

Analisis peran kelembagaan dan kebijakan dalam mendorong adopsi smart farming untuk ketahanan pangan ternak Nasional

Analysis of the role of institutions and policies in promoting the adoption of smart farming for National livestock food security

Arif Rahman Azis^{1*}, Woki Bilyaro¹, Muhammad Dani¹, Nurazizah Ramadhanti¹, Rizky Amrullah Chaniago¹, Akbar Abdurrahman Mahfudz¹, Kade Wahyu Saputri² dan Muhammad Subhan Hamka³

¹Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu, Jl. WR. Supratman, Kandang Limun, Kec. Muara Bangka Hulu, Bengkulu 38371

²Program Studi Teknologi Produksi Ternak Unggas, Akademi Komunitas Negeri Rejang Lebong, Basuki Rahmad No.27, Dwi Tunggal Kec. Curup Kab. Rejang Lebong, Bengkulu 39119

³Program Studi Budidaya Perikanan Air Tawar, Akademi Komunitas Negeri Rejang Lebong, Basuki Rahmad No.27, Dwi Tunggal Kec. Curup Kab. Rejang Lebong, Bengkulu 39119

*Email Koresponden: arifrahmanaziz@unib.ac.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran kelembagaan dan kebijakan dalam mendorong adopsi Smart Farming (SF) untuk penguatan ketahanan pangan ternak nasional. Melalui tinjauan pustaka sistematis, literatur relevan dari basis data ilmiah terkemuka seperti Scopus dan Web of Science, rentang 2010-2024, dievaluasi berdasarkan kriteria inklusi/eksklusi dan dianalisis secara tematik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelembagaan formal (seperti lembaga penelitian, penyuluhan) dan informal (misalnya, norma sosial, jaringan) berperan krusial dalam memfasilitasi adopsi SF, sementara kebijakan pemerintah melalui insentif finansial, infrastruktur digital, regulasi, dan pelatihan sangat esensial untuk menciptakan lingkungan yang suportif. Meskipun potensi SF besar, tantangan sosio-ekonomi seperti biaya tinggi dan kurangnya keterampilan digital masih menghambat adopsi, terutama pada peternak skala kecil, berimplikasi pada kesenjangan produktivitas dan keberlanjutan. Kesimpulannya, sinergi antara kebijakan komprehensif dan penguatan kelembagaan adaptif sangat vital untuk mengoptimalkan adopsi SF, menjadikan sektor peternakan lebih resilient dan berkontribusi signifikan pada ketahanan pangan berkelanjutan.

Kata kunci: Adopsi Smart Farming, Kebijakan Peternakan, Kelembagaan, Ketahanan Pangan Ternak, Sosial Ekonomi.

Abstract. This study aims to analyze the role of institutions and policies in promoting the adoption of Smart Farming (SF) to strengthen national livestock food security. Through a systematic literature review, relevant literature from leading scientific databases such as Scopus and Web of Science, covering the period 2010-2024, was evaluated based on inclusion/exclusion criteria and analyzed thematically. The research findings indicate that formal institutions (e.g., research institutions, extension services) and informal institutions (e.g., social norms, networks) play a crucial role in facilitating SF adoption, while government policies through financial incentives, digital infrastructure, regulations, and training are essential for creating a supportive environment. Despite the significant potential of SF, socio-economic challenges such

as high costs and lack of digital skills still hinder adoption, particularly among small-scale farmers, leading to productivity gaps and sustainability issues. In conclusion, synergy between comprehensive policies and adaptive institutional strengthening is vital to optimize SF adoption, making the livestock sector more resilient and contributing significantly to sustainable food security.

Keywords: *Adoption of Smart Farming, Livestock Policy, Institutions, Livestock Food Security, Socioeconomics.*

PENDAHULUAN

Sektor peternakan memegang peranan krusial dalam menjamin ketahanan pangan dan gizi nasional, menyediakan sumber protein hewani yang esensial bagi masyarakat. Namun, dinamika perubahan iklim global, peningkatan populasi, serta tuntutan efisiensi produksi yang semakin tinggi, menempatkan sektor ini dihadapkan pada berbagai tantangan kompleks. Di sisi lain, laju inovasi teknologi, khususnya dalam bidang information and communication technology (ICT) dan *Internet of Things* (IoT), telah membuka peluang baru melalui konsep *Smart Farming* (SF). SF, atau pertanian cerdas, merujuk pada pemanfaatan teknologi digital seperti sensor, big data analytics, kecerdasan buatan, dan otomatisasi untuk memantau, menganalisis, dan mengelola proses produksi peternakan secara presisi dan efisien. Adopsi SF berpotensi signifikan untuk meningkatkan produktivitas, mengurangi limbah, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, serta meningkatkan kesejahteraan hewan, yang pada akhirnya berkontribusi pada penguatan ketahanan pangan ternak nasional (Belal et al, 2021)

Meskipun potensi SF sangat menjanjikan, tingkat adopsi di berbagai negara berkembang, termasuk Indonesia, masih menghadapi kendala. Studi menunjukkan bahwa hambatan adopsi tidak hanya bersifat teknis, melainkan juga sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor non-teknis, terutama yang berkaitan dengan aspek sosial ekonomi, kelembagaan, dan kebijakan (Srinivasan & Yadav, 2023). Kelembagaan mencakup seperangkat aturan formal maupun informal, norma, serta organisasi yang membentuk interaksi antaraktor dalam sistem peternakan (Garate-Marín et al, 2023). Sementara itu, kebijakan merupakan instrumen formal yang dirancang oleh pemerintah untuk mengarahkan perilaku dan alokasi sumber daya guna mencapai tujuan tertentu. Peran kelembagaan dan kebijakan menjadi sangat fundamental karena keduanya dapat menciptakan lingkungan yang kondusif atau justru menghambat inovasi dan adopsi teknologi. Dari perspektif ketahanan pangan ternak, pemahaman mendalam tentang bagaimana kelembagaan dan kebijakan dapat mendorong atau menghambat adopsi SF menjadi sangat esensial.

Kurangnya kerangka kelembagaan yang adaptif, kebijakan insentif yang belum optimal, keterbatasan akses terhadap modal dan pengetahuan, serta fragmentasi informasi, seringkali menjadi penghalang utama bagi peternak, khususnya skala kecil, untuk mengintegrasikan teknologi SF dalam operasional mereka (Carrer et al, 2022). Oleh karena itu, tinjauan pustaka ini bertujuan untuk menganalisis secara komprehensif peran kelembagaan dan kebijakan dalam memfasilitasi adopsi *Smart Farming* untuk mendukung ketahanan pangan ternak nasional. Melalui pendekatan tinjauan pustaka ekonomi-sosial, diharapkan dapat diidentifikasi berbagai model kelembagaan yang efektif, jenis kebijakan yang berhasil diimplementasikan di berbagai konteks, serta rekomendasi strategis untuk mengatasi hambatan adopsi SF di masa depan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi akademik dan panduan praktis bagi pembuat kebijakan, peneliti, dan praktisi di sektor peternakan.

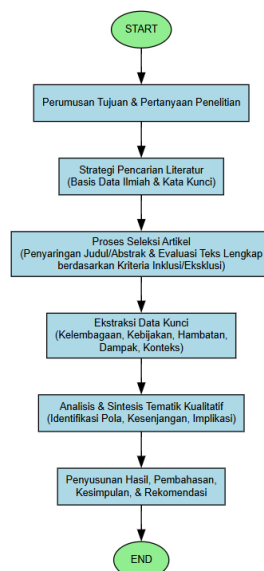
MATERI DAN METODE

Penelitian ini mengadopsi pendekatan tinjauan pustaka sistematis yang bertujuan untuk mensintesis dan menganalisis secara komprehensif literatur yang membahas peran kelembagaan dan kebijakan dalam mempromosikan adopsi *Smart Farming* (SF) di sektor peternakan, khususnya yang berkaitan dengan penguatan ketahanan pangan nasional. Metode ini dipilih karena

kemampuannya dalam mengintegrasikan berbagai temuan dari studi yang ada, mengidentifikasi pola, serta menyoroti kesenjangan penelitian yang relevan (Balon, 2022). Untuk mengumpulkan literatur yang relevan, pencarian ekstensif dilakukan pada basis data ilmiah terkemuka seperti Scopus, Web of Science, Google Scholar, ScienceDirect, dan EBSCOhost. Strategi pencarian menggunakan kombinasi kata kunci spesifik, seperti "Smart Farming," "Precision Livestock Farming," "adoption," "institutions," "policy," "livestock," dan "food security," yang dihubungkan dengan operator Boolean (AND, OR) untuk memaksimalkan relevansi hasil. Artikel-artikel yang dipertimbangkan dibatasi pada publikasi dari tahun 2010 hingga 2025, guna memastikan relevansi temuan dengan perkembangan teknologi dan dinamika kebijakan terkini.

Proses seleksi literatur dilakukan secara berjenjang untuk memastikan kualitas dan relevansi artikel yang dianalisis. Tahap pertama melibatkan identifikasi awal berdasarkan kata kunci yang menghasilkan sejumlah besar artikel potensial. Selanjutnya, pada tahap penyaringan judul dan abstrak, artikel-artikel yang tidak memenuhi kriteria inklusi, seperti fokus pada aspek teknis murni tanpa dimensi sosio-ekonomi atau kebijakan, dieliminasi. Kriteria inklusi mencakup artikel jurnal ilmiah peer-reviewed dalam bahasa Inggris atau Indonesia yang secara eksplisit membahas peran kelembagaan, kebijakan, atau faktor sosio-ekonomi dalam adopsi teknologi pertanian cerdas di sektor peternakan, serta dampaknya terhadap ketahanan pangan. Artikel non-ilmiah atau yang tidak menyediakan teks lengkap menjadi kriteria eksklusi. Tahap terakhir adalah evaluasi teks lengkap dari artikel yang lolos seleksi awal, yang juga mencakup metode snowballing untuk mengidentifikasi referensi relevan lainnya dari daftar pustaka artikel kunci.

Setelah artikel-artikel terpilih, data diekstraksi dan dianalisis menggunakan pendekatan tematik kualitatif. Informasi penting yang dikumpulkan meliputi jenis kelembagaan dan kebijakan yang diulas (misalnya, peran asosiasi petani, kerangka regulasi pemerintah, program subsidi, atau skema pelatihan), mekanisme pengaruhnya terhadap adopsi SF, identifikasi hambatan kelembagaan dan kebijakan, serta dampak adopsi SF terhadap indikator ketahanan pangan atau kinerja sektor peternakan. Selain itu, konteks geografis dan spesifik sektor peternakan dari setiap studi juga dicatat. Sintesis data ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola-pola umum, perbedaan kontekstual, dan kesenjangan pengetahuan, sehingga menghasilkan pemahaman yang mendalam tentang bagaimana kelembagaan formal dan informal, serta berbagai instrumen kebijakan, berinteraksi dan memengaruhi keputusan adopsi Smart Farming oleh peternak.



Gambar 1. Prosedur Metode Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelembagaan Formal dan Informal sebagai Katalisator Adopsi Smart Farming

Adopsi Smart Farming di sektor peternakan sangat dipengaruhi oleh struktur kelembagaan, baik formal maupun informal, yang beroperasi dalam ekosistem pertanian. Kelembagaan formal, seperti lembaga penelitian dan pengembangan (R&D), universitas, lembaga penyuluhan pemerintah, dan asosiasi peternak, memainkan peran krusial dalam menghasilkan inovasi, menyebarkan informasi, serta menyediakan pelatihan dan bimbingan teknis (Nwafor et al., 2021; Mallinger et al., 2023; Rochijan et al., 2019). Misalnya, keberadaan pusat inovasi peternakan yang didukung pemerintah atau kolaborasi antara universitas dan industri dapat menciptakan lingkungan yang kondusif bagi pengembangan dan uji coba teknologi SF yang disesuaikan dengan kondisi lokal. Lebih lanjut, keberadaan skema sertifikasi atau standar kualitas yang diinisiasi oleh lembaga formal dapat mendorong peternak untuk mengadopsi teknologi yang meningkatkan efisiensi dan keamanan pangan, seiring dengan tuntutan pasar.

Di sisi lain, kelembagaan informal, yang mencakup norma sosial, tradisi, kepercayaan, dan jaringan sosial antarpeternak, juga memiliki dampak signifikan terhadap keputusan adopsi (Teklu et al., 2023; Zhu et al., 2023). Kepercayaan antarpeternak dalam komunitas, misalnya, dapat memfasilitasi pertukaran informasi dan pengalaman mengenai manfaat serta tantangan SF, mengurangi persepsi risiko individu, dan mempercepat difusi inovasi. Norma yang menghargai inovasi atau praktik peternakan modern di suatu komunitas dapat mendorong peternak untuk lebih terbuka terhadap teknologi baru. Namun, sebaliknya, norma yang resisten terhadap perubahan atau kurangnya kepercayaan terhadap teknologi baru dari luar dapat menjadi hambatan serius. Oleh karena itu, strategi adopsi SF perlu mempertimbangkan tidak hanya intervensi formal, tetapi juga upaya untuk membangun kepercayaan dan memfasilitasi jaringan belajar informal di kalangan peternak.

Peran Kebijakan Pemerintah dalam Menciptakan Lingkungan yang Mendukung Adopsi SF

Kebijakan pemerintah merupakan instrumen paling kuat dalam membentuk arah dan kecepatan adopsi teknologi Smart Farming. Kebijakan insentif finansial, seperti subsidi untuk pembelian peralatan SF, pinjaman berbunga rendah, atau skema jaminan harga produk, terbukti efektif dalam menurunkan hambatan biaya awal yang seringkali tinggi bagi peternak (Ozcelik et al., 2024; Anastasiou et al., 2024; Nor et al., 2025). Selain itu, kebijakan yang mendukung infrastruktur digital, seperti perluasan akses internet berkecepatan tinggi di daerah pedesaan, menjadi prasyarat esensial bagi operasional SF yang mengandalkan konektivitas data. Tanpa infrastruktur yang memadai, teknologi SF canggih sekalipun tidak akan berfungsi optimal, menghambat adopsi secara luas.

Lebih jauh, kebijakan pemerintah tidak hanya sebatas insentif finansial dan infrastruktur, tetapi juga mencakup kerangka regulasi dan dukungan non-finansial. Regulasi yang jelas mengenai privasi data peternak, kepemilikan data, dan interoperabilitas sistem SF dapat meningkatkan kepercayaan peternak dan penyedia teknologi, mendorong investasi dalam ekosistem SF (Amiri-Zarandi et al., 2022; Wiseman et al., 2019; Atik, 2022). Kebijakan pelatihan dan pengembangan kapasitas yang terintegrasi dengan kurikulum pendidikan pertanian atau program penyuluhan juga sangat penting untuk membekali peternak dengan keterampilan digital dan manajerial yang diperlukan untuk mengoperasikan sistem SF secara efektif. Tanpa adanya kebijakan komprehensif yang mengatasi dimensi biaya, infrastruktur, regulasi, dan kapasitas, adopsi SF akan tetap sporadis dan tidak merata, berpotensi memperlebar kesenjangan antara peternak yang "siap" dan "tidak siap" menghadapi transformasi digital.

Tantangan Sosio-Ekonomi dalam Adopsi Smart Farming dan Implikasinya terhadap Ketahanan Pangan

Meskipun potensi SF untuk ketahanan pangan ternak sangat besar, terdapat sejumlah tantangan sosio-ekonomi yang menghambat adopsi, terutama di kalangan peternak skala kecil atau di negara berkembang. Salah satu hambatan utama adalah biaya investasi awal yang tinggi untuk perangkat keras dan perangkat lunak SF, yang seringkali di luar jangkauan finansial peternak

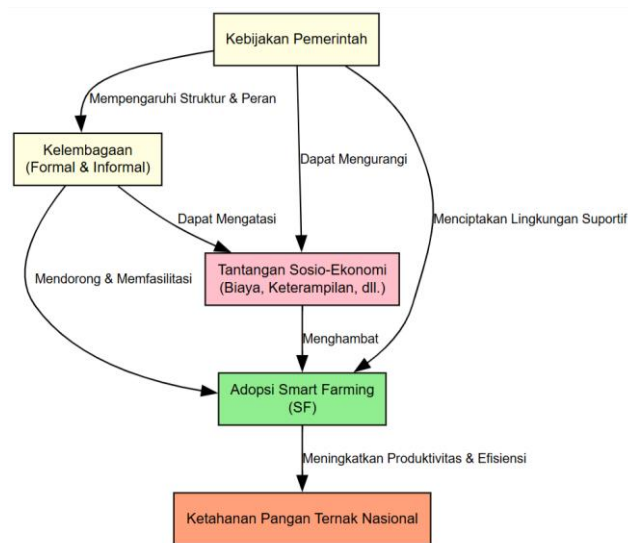
kecil tanpa dukungan eksternal (Thaduru et al., 2025; Nor et al., 2024). Selain itu, kurangnya literasi digital dan keterampilan teknis di kalangan peternak menjadi kendala signifikan. Banyak peternak yang terbiasa dengan metode tradisional mungkin merasa enggan atau tidak mampu beradaptasi dengan kompleksitas teknologi digital, meskipun ada janji peningkatan efisiensi. Isu ketersediaan tenaga ahli lokal untuk instalasi, pemeliharaan, dan pemecahan masalah teknologi SF juga seringkali menjadi persoalan.

Implikasi dari tantangan adopsi ini secara langsung memengaruhi pencapaian ketahanan pangan ternak nasional. Jika adopsi SF hanya terkonsentrasi pada peternakan skala besar yang memiliki modal dan akses lebih baik, maka ini dapat memperlebar kesenjangan produktivitas dan daya saing antara peternak besar dan kecil. Hal ini berpotensi mengancam keberlanjutan mata pencaharian peternak kecil dan mengurangi kontribusi mereka terhadap pasokan pangan nasional. Oleh karena itu, strategi untuk mendorong adopsi SF harus inklusif, memastikan bahwa teknologi ini dapat diakses dan dimanfaatkan oleh berbagai skala usaha peternakan. Pendekatan ini memerlukan tidak hanya insentif finansial, tetapi juga program pendampingan yang intensif, pengembangan model bisnis SF yang terjangkau, dan penyuluhan yang disesuaikan dengan tingkat pemahaman dan kebutuhan peternak secara beragam.

Rekomendasi Kebijakan dan Kelembagaan untuk Peningkatan Adopsi SF dan Ketahanan Pangan

Berdasarkan sintesis literatur, rekomendasi kebijakan dan kelembagaan yang dapat dipertimbangkan untuk mendorong adopsi SF dan memperkuat ketahanan pangan ternak nasional meliputi beberapa aspek. Pertama, pemerintah perlu merumuskan kerangka kebijakan nasional yang holistik untuk Smart Farming, mencakup dukungan finansial yang terukur (misalnya, skema subsidi berdasarkan skala usaha), pembangunan infrastruktur digital yang merata, dan insentif pajak untuk perusahaan teknologi yang berinvestasi di sektor peternakan (Belal et al., 2021; Beulens et al., 2021; Basso et al., 2023). Kebijakan ini harus didesain untuk mengurangi risiko awal bagi peternak dan mendorong investasi sektor swasta dalam pengembangan dan penyediaan solusi SF yang relevan.

Kedua, penguatan kelembagaan penyuluhan dan pendidikan peternakan sangat esensial. Lembaga-lembaga ini harus diperkuat untuk menjadi agen utama transfer pengetahuan dan keterampilan digital kepada peternak, melalui kurikulum yang diperbarui dan program pelatihan praktis (Dzama et al., 2024; Jaishi., 2020; Munkomvwe et al., 2023). Kolaborasi antara lembaga penelitian, universitas, penyedia teknologi, dan asosiasi peternak harus didorong untuk menciptakan ekosistem inovasi yang dinamis, memfasilitasi co-creation teknologi yang sesuai dengan kebutuhan lokal dan meminimalkan biaya adopsi. Selain itu, pengembangan model-model bisnis inovatif seperti penyewaan teknologi SF atau layanan berbasis langganan (aaS - as a Service) dapat menjadi alternatif untuk mengatasi hambatan biaya investasi awal, memungkinkan peternak kecil pun dapat mengakses manfaat SF. Strategi ini, jika diimplementasikan secara terpadu, berpotensi besar untuk mempercepat adopsi SF dan secara signifikan meningkatkan kapasitas peternakan nasional dalam menjamin ketahanan pangan.



Gambar 2. Diagram Keterkaitan Faktor Penentu Adopsi Smart Farming dan Ketahanan Pangan Ternak Nasional

KESIMPULAN

Tinjauan pustaka ini menyimpulkan bahwa adopsi Smart Farming (SF) di sektor peternakan, yang esensial untuk penguatan ketahanan pangan ternak nasional, sangat bergantung pada sinergi antara kelembagaan yang adaptif dan kebijakan yang suportif. Kelembagaan formal dan informal berperan krusial dalam difusi inovasi dan pembentukan kepercayaan, sementara kebijakan pemerintah melalui insentif finansial, investasi infrastruktur digital, serta regulasi dan program pelatihan, merupakan instrumen kunci untuk mengatasi hambatan biaya tinggi dan kurangnya literasi digital. Oleh karena itu, strategi holistik yang mengintegrasikan dukungan kebijakan komprehensif dengan penguatan kapasitas kelembagaan dan kolaborasi multi-pihak sangat diperlukan untuk memastikan Smart Farming dapat diakses dan diimplementasikan secara luas oleh berbagai skala peternakan, sehingga secara signifikan berkontribusi pada ketahanan pangan yang resilient dan berkelanjutan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amiri-Zarandi, M., Fraser, E., Duncan, E., & Dara, R. (2022). Big Data Privacy in Smart Farming: A Review. Sustainability. <https://doi.org/10.3390/su14159120>.
- Anastasiou, E., Pedersen, S., Gemtou, M., Isakhanyan, G., Erekalu, K., Kakkavou, K., Fountas, S., & Pazos-Vidal, S. (2024). Farmers' Transition to Climate-Smart Agriculture: A Systematic Review of the Decision-Making Factors Affecting Adoption. Sustainability. <https://doi.org/10.3390/su16072828>.
- Atik, C. (2022). Towards Comprehensive European Agricultural Data Governance: Moving Beyond the "Data Ownership" Debate. IIC - International Review of Intellectual Property and Competition Law, 53, 701 - 742. <https://doi.org/10.1007/s40319-022-01191-w>.
- Balon, R. (2022). What Is a Review Article and What Are Its Purpose, Attributes, and Goal(s). Psychotherapy and Psychosomatics, 91, 152 - 155. <https://doi.org/10.1159/000522385>.
- Basso, B., Sambo, P., Orzes, G., Cesco, S., Mazzetto, F., & Borin, M. (2023). Smart agriculture and digital twins: Applications and challenges in a vision of sustainability. European Journal of Agronomy. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126809>.
- Belal, A., Abd-Elmabod, S., Zahran, M., El-Shirbeny, M., Gad, A., & Mohamed, E. (2021). Smart farming for improving agricultural management. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2021.08.007>.
- Beulens, A., Wolfert, S., Tekinerdogan, B., & Verdouw, C. (2021). Digital twins in smart farming.

- Agricultural Systems. <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2020.103046>.
- Carrer, M., Filho, H., Saes, M., & De Mello Brandão Vinholis, M. (2021). The effect of meso-institutions on adoption of sustainable agricultural technology: A case study of the Brazilian Low Carbon Agriculture Plan. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124334. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124334>.
- Dzama, K., & Mapiye, O. (2024). Strengthening research-extension-farmer-input linkage system for sustainable smallholder livestock farming in Africa: progress and prospects. *Tropical Animal Health and Production*, 56. <https://doi.org/10.1007/s11250-024-04210-9>.
- Garate-Marín, C., Pérez-Ibarra, I., La Iglesia, D., Soler-Navarro, D., & Tenza-Peral, A. (2023). Evolution and diversity of institutions: Using institutional grammar to analyze governance changes in traditional crop-livestock systems. *International Review of Public Policy*. <https://doi.org/10.4000/irpp.3332>.
- Jaishi, M. (2020). Strengthening Research-Education-Extension (R-E-E) Linkage in New Context of Federal Structured Nepal. , 2, 1-11. <https://doi.org/10.26710/relate.v2i1.1309>.
- Mallinger, K., Banhazi, T., Kokin, E., Opaliński, S., Kopler, I., Marchaim, U., Phillips, C., Neubauer, T., Soerensen, C., Gunnarsson, S., & Tikász, I. (2023). Farmers' Perspectives of the Benefits and Risks in Precision Livestock Farming in the EU Pig and Poultry Sectors. *Animals : an Open Access Journal from MDPI*, 13. <https://doi.org/10.3390/ani13182868>.
- Munkombwe, J., Dzvimbo, M., Mumba, C., Hoque, M., Siankwilimba, E., Hiddlestone-Mumford, J., & Hang'ombe, B. (2023). Bioecosystems towards sustainable agricultural extension delivery: effects of various factors. *Environment, Development and Sustainability*, 1-43. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03555-9>.
- Nor, R., Omar, Z., Fatah, F., Saili, J., Saili, A., Hamzah, N., & Ahmad, D. (2024). Exploration of the Challenges in Adopting Smart Farming Among Smallholder Farmers: A Qualitative Study. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*. <https://doi.org/10.37934/araset.45.1.1727>.
- Nor, R., Saili, A., Ahmad, D., Hamzah, N., Fatah, F., Omar, Z., & Saili, J. (2025). Smart Farming Technologies: Exploring the Factors of Adoption Among Smallholder Farmers in Peninsular Malaysia. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*. <https://doi.org/10.37934/araset.62.1.9097>.
- Nwafor, I., Molieleng, L., & Fourie, P. (2021). Adoption of Climate Smart Agriculture by Communal Livestock Farmers in South Africa. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su131810468>.
- Ozcelik, A., & Güldal, H. (2024). From conventional to smart: Farmers' preferences under alternative policy scenarios. *New Medit*. <https://doi.org/10.30682/nm2401a>.
- Rochijan, A., Guntoro, B., & Hoang, Q. (2019). Dynamic Responses of Livestock Farmers to Smart Farming. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 372. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/372/1/012042>.
- Srinivasan, K., & Yadav, V. K. (2023). An empirical investigation of barriers to the adoption of smart technologies integrated urban agriculture systems. *Journal of Decision Systems*, 33(4), 878–912. <https://doi.org/10.1080/12460125.2023.2189652>.
- Teklu, A., Simane, B., & Bezabih, M. (2023). Multiple adoption of Climate-Smart Agriculture Innovation for agricultural sustainability: Empirical evidence from the Upper Blue Nile Highlands of Ethiopia. *Climate Risk Management*. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2023.100477>.
- Thaduru, S., & Katherasala, S. (2025). Assessing the Impact of Smart Farming Technology on Small-Scale Farmers: A Case Study of Jangoan Mandal, Telangana State. *Agricultural Reviews*. <https://doi.org/10.18805/ag.r-2762>.
- Wiseman, L., Sanderson, J., Zhang, A., & Jakku, E. (2019). Farmers and their data: An examination of farmers' reluctance to share their data through the lens of the laws impacting smart farming. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 90-91, 1 - 10. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.04.007>.
- Zhu, H., Li, J., & , W. (2023). A systematic literature review of factors influencing the adoption of climate-smart agricultural practices. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 29, 1-38. <https://doi.org/10.1007/s11027-023-10098-x>.