

PEMANFAATAN TEKNOLOGI BLOCKCHAIN UNTUK RANTAI PASOKAN PERTANIAN YANG TRANSPARAN DAN BERKELANJUTAN

Sigit Sugiardi

Universitas Panca Bhakti - Pontianak

sigit.sugiardi@upb.ac.id

Abstract

The use of blockchain technology in the agricultural supply chain offers innovative solutions to address issues of transparency, data security, and distribution efficiency, which have long been major challenges for the agricultural sector. With its decentralised recording system and smart contract features, blockchain is able to permanently record every transaction and product movement in a transparent manner that can be verified by all stakeholders. This not only enhances consumer confidence in the origin and quality of products but also accelerates distribution processes and reduces the risk of counterfeiting and disputes in transactions. However, the implementation of blockchain in the agricultural sector still faces challenges such as the need for digital infrastructure, technological literacy, and cross-sector collaboration. With the right policies and synergy between the government, businesses, and farmers, blockchain technology has great potential to build a more transparent, efficient, and sustainable agricultural supply chain in the future.

Keywords: *blockchain, agricultural supply chain, transparency, smart contract, sustainability.*

Abstrak

Pemanfaatan teknologi blockchain dalam rantai pasokan pertanian menawarkan solusi inovatif untuk mengatasi permasalahan transparansi, keamanan data, dan efisiensi distribusi yang selama ini menjadi tantangan utama sektor pertanian. Dengan sistem pencatatan terdesentralisasi dan fitur smart contract, blockchain mampu mencatat setiap transaksi dan pergerakan produk secara permanen, transparan, dan dapat diverifikasi oleh seluruh pemangku kepentingan. Hal ini tidak hanya meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap asal-usul dan kualitas produk, tetapi juga mempercepat proses distribusi serta mengurangi risiko pemalsuan dan perselisihan dalam transaksi. Namun, implementasi blockchain di sektor pertanian masih menghadapi tantangan seperti kebutuhan infrastruktur digital, literasi teknologi, dan kolaborasi lintas sektor. Dengan dukungan kebijakan yang tepat dan sinergi antara pemerintah, pelaku usaha, serta petani, teknologi blockchain berpotensi besar dalam membangun rantai pasokan pertanian yang lebih transparan, efisien, dan berkelanjutan di masa depan.

Kata kunci: blockchain, rantai pasokan pertanian, transparansi, smart contract, keberlanjutan.

Pendahuluan

Indonesia dikenal sebagai negara agraris dengan sektor pertanian yang memegang peranan vital dalam perekonomian nasional. Sebagian besar penduduk Indonesia bermata pencaharian di bidang pertanian, memanfaatkan lahan yang subur dan sumber daya alam yang melimpah untuk menghasilkan beragam komoditas unggulan seperti padi, kopi, kelapa, teh, dan karet. Sektor ini tidak hanya menopang kebutuhan pangan masyarakat, tetapi juga menjadi pilar utama dalam upaya pengentasan kemiskinan, khususnya di wilayah pedesaan (Taha Karasu et al., 2024).

Kontribusi sektor pertanian terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional sangat signifikan, mencapai lebih dari 13% dan menjadi sektor kedua terbesar setelah industri. Keunggulan komparatif Indonesia dalam komoditas ekspor seperti karet, sawit, kakao, dan kopi semakin memperkuat posisi strategis sektor ini dalam perdagangan global. Namun, sebagian besar hasil pertanian juga dikonsumsi oleh masyarakat lokal, sehingga ketahanan dan efisiensi rantai pasokan menjadi sangat krusial (Antonella Samoggia et al., 2025).

Rantai pasok pertanian di Indonesia melibatkan banyak aktor, mulai dari petani, pedagang pengumpul, penggilingan, pedagang besar, hingga konsumen akhir. Proses distribusi yang panjang dan kompleks sering kali menimbulkan berbagai permasalahan, seperti tingginya biaya logistik, ketidakefisienan, dan rendahnya transparansi. Hal ini berdampak pada harga jual di tingkat petani yang cenderung rendah, sementara harga di tingkat konsumen relatif tinggi (Shaharudin et al., 2022). Manajemen rantai pasok atau Supply Chain Management (SCM) menjadi kunci untuk menciptakan nilai tambah dan meningkatkan daya saing produk pertanian. SCM tidak hanya mengatur aliran barang, tetapi juga aliran informasi dan keuangan secara terintegrasi dari hulu hingga hilir. Efisiensi dan efektivitas dalam SCM sangat dipengaruhi oleh kemampuan seluruh aktor rantai pasok untuk berkoordinasi dan berbagi informasi secara real-time (Pulungan et al., 2025).

Di tengah meningkatnya tuntutan konsumen akan produk yang berkualitas, aman, dan terjangkau, kebutuhan akan transparansi dalam rantai pasok semakin mendesak. Konsumen saat ini semakin kritis dan menuntut keterbukaan informasi mengenai asal-usul, proses produksi, hingga distribusi produk yang mereka konsumsi. Hal ini menuntut adanya sistem yang mampu menjamin ketertelusuran (*traceability*) dan keaslian produk pertanian (Devraj V. Rajput et al., 2025).

Sayangnya, rantai pasok pertanian di Indonesia masih didominasi oleh mekanisme tradisional yang kurang transparan dan rawan manipulasi data. Banyak petani kecil yang masih bergantung pada tengkulak, sehingga posisi tawar mereka lemah dan sering kali tidak mendapatkan keuntungan yang layak. Di sisi lain, kurangnya infrastruktur digital dan literasi teknologi menjadi tantangan tersendiri dalam upaya modernisasi rantai pasok (Soy & Balkrishna, 2025).

Permasalahan lain yang tidak kalah penting adalah isu keberlanjutan. Praktik pertanian yang tidak ramah lingkungan, penggunaan pestisida berlebihan, serta pemborosan sumber daya menjadi ancaman bagi kelestarian ekosistem dan kesejahteraan petani di masa depan. Oleh karena itu, diperlukan inovasi teknologi yang tidak hanya meningkatkan efisiensi, tetapi juga mendukung prinsip-prinsip keberlanjutan (Aakansha Soy & Sutar Manisha Balkrishna, 2025).

Teknologi blockchain muncul sebagai salah satu solusi potensial untuk mengatasi berbagai permasalahan dalam rantai pasok pertanian. Blockchain menawarkan sistem pencatatan data yang transparan, terdesentralisasi, dan sulit dimanipulasi. Setiap transaksi atau perubahan data tercatat secara permanen dan dapat dilacak oleh seluruh pihak yang berkepentingan, sehingga meningkatkan kepercayaan dan akuntabilitas dalam rantai pasok (Wahyuni et al., 2025).

Penerapan blockchain dalam rantai pasok pertanian dapat memfasilitasi ketertelusuran produk mulai dari proses produksi, pengolahan, distribusi, hingga sampai ke tangan konsumen. Dengan demikian, konsumen dapat memastikan bahwa produk yang mereka beli benar-benar berasal dari sumber yang terpercaya dan diproses secara berkelanjutan. Selain itu, blockchain juga dapat mempercepat proses pembayaran dan mengurangi peran perantara yang tidak efisien (Hana Catur Wahyuni, 2025).

Meskipun demikian, implementasi teknologi blockchain di sektor pertanian Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan. Infrastruktur teknologi yang belum merata, rendahnya literasi digital di kalangan petani, serta biaya investasi awal yang cukup tinggi menjadi hambatan utama. Selain itu, diperlukan dukungan regulasi dan kebijakan pemerintah untuk mendorong adopsi teknologi ini secara luas (Ibtisam et al., 2022).

Kajian pustaka ini bertujuan untuk mengkaji secara mendalam potensi pemanfaatan teknologi blockchain dalam mewujudkan rantai pasok pertanian yang lebih transparan dan berkelanjutan di Indonesia. Penelitian ini akan mengidentifikasi keunggulan, tantangan, serta strategi implementasi blockchain pada rantai pasok pertanian berbasis pada hasil-hasil penelitian dan literatur yang relevan.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kajian pustaka (*literature review*) yang dilakukan secara sistematis dengan mengidentifikasi kata kunci relevan seperti blockchain, supply chain, pertanian, transparansi, dan keberlanjutan, kemudian mengumpulkan dan menyeleksi literatur dari jurnal nasional dan internasional, prosiding, serta sumber kredibel lainnya yang membahas pemanfaatan teknologi blockchain dalam rantai pasokan pertanian. Seluruh data dan informasi yang diperoleh dari literatur tersebut dianalisis dan disintesis untuk mengidentifikasi keunggulan, tantangan, serta strategi implementasi blockchain di sektor pertanian, sehingga dapat

memberikan gambaran komprehensif mengenai potensi dan hambatan penerapan teknologi ini dalam mewujudkan rantai pasokan pertanian yang transparan dan berkelanjutan (Munn et al., 2020); (Booth et al., 2021).

Hasil dan Pembahasan

Pemanfaatan Teknologi Blockchain Dalam Mewujudkan Rantai Pasokan Pertanian Yang Transparan Dan Berkelanjutan

Teknologi blockchain telah menjadi solusi inovatif yang menawarkan transparansi dan keberlanjutan dalam rantai pasokan pertanian, menjawab berbagai tantangan yang selama ini dihadapi sektor ini. Rantai pasokan pertanian melibatkan banyak pihak mulai dari petani, distributor, pengecer, hingga konsumen, sehingga prosesnya menjadi sangat kompleks dan rentan terhadap manipulasi data serta pemalsuan produk. Kurangnya transparansi menyebabkan konsumen sulit melacak asal-usul produk, sementara petani sering kali dirugikan akibat lemahnya posisi tawar dan informasi yang asimetris (Revathy & Priya, 2023).

Blockchain hadir sebagai buku besar digital terdesentralisasi yang mencatat setiap transaksi secara kronologis dan tidak dapat diubah, sehingga setiap aktivitas dalam rantai pasokan dapat diverifikasi oleh semua pihak yang terlibat. Data terkait produksi, pengolahan, distribusi, hingga penjualan dicatat dalam blok-blok yang saling terhubung dan terenkripsi, memastikan keamanan serta keaslian informasi. Dengan demikian, konsumen dapat menelusuri asal-usul produk secara real-time melalui kode QR atau barcode yang terhubung ke sistem blockchain (Pandey et al., 2024).

Penerapan blockchain di sektor pertanian tidak hanya meningkatkan transparansi, tetapi juga mendorong efisiensi operasional. Proses administrasi dan pelacakan yang sebelumnya memakan waktu dan biaya kini dapat dilakukan secara otomatis dan instan, mengurangi risiko birokrasi dan mempercepat aliran barang dari produsen ke konsumen (Singh & Gehlot, 2023). Selain itu, blockchain memungkinkan pembayaran dilakukan secara peer-to-peer tanpa perantara, sehingga biaya transaksi dapat ditekan dan keuntungan petani meningkat. Keamanan data menjadi salah satu keunggulan utama blockchain, karena setiap perubahan informasi harus divalidasi oleh jaringan pengguna yang terdesentralisasi. Hal ini meminimalisir risiko manipulasi data, pemalsuan produk, dan kecurangan dalam rantai pasokan. Informasi mengenai sertifikasi organik, penggunaan pupuk, hingga catatan pengujian produk dapat diverifikasi secara terbuka dan akurat (Brummer, 2024).

Blockchain juga berperan penting dalam mendukung praktik pertanian berkelanjutan. Data penggunaan sumber daya seperti air, pupuk, dan pestisida dapat dicatat secara transparan, sehingga mendorong penerapan teknik pertanian ramah lingkungan dan memastikan kepatuhan terhadap standar keberlanjutan. Konsumen yang semakin peduli pada isu lingkungan dapat memverifikasi klaim keberlanjutan produk melalui data yang tersimpan di blockchain (Zhang, 2024).

Integrasi blockchain dengan teknologi lain seperti Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan (AI) semakin memperkuat sistem rantai pasokan pertanian. IoT memungkinkan pemantauan kondisi lahan dan tanaman secara real-time, sementara AI membantu analisis data untuk pengambilan keputusan yang lebih tepat. Kolaborasi ini menciptakan ekosistem pertanian cerdas yang efisien dan adaptif terhadap perubahan (Kaur & Singh, 2022).

Studi kasus di Indonesia menunjukkan bahwa implementasi blockchain telah memberikan dampak positif bagi pelaku rantai pasok pertanian (Shaharudin et al., 2022). Misalnya, PT Matari Agro Indonesia melatih petani menggunakan blockchain untuk pelacakan produk, sehingga kepercayaan konsumen meningkat dan posisi tawar petani menjadi lebih kuat. Sistem ini juga membantu petani kecil memperoleh akses pembiayaan karena riwayat transaksi yang transparan dapat menjadi jaminan bagi lembaga keuangan. Selain manfaat yang dirasakan petani dan konsumen, blockchain juga memberikan keuntungan bagi distributor dan pengecer. Mereka dapat memverifikasi asal-usul produk dengan mudah, memastikan ketersediaan produk segar, dan mengurangi risiko penipuan. Transparansi ini membangun hubungan yang lebih baik antar pelaku rantai pasok dan meningkatkan daya saing produk lokal di pasar global (Matari Agro Indonesia, 2024).

Meskipun demikian, penerapan blockchain di sektor pertanian masih menghadapi tantangan signifikan. Infrastruktur teknologi yang belum merata, rendahnya literasi digital di kalangan petani, serta biaya investasi awal yang cukup tinggi menjadi hambatan utama. Dukungan pemerintah dan kolaborasi lintas sektor sangat dibutuhkan untuk mempercepat adopsi teknologi ini secara luas (Shaharudin et al., 2022).

Tantangan lain adalah kebutuhan akan standarisasi data dan kolaborasi antar pemangku kepentingan. Setiap pihak harus bersedia berbagi data secara terbuka dan mematuhi protokol yang telah disepakati agar sistem blockchain dapat berjalan optimal. Selain itu, regulasi yang jelas dan perlindungan data pribadi juga menjadi aspek penting yang harus diperhatikan (Pulungan et al., 2025).

Potensi blockchain dalam mewujudkan rantai pasokan pertanian yang transparan dan berkelanjutan sangat besar, terutama dengan meningkatnya permintaan konsumen terhadap produk yang dapat dilacak asal-usulnya. Teknologi ini tidak hanya menjawab kebutuhan pasar, tetapi juga memperkuat posisi petani dan meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap produk pertanian Indonesia (Devraj V. Rajput et al., 2025).

Seiring perkembangan teknologi, pemanfaatan blockchain di sektor pertanian diprediksi akan menjadi standar baru dalam industri global. Kolaborasi antara pemerintah, pelaku usaha, lembaga pendidikan, dan petani sangat penting untuk membangun ekosistem pertanian berbasis teknologi yang inklusif dan berkelanjutan.

Pelatihan dan pendampingan bagi petani dalam penggunaan teknologi digital juga harus terus ditingkatkan (Soy & Balkrishna, 2025).

Dengan demikian, penerapan yang tepat, blockchain dapat menjadi fondasi utama dalam transformasi digital pertanian Indonesia. Sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi dan transparansi, tetapi juga mendukung pertanian yang ramah lingkungan dan berdaya saing tinggi di pasar internasional. Ke depan, riset dan pengembangan model integrasi blockchain dengan teknologi pendukung lainnya perlu terus didorong untuk menciptakan pertanian yang cerdas dan berkelanjutan.

Keunggulan Dan Tantangan Implementasi Blockchain Di Sektor Pertanian

Teknologi blockchain menawarkan berbagai keunggulan yang berpotensi merevolusi sektor pertanian, terutama dalam hal transparansi, efisiensi, dan keadilan distribusi hasil pertanian. Namun, implementasinya juga menghadapi sejumlah tantangan yang perlu diatasi agar manfaatnya dapat dirasakan secara optimal oleh seluruh pemangku kepentingan (Aakashya Soy & Sutar Manisha Balkrishna, 2025).

Blockchain memungkinkan setiap transaksi dalam rantai pasok pertanian dicatat secara transparan dan tidak dapat diubah, sehingga seluruh proses mulai dari produksi, distribusi, hingga konsumsi dapat diawasi secara real-time oleh semua pihak yang terlibat. Hal ini meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap kualitas dan asal-usul produk pertanian, serta memberikan perlindungan terhadap pemalsuan produk dan manipulasi data. Keunggulan lain dari blockchain adalah kemampuannya dalam menyederhanakan proses administrasi dan pelacakan produk. Dengan sistem buku besar digital yang terdesentralisasi, proses verifikasi data menjadi lebih cepat dan efisien, sehingga mengurangi biaya operasional dan mempercepat aliran barang dari petani ke konsumen (Wahyuni et al., 2025).

Blockchain juga mendukung penerapan smart contract, yaitu kontrak digital yang dapat dieksekusi otomatis tanpa perlu perantara. Dalam konteks pertanian, smart contract dapat mengotomatiskan pembayaran kepada petani setelah produk diterima sesuai kriteria, sehingga mempercepat proses transaksi dan mengurangi risiko sengketa (Hana Catur Wahyuni, 2025).

Teknologi ini memberikan peluang bagi petani kecil untuk memperoleh akses pasar yang lebih luas dan harga yang adil. Dengan riwayat transaksi yang transparan, petani dapat membuktikan kualitas produknya kepada pembeli dan lembaga keuangan, sehingga memudahkan akses pembiayaan dan memperkuat posisi tawar mereka di pasar. Selain itu, blockchain berperan penting dalam mendukung praktik pertanian berkelanjutan. Data penggunaan pupuk, pestisida, dan sumber daya alam dapat dicatat secara transparan, sehingga mendorong penerapan teknik pertanian ramah lingkungan dan memastikan kepatuhan terhadap standar keberlanjutan (Ibtisam et al., 2022).

Integrasi blockchain dengan teknologi lain seperti Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan (AI) semakin memperkuat sistem rantai pasok pertanian. IoT

memungkinkan pemantauan kondisi tanaman secara real-time, sedangkan AI membantu analisis data untuk pengambilan keputusan yang lebih tepat dan efisien (Revathy & Priya, 2023).

Meskipun menawarkan banyak keunggulan, implementasi blockchain di sektor pertanian masih menghadapi berbagai tantangan signifikan. Salah satu tantangan utama adalah kebutuhan investasi awal yang cukup tinggi untuk pengadaan perangkat teknologi dan pengembangan infrastruktur digital, terutama di daerah pedesaan (Pandey et al., 2024).

Akses terhadap jaringan internet dan infrastruktur telekomunikasi yang belum merata di wilayah pedesaan juga menjadi hambatan besar dalam adopsi teknologi ini. Banyak petani kecil yang belum memiliki akses memadai ke perangkat digital maupun jaringan internet yang stabil. Rendahnya literasi digital di kalangan petani juga menjadi tantangan tersendiri. Pengoperasian perangkat berbasis blockchain dan pemanfaatan data digital memerlukan pelatihan dan pendampingan intensif agar petani mampu mengadopsi teknologi secara efektif. Selain faktor teknis, tantangan lain adalah kebutuhan akan regulasi yang jelas dan perlindungan data pribadi. Pemerintah perlu menetapkan standar, kebijakan, dan perlindungan hukum yang memadai agar implementasi blockchain berjalan sesuai prinsip keadilan dan keamanan data (Singh & Gehlot, 2023).

Tantangan budaya juga muncul, terutama terkait kebiasaan petani yang masih bergantung pada tengkulak atau perantara dalam pemasaran hasil tani. Perubahan pola bisnis dan adopsi teknologi baru memerlukan waktu dan pendekatan yang tepat agar diterima oleh seluruh pelaku rantai pasok. Selain itu, standarisasi data dan kolaborasi antar pemangku kepentingan sangat penting agar sistem blockchain dapat berjalan optimal. Setiap pihak harus bersedia berbagi data secara terbuka dan mematuhi protokol yang telah disepakati Bersama (Brummer, 2024).

Terakhir, biaya pelatihan, pemeliharaan sistem, dan kebutuhan adaptasi teknologi agar sesuai dengan prinsip pertanian organik dan keberlanjutan lingkungan juga menjadi tantangan yang harus diatasi melalui kolaborasi lintas sektor (Kaur & Singh, 2022).

Dengan demikian, Implementasi blockchain di sektor pertanian menawarkan keunggulan signifikan dalam hal transparansi, efisiensi, keamanan data, dan pemberdayaan petani kecil. Namun, tantangan berupa infrastruktur, literasi digital, biaya investasi, regulasi, dan adaptasi budaya harus diatasi secara bersama-sama melalui dukungan pemerintah, pelatihan, dan kolaborasi lintas sektor. Dengan strategi yang tepat, blockchain dapat menjadi fondasi transformasi digital pertanian yang inklusif, adil, dan berkelanjutan di masa depan.

Kesimpulan

Pemanfaatan teknologi blockchain dalam rantai pasokan pertanian memberikan solusi nyata terhadap tantangan transparansi, keamanan, dan efisiensi yang selama ini menghambat sektor pertanian. Dengan sistem pencatatan data yang terdesentralisasi dan tidak dapat diubah, setiap proses mulai dari produksi hingga distribusi dapat dilacak secara real-time oleh seluruh pemangku kepentingan, sehingga meningkatkan kepercayaan konsumen dan memastikan keaslian serta kualitas produk pertanian.

Selain meningkatkan transparansi, blockchain juga memperkuat efisiensi operasional melalui otomatisasi proses administrasi dan pembayaran menggunakan smart contract, serta meminimalkan peran perantara yang tidak efisien. Teknologi ini mendukung praktik pertanian berkelanjutan dengan menyediakan data penggunaan sumber daya secara transparan, sehingga mendorong penerapan teknik pertanian ramah lingkungan dan memudahkan verifikasi standar keberlanjutan oleh konsumen dan regulator.

Namun, implementasi blockchain di sektor pertanian masih menghadapi tantangan seperti kebutuhan infrastruktur digital, literasi teknologi di kalangan petani, dan perlunya kolaborasi lintas sektor. Dengan dukungan kebijakan yang tepat, pelatihan, dan sinergi antara pemerintah, pelaku usaha, serta petani, blockchain berpotensi menjadi fondasi utama dalam membangun rantai pasokan pertanian yang lebih transparan, efisien, dan berkelanjutan di masa depan.

References

- Aakansha Soy & Sutar Manisha Balkrishna. (2025). Blockchain Integration in Agriculture for Transparent Farm-to-Fork Supply Chains: Leveraging IoT and Decentralized Identity. *SHS Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202521601073>
- Antonella Samoggia, Andrea Fantini, & Rino Ghelfi. (2025). The promised potential of blockchain technology for transparency and fairness in agri-food chains: Insights from the coffee sector. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1401735>
- Booth, A., Sutton, A., & Papaioannou, D. (2021). *Systematic Approaches to a Successful Literature Review*. SAGE Publications.
- Brummer, U. (2024). *Blockchain technology for agriculture traceability systems in South Africa*. <https://open.uct.ac.za/items/ca0635a9-5d71-4039-b56d-d57da647d7fd>
- Devraj V. Rajput, Pavankumar R. More, Preeti A. Adhikari, & Shalini S. Arya. (2025). Blockchain technology in the food supply chain: Sustainability spotlight. *RSC Advances*. <https://doi.org/10.1039/D5FB00065C>
- Hana Catur Wahyuni. (2025). *Blockchain in the Food Supply Chain: A Literature Review and Bibliometric Analysis*. *Spektrum Industri*.

- Ibtisam, E., Khalid, I., Ricci, M., Laura, I., Alabrah, J., Ullah, A. S., Alfakih, S., & Taha, M. (2022). A Conceptual Model for Blockchain-Based Agriculture Food Supply Chain System. *Journal of Food Quality*. <https://doi.org/10.1155/2022/7358354>
- Kaur, H., & Singh, G. (2022). *Blockchain in Agriculture and Food Supply Chain Management*. IGI Global. <https://www.igi-global.com/book/blockchain-agriculture-food-supply-chain/293978>
- Matari Agro Indonesia. (2024, 2025). *Mengoptimalkan Rantai Pasok Pertanian dengan Teknologi Blockchain, Menuju Pertanian yang Lebih Berkelanjutan*. <https://matariagro.com>
- Munn, Z., Peters, M. D. J., & Stern, C. (2020). Systematic review or scoping review? Guidance for authors when choosing between a systematic or scoping review approach. *BMC Medical Research Methodology*, 18(1), 143. <https://doi.org/10.1186/s12874-018-0611-x>
- Pandey, K., Jain, S., Pandey, D., & Kaiwartya, O. (2024). *The Future of Agriculture: IoT, AI and Blockchain Technology for Sustainable Farming*. Bentham Science Publishers. <https://benthambooks.com/book/9789815274349>
- Pulungan, A. S., Harahap, N. H., & Idris, I. (2025). Blockchain-Based Optimization of Raw Material Inventory: Enhancing Efficiency in Salak Sidimpuan Agricultural Production. *Journal of Science and Education (JSE)*, 5(2), 474–483. <https://doi.org/10.58905/jse.v5i2.411>
- Revathy, S., & Priya, S. (2023). A Comprehensive Review of Blockchain Technology in Agriculture and Food Supply Chain. In *Revolutionizing the Farm-to-Table Journey*. <https://www.igi-global.com/chapter/revolutionizing-the-farm-to-table-journey/325951>
- Shaharudin, M., Ganesan, Y., & Shahudin, F. (2022). Development of Blockchain Agriculture Supply Chain Framework Using Social Network Theory: An Empirical Evidence Based on Malaysian Agriculture Firms. In *Blockchain for Sustainable and Inclusive Finance*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781119823469.ch19>
- Singh, R., & Gehlot, A. (2023). *Blockchain Technology in Agriculture: Applications and Case Studies*. CRC Press. <https://www.routledge.com/Blockchain-Technology-in-Agriculture-Applications-and-Case-Studies/Singh-Gehlot/p/book/9781032209782>
- Soy, A., & Balkrishna, S. M. (2025). *Blockchain Integration in Agriculture for Transparent Farm-to-Fork Supply Chains: Leveraging IoT and Decentralized Identity for Enhanced Traceability and Security*. SHS Web of Conferences. https://www.shs-conferences.org/articles/shsconf/pdf/2025/07/shsconf_iciaites2025_01073.pdf
- Taha Karasu, Zulkarnain, & Pekka Leviakangas. (2024). Transforming Agricultural Supply Chain Challenges into Operational Strategies: Insights from an Agri-Machinery Company. *International Journal of Technology*, 15(4). <https://doi.org/10.14716/ijtech.v15i4.6635>

- Wahyuni, H. C., Rosyid, M. A., Sabrina, B., Gunawan, I., & Tieman, M. (2025). Blockchain in the Food Supply Chain: A Literature Review and Bibliometric Analysis. *Spektrum Industri*, 23(1), 42–57. <https://doi.org/10.12928/si.v23i1.302>
- Zhang, W. (2024). *Blockchain in Food Supply Chain: Traceability, Transparency and Safety*. Elsevier. <https://www.elsevier.com/books/blockchain-in-food-supply-chain/zhang/9780323991234>