi, H. (2025). Food waste in the era of e-commerce: A novel farm-to-fork management methodology. *International Journal of Production Economics*, 285, 109603. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2025.109603>
- Mubarak, F. (2024). *Modul ajar pengantar agribisnis* (Jilid 2) (V. Y. Sundara, Ed.; Jilid 2). Universitas Jambi. <https://repository.unja.ac.id/id/eprint/73205>
- Narwane, V. S., Gunasekaran, A., & Gardas, B. B. (2022). Unlocking adoption challenges of IoT in Indian agricultural and food supply chain. *Smart Agricultural Technology*, 2, 100035. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100035>
- Nasution, E. W., & Ningsih, T. (2025). Optimalisasi manajemen rantai pasok dalam agribisnis: studi kasus produksi kelapa sawit di negara berkembang. *Tabela Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 3(1), 23–31. <https://doi.org/10.56211/tabela.v3i1.753>
- Okeke, R. C. (2025). *Understanding research novelty and research gaps: strategies for identifying unexplored areas and pioneering innovative contributions*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.15804528>
- Parra-López, C., Abdallah, S. B., Hassoun, A., Jagtap, S., Garcia-Garcia, G., Ben Hassen, T., Trollman, H., Trollman, F., & Carmona-Torres, C. (2025). Digital and industry 4.0 technologies in olive farming and industry: recent applications and future outlook. *Smart Agricultural Technology*, 12, 101376. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.101376>
- Putritamara, J. A., Toiba, H., Nugroho, T. W., Purwanti, T. S., Utami, H. D., Rahman, M. S., Syamsulhadi, M., & Nugroho, A. (2025). Digital transformation readiness and big data analytics in laying hen supply chains. *Sustainable Futures*, 10, 101422. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2025.101422>
- Sargani, G. R., Wang, B., Leghari, S. J., & Ruan, J. (2025). Is digital transformation the key to agricultural strength? A novel approach to productivity and supply chain resilience. *Smart Agricultural Technology*, 10, 100838. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.100838>
- Sharifpour Arabi, H., Fallah Lajimi, H., Amiri, M., Hashemi-Tabatabaei, M., & Hosseini, S. K. (2025). Enhancing food supply chain sustainability: Exploring the role of IoT enablers and sustainable development goals. *Sustainable Futures*, 10, 100979. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2025.100979>
- Toruan, J. W. L. (2026). Current directions and developments in research on environmentally friendly food consumer behavior: a systematic literature review. *Jurnal Ilmiah Sosio Agribis (JISA)*, 26(1:9-19). <https://doi.org/10.30742/jisa26120265301>
- Tsolakis, N., Harrington, T. S., & Srai, J. S. (2023). Leveraging automation and data-driven logistics for sustainable farming of high-value crops in emerging economies. *Smart Agricultural Technology*, 4, 100139. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100139>
- Uyar, H., Papanikolaou, A., Kapassa, E., Touloupou, M., & Rizou, S. (2025). Blockchain-enabled traceability and certification for frozen food supply chains: a conceptual

design. *Smart Agricultural Technology*, 12, 101085.
<https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.101085>

Van Hilten, M., & Wolfert, S. (2022). 5G in agri-food—A review on current status, opportunities and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 201, 107291. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107291>

Zhang, Y., Zhao, L., & Qian, C. (2017). Modeling of an IoT-enabled supply chain for perishable food with two-echelon supply hubs. *Industrial Management & Data Systems*, 117(9), 1890–1905. <https://doi.org/10.1108/IMDS-10-2016-0456>

Zhao, G., Chen, H., Liu, S., Dennehy, D., Jones, P., & Lopez, C. (2023). Analysis of factors affecting cross-boundary knowledge mobilization in agri-food supply chains: An integrated approach. *Journal of Business Research*, 164, 114006. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.114006>