JAISI: Journal of Advanced Informatics and Sustainable Intelligent Systems
Vol. 1 No. 1 2025, e-ISSN (3164-2268) https://doi.org/10.23960/jaisi

Analisis Bibliometrik Terhadap Tren Penelitian dan Kolaborasi Global dalam Bidang Smart Farming (2016–2025)

(Bibliometric Analysis of Global Research and Collaboration Trends in Smart Farming (2016-2025))

Defilia Fatikasari[1*], Yoga Septian Dwi Pratama[2], Alvin Setya Pranata[3], Hozairi[4]

[1,2,3,4]*Universitas Islam Madura, Jalan Pondok Peantren Miftahul Ulum Bettet, Pamekasan Madura, Gladak, Bettet, Kec. Pamekasan, Kabupaten Pamekasan, Jawa Timur 69317*
**) Corresponding Author*

**** Email Korespondensi:*** penulis@email.id

Abstrak: Smart farming merupakan pendekatan pertanian modern berbasis teknologi digital yang terus berkembang pesat dalam satu dekade terakhir. Namun, belum banyak studi yang secara komprehensif memetakan arah, kolaborasi, dan tren riset global dalam bidang ini. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perkembangan riset smart farming secara bibliometrik dengan pendekatan analisis metadata publikasi ilmiah dan visualisasi jejaring kolaborasi menggunakan perangkat lunak VOSviewer. Data diperoleh dari basis data Scopus untuk periode 2016–2025. Hasil analisis menunjukkan peningkatan signifikan dalam jumlah publikasi, dengan dominasi topik seperti precision agriculture, Internet of Things, dan deep learning. Visualisasi bibliometrik menunjukkan pergeseran fokus riset dari eksplorasi teknologi menuju penerapan praktis serta terbentuknya konsolidasi literatur utama sebagai fondasi keilmuan smart farming. Meskipun demikian, penelitian ini mengidentifikasi sejumlah kesenjangan seperti minimnya studi implementatif di negara berkembang, kurangnya pendekatan lintas disiplin, serta tantangan penerapan teknologi oleh petani skala kecil. Temuan ini memberikan implikasi penting bagi pengembangan kebijakan dan strategi riset ke depan, terutama dalam membangun sistem smart farming yang inklusif, berkelanjutan, dan berbasis kebutuhan lokal.
Kata kunci: smart farming, bibliometrik, vosviewer, precision agriculture, teknologi digital

Abstract: *Smart farming is a modern agricultural approach based on digital technology that has continued to develop rapidly in the last decade. However, there are not many studies that comprehensively map the direction, collaboration, and global research trends in this field. This study aims to analyze the development of smart farming research bibliometrically using the approach of scientific publication metadata analysis and collaboration network visualization using VOSviewer software. Data were obtained from the Scopus database for the period 2016–2025. The results of the analysis show a significant increase in the number of publications, dominated by topics such as precision agriculture, Internet of Things, and deep learning. Bibliometric visualization shows a shift in research focus from technology exploration to practical application and the formation of consolidation of primary literature as a foundation for smart farming science. However, this study identifies a number of gaps such as the lack of implementation studies in developing countries, the lack of cross-disciplinary approaches, and the challenges of technology application by small-scale farmers. These findings provide important implications for the development of future research policies and strategies, especially in building an inclusive, sustainable, and locally needed smart farming system.*
Keywords: *smart farming, bibliometrics, vosviewer, precision agriculture, digital technology*

1. PENDAHULUAN

Pertanian global tengah mengalami transformasi signifikan yang ditandai dengan penerapan teknologi digital berbasis *smart farming* atau *precision agriculture*. Transformasi ini merupakan respon terhadap tantangan dalam pemenuhan kebutuhan pangan global seiring dengan pertumbuhan populasi dunia yang diperkirakan mencapai 9 hingga 10 miliar jiwa pada tahun 2050. Proyeksi tersebut menunjukkan bahwa diperlukan peningkatan produksi pangan global sebesar 50–70 persen dibandingkan dengan periode dasar 2010–2015 [1], [2], [3]. Dalam konteks inilah, smart farming hadir sebagai inovasi penting yang mengintegrasikan teknologi seperti *Internet of Things, big data analytics,* kecerdasan buatan, dan sistem otomatisasi ke dalam praktik pertanian [4], [5].

Penerapan teknologi digital dalam sistem pertanian tidak hanya bertujuan meningkatkan produktivitas dan efisiensi, tetapi juga berkontribusi terhadap keberlanjutan ekologi melalui pengurangan emisi karbon, efisiensi pemanfaatan sumber daya alam, dan mitigasi dampak perubahan iklim [3], [6], [7], [8]. Oleh karena itu, penelitian terkait smart farming menjadi semakin relevan sebagai bagian dari upaya strategis mencapai ketahanan pangan dan pertanian berkelanjutan. Meski demikian, hingga saat ini belum tersedia kajian sistematis dan komprehensif yang

memetakan perkembangan riset global, kolaborasi ilmiah antarnegara, serta arah metodologi penelitian dalam bidang *smart farming* secara khusus pada rentang waktu 2016–2025.

Studi sebelumnya seperti oleh Paudel et al. (2024) mencatat adanya 2.154 publikasi ilmiah terkait *big data* dalam *smart farming* yang terbagi dalam empat domain utama: pengambilan keputusan berbasis data, tata kelola manajemen informasi, pengelolaan sumber daya, hingga optimasi hasil panen. Penelitian ini juga menyoroti ketimpangan kolaborasi riset antara negara maju dan berkembang [9]. Sementara itu, studi terhadap literatur *internet of things* dalam pertanian digital menunjukkan dominasi kontribusi dari India, Amerika Serikat, dan Tiongkok [10]. Selain itu, dalam konteks pertanian berkelanjutan di era digital juga menunjukkan adanya klaster riset utama, seperti *smart agriculture*, konservasi keanekaragaman hayati, serta penerapan teknologi digital dalam sistem pertanian global [11].

Untuk menjawab keterbatasan dalam studi terdahulu, penelitian ini mengusulkan pendekatan dual method yang menggabungkan analisis bibliometrik dan pemetaan jejaring kolaborasi (*network analysis*). Dengan menganalisis publikasi ilmiah dari basis data *Scopus* pada periode 2016–2025, penelitian ini akan mengidentifikasi tren penelitian, klaster tematik, serta pola kolaborasi antarnegara dan institusi. Hasilnya diharapkan dapat memetakan arah pengembangan riset, dan mengungkap kesenjangan metodologis.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan tren publikasi ilmiah dalam bidang *smart farming* pada periode 2016–2025, mengidentifikasi pola kolaborasi global antarnegara dan institusi dalam riset *smart farming*, serta mengungkap klaster penelitian utama beserta kesenjangan metodologis yang belum banyak dibahas dalam literatur. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai dinamika dan arah perkembangan penelitian di bidang tersebut.

Adapun hipotesis dalam penelitian ini adalah bahwa terdapat kecenderungan peningkatan signifikan dalam jumlah dan fokus publikasi mengenai *smart farming* selama periode 2016–2025. Selain itu, pendekatan analisis bibliometrik dan pemetaan jejaring kolaborasi diyakini mampu mengungkap klaster tematik dan kesenjangan metodologis yang belum sepenuhnya terpetakan dalam literatur sebelumnya.

2. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan bibliometrik dengan metode gabungan (*dual method*), yaitu kombinasi antara analisis bibliometrik kuantitatif terhadap metadata publikasi ilmiah dan pemetaan jejaring kolaborasi (*network analysis*) antarpeneliti dan institusi [12], [13], [14]. Pendekatan ini bertujuan untuk memberikan pemahaman menyeluruh mengenai dinamika riset dan kolaborasi global dalam bidang smart farming selama periode 2016 hingga 2025 [15], [16], [17].

Ruang lingkup penelitian ini mencakup tren publikasi ilmiah global dalam bidang smart farming, yang meliputi berbagai teknologi seperti *precision agriculture, digital agriculture, dan agriculture 4.0*. Objek penelitian adalah metadata publikasi ilmiah dalam bentuk artikel jurnal dan prosiding konferensi yang berkaitan dengan topik tersebut selama kurun waktu 2016–2025.

Fokus penelitian diarahkan pada analisis tren publikasi, pola kolaborasi global, identifikasi klaster tematik, dan pemetaan kesenjangan metodologis yang belum terjelajahi dalam literatur. Penelitian ini bersifat studi kepustakaan digital (*library-based research*) dan dilakukan secara daring dengan memanfaatkan akses ke basis data internasional, yaitu *Scopus*.

Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh publikasi ilmiah yang memuat tema *smart farming* dan turunannya pada basis data *Scopus* selama periode 2016–2025. Sampel dipilih secara purposif melalui penerapan strategi pencarian yang terstruktur, menghasilkan 9.731 dokumen yang relevan untuk dianalisis.

Bahan utama dalam penelitian ini adalah metadata publikasi yang diperoleh dari basis data *Scopus*. Alat bantu utama adalah perangkat lunak VOSviewer versi 1.6.20, yang digunakan untuk analisis visualisasi jaringan dan pemetaan bibliometrik. Metadata diunduh dalam format CSV dan kemudian diolah dengan VOSviewer untuk menghasilkan *visualization*. Data dikumpulkan dengan strategi pencarian berikut pada platform *Scopus*:

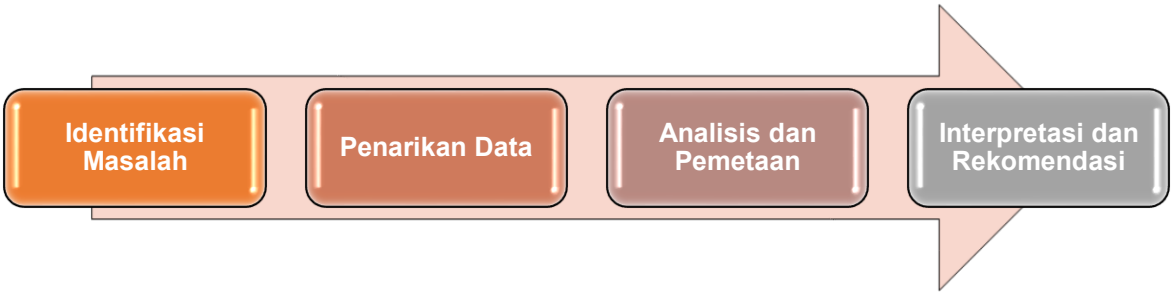
TITLE-ABS-KEY ("smart farming" OR "precision agriculture" OR "digital agriculture" OR "agriculture 4.0") AND PUBYEAR > 2015 AND PUBYEAR < 2026 AND (LIMIT-TO (SRCTYPE , "j") OR LIMIT-TO (SRCTYPE , "p")) AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE , "final")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "cp")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "COMP") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENGI"))

Kata kunci yang digunakan meliputi *"smart farming", "precision agriculture", "digital agriculture", dan "agriculture 4.0"* pada judul, abstrak, atau kata kunci artikel. Filter tambahan diterapkan untuk membatasi jenis dokumen pada artikel jurnal (*article*) dan prosiding konferensi (*conference paper*), periode waktu 2016–2025, serta subjek area *Computer Science* dan *Engineering* untuk menjaga fokus teknologis [18], [19].

Analisis data dilakukan dengan mengidentifikasi jumlah publikasi per tahun, kata kunci yang sering muncul (*co-occurrence*), sumber jurnal dominan, dan *citation analysis* untuk mengungkap literatur yang paling berpengaruh, serta menggunakan fitur *co-authorship* untuk menelusuri hubungan antarpenulis, institusi, dan negara; *bibliographic coupling* dan *co-citation* untuk memetakan struktur

intelektual dan kedekatan antar dokumen berdasarkan referensi bersama.

Visualisasi dilakukan melalui *network, overlay*, dan *density visualization* yang disediakan oleh VOSviewer. Dengan metode ini, dihasilkan klaster penelitian dominan, pusat-pusat kolaborasi global, serta wilayah atau institusi yang belum banyak terlibat aktif dalam pengembangan riset *smart farming*.



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

Untuk memperjelas alur metodologis, berikut penjabaran dari gambar 1 diatas:

a. Identifikasi Masalah: Menentukan fokus kajian dan urgensi penelitian terkait perkembangan riset *smart farming*.
b. Penarikan Data: Mengunduh metadata publikasi dari *Scopus* berdasarkan strategi pencarian terstruktur.
c. Analisis dan Pemetaan: Menggunakan VOSviewer untuk eksplorasi bibliometrik dan pemetaan jaringan kolaboratif.
d. Interpretasi dan Rekomendasi: Menafsirkan hasil analisis dan visualisasi untuk menarik kesimpulan mengenai tren riset, kesenjangan, dan arah pengembangan kebijakan berbasis data.

Pendekatan metodologis ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam memahami lanskap riset global di bidang *smart farming*. Temuan penelitian akan menyediakan landasan empiris untuk pengambilan kebijakan strategis dalam pemanfaatan teknologi digital di sektor pertanian, serta memperkuat kerja sama riset lintas negara secara lebih efektif dan berkelanjutan [20], [21].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tren Publikasi Ilmiah dalam Bidang *Smart Farming* (2016-2025)

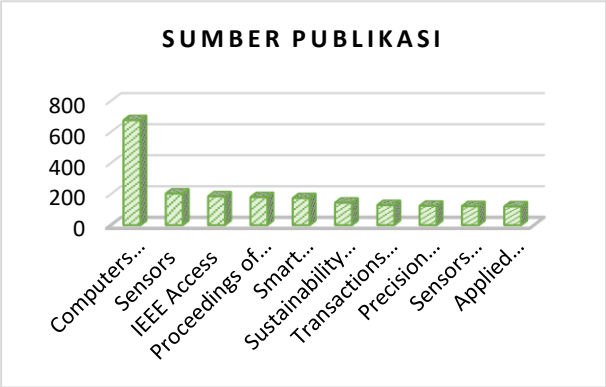
Berdasarkan hasil ekstraksi data dari basis data *Scopus* [Tanggal 15 Juni 2025], diperoleh sebanyak 9.731 dokumen. Analisis hanya mencakup dokumen berjenis *journal article* dan *conference paper* yang telah dipublikasikan pada tahap final, guna memastikan validitas dan kualitas data.



Gambar 2. Tren Publikasi Ilmiah Bidang *Smart Farming* (2016–2025)

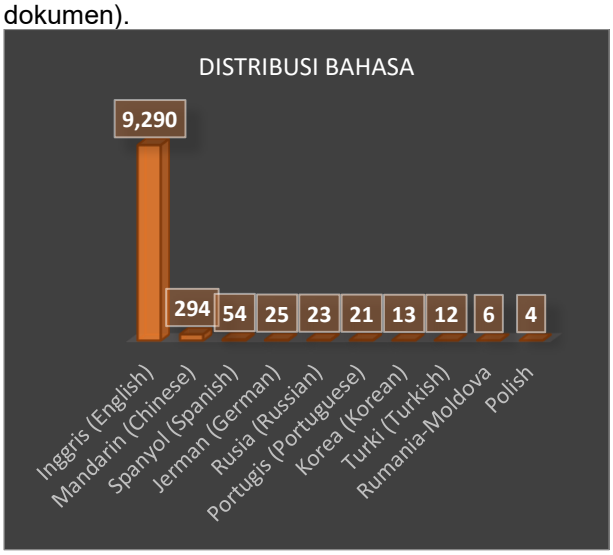
Pada gambar 2 memperlihatkan tren publikasi ilmiah terkait *smart farming* yang menunjukkan peningkatan signifikan sejak tahun 2019, dengan jumlah sekitar 789 dokumen, dan mencapai puncaknya pada tahun 2024 dengan lebih dari 2.000 publikasi. Lonjakan ini mencerminkan meningkatnya perhatian dari kalangan akademisi dan praktisi terhadap integrasi teknologi digital dalam sistem pertanian. Hal ini selaras dengan upaya global dalam meningkatkan efisiensi produksi pangan sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan.

Selain menganalisis tren jumlah publikasi, juga mengevaluasi distribusi sumber publikasi (*source tittle*) dan bahasa penulisan dokumen.



Gambar 3. Sepuluh Besar Sumber Publikasi dalam Bidang *Smart Farming* (2016–2025)

Pada gambar 3 diatas menampilkan sepuluh besar publikasi dengan jumlah dokumen terbanyak. *Computers and Electronics in Agriculture* menempati peringkat teratas dengan 676 publikasi, diikuti oleh *Sensors* (203 dokumen), *IEEE Access* (185 dokumen), dan *Proceedings of SPIE* (180 dokumen).

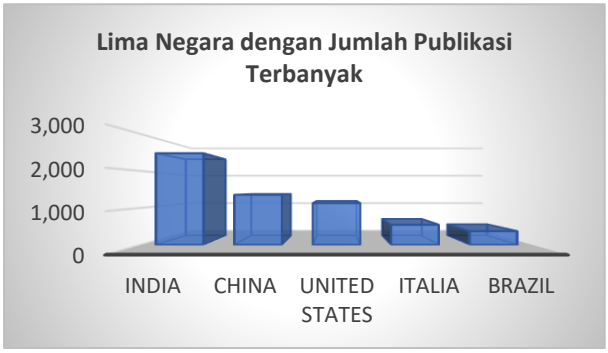


Gambar 4. Distribusi Bahasa dalam Publikasi *Smart Farming* (2016–2025)

Pada gambar 4 menunjukkan bahwa dari sisi Bahasa mayoritas dokumen ditulis dalam bahasa Inggris, yaitu sebanyak 9.290 dokumen atau sekitar 96% dari total dokumen yang dianalisis. Bahasa Mandarin berada di posisi kedua dengan 294 dokumen, diikuti oleh bahasa Spanyol (54 dokumen), dan bahasa lainnya dalam jumlah yang lebih kecil. Hal ini mencerminkan bahwa riset *smart farming* bersifat global dan didominasi oleh komunitas ilmiah internasional.

3.2 Distribusi Geografis, institusi Kontributor, dan Penulis Publikasi Terbanyak

Analisis distribusi geografis dari metadata *Scopus* menunjukkan bahwa lima negara dengan jumlah publikasi terbanyak dalam topik *smart farming* adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Lima Negara dengan Jumlah Publikasi Terbanyak dalam *Smart Farming*

Pada gambar 5 diatas merupakan dominasi publikasi oleh India dan China yang menunjukkan pergeseran episentrum riset teknologi pertanian dari negara maju ke negara berkembang.

Lebih lanjut, analisis terhadap afiliasi institusi menunjukkan bahwa beberapa perguruan tinggi dan Lembaga penelitian di India dan China merupakan penyumbang publikasi terbanyak dibidang ini. Berikut adalah tabel institusi akademik dan lembaga riset yang paling produktif dalam publikasi terkait *Smart Farming*:

Tabel 1. Institusi Kontributor Terbanyak dalam Riset *Smart Farming*

No.	Institusi	Jumlah
1.	*Chitkara University, Punjab*	224
2.	*China Agricultural University*	152
3.	*Graphic Era Hill University*	141
4.	*Graphic Era Deemed to be University*	138
5.	*Ministry of Agriculture of the People's Republic of China*	136
6.	*Ministry of Education of the People's Republic of China*	107
7.	*Chinese Academy of Sciences*	107
8.	*Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)*	82
9.	*SRM Institute of Science and Technology*	79
10.	*Saveetha Institute of Medical and Technical Sciences*	72

Data pada tabel 1 di atas menunjukkan keberadaan lembaga-lembaga seperti *Chinese Academy of Sciences, Ministry of Agriculture of China,* dan *Consiglio Nazionale delle Ricerche* dapat memperlihatkan bahwa Lembaga pemerintah dan riset nasional tersebut memiliki kontribusi besar dalam pengembangan kebijakan dan teknologi *smart farming* yang berdampak luas.

Selain distribusi geografis dan institusi kontributor, analisis juga mengidentifikasi penulis publikasi terbanyak dalam bidang *smart farming*, adalah sebagai berikut:



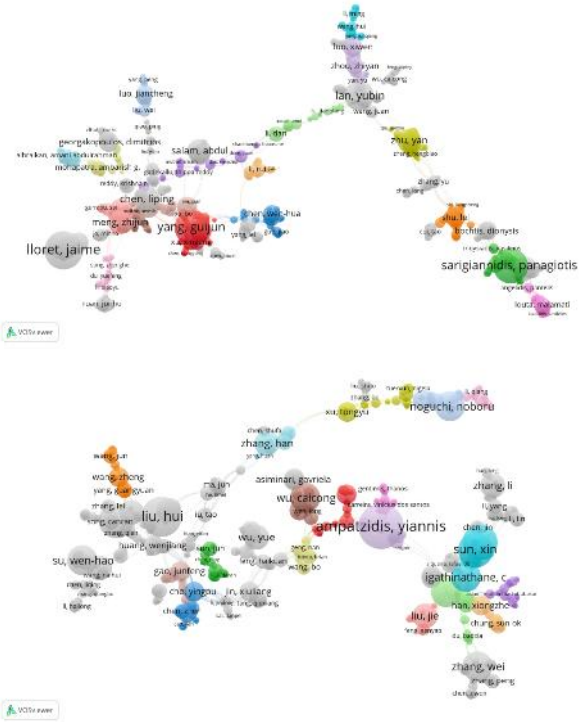
Gambar 6. Penulis dengan Jumlah Publikasi Terbanyak

Pada gambar 6 menunjukkan penulis dengan jumlah publikasi terbanyak adalah Kukreja, V. (82 publikasi), disusul oleh Sharma, R. (66 publikasi), dan Concepcion, R. (35 publikasi). Hal ini menunjukkan bahwa penelitian di bidang *smart farming* cenderung didorong oleh sejumlah peneliti yang secara aktif mempublikasikan karya dengan konsisten.

3.3 Analisis dan Pemetaan Visual Jaringan Kolaborasi dan Topik Penelitian

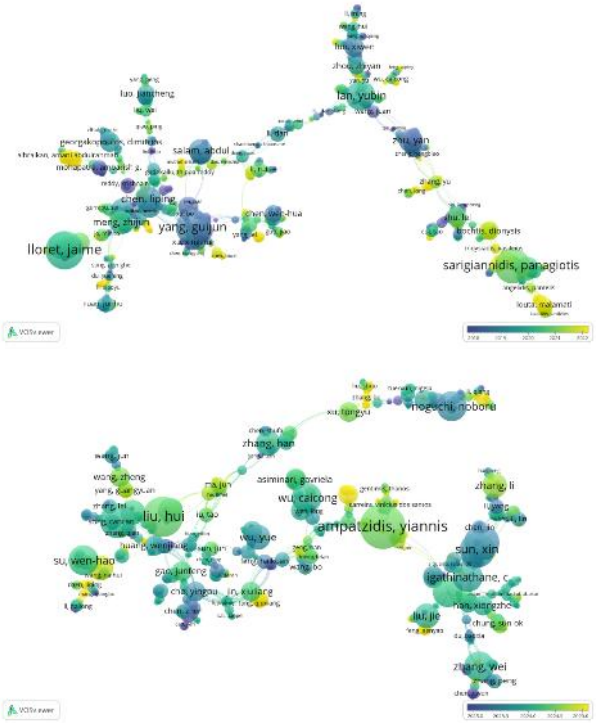
3.3.1 Jaringan Kolaborasi Antarpenulis (*Co-authorship: Author-Level*)

Analisis jaringan kolaborasi antarpenulis dilakukan untuk mengidentfikasi pola kerja sama dalam publikasi ilmiah terkait *smart farming*. Pemetaan visualisasi ini dihasilkan dari 9.731 data publikasi *Scopus* yang dianalisis menggunakan perangkat lunak VOSviewer, dengan metode *co-authorship*.



Gambar 7. *Network Visualization*: Jaringan Kolaborasi Antarpenulis (2016–2025)

Pada gambar 7 menunjukkan pemetaan jaringan kolaborasi antarpenulis berdasarkan analisis *co-authorship* menggunakan perangkat lunak VOSviewer. Data dibagi ke dalam dua periode: 2016–2022 (atas) dan 2023–2025 (bawah) untuk mengakomodasi besarnya dataset. Nama-nama penulis yang tampil lebih besar seperti lloret, jaime, yang, guijun, chen, liping, ampatzidis, yiannis, dan noguchi, noboru menunjukkan tingkat keterlibatan yang tinggi dan posisi sentral dalam jejaring kolaborasi mereka. Hal ini menandakan bahwa mereka berperan penting sebagai penggerak riset dalam topik *smart farming*.



Gambar 8. *Overlay Visualization*: Distribusi Temporal Kolaborasi Penulis (2016–2025)

Pada gambar 8 diatas memperlihatkan distribusi temporal kolaborasi antarpenulis dalam bidang *smart farming* berdasarkan warna yang mewakili tahun publikasi. Warna biru menunjukkan tahun-tahun awal, sementara warna hijau hingga kuning menunjukkan tahun-tahun yang lebih baru. Pada bagian atas (2016–2022), terlihat bahwa penulis seperti Sarigiannidis, Panagiotis, Lloret, Jaime, dan Yang, Guijun merupakan pusat kolaborasi pada periode awal. Jaringan mereka menunjukkan koneksi luas dengan banyak penulis lain dan memiliki kontribusi konsisten sejak awal periode analisis. Sedangkan, bagian bawah (2023–2025) menunjukkan munculnya pusat-pusat kolaborasi baru seperti Ampatzidis, Yiannis, Noguchi, Noboru, dan Sun, Xin, yang mulai aktif berkolaborasi pada periode yang lebih baru. Ini menunjukkan adanya perluasan dan pembaruan aktor dalam jejaring riset *smart farming*, sekaligus menandai tren kolaborasi lintas negara yang semakin intensif dalam beberapa tahun terakhir.



Gambar 9. *Density Visualization*: Kepadatan Kolaborasi Penulis (2016–2025)

Pada gambar 9 diatas memperlihatkan visualisasi kepadatan kolaborasi antarpenulis berdasarkan jumlah publikasi bersama dalam bidang *smart farming* selama periode 2016–2025. Semakin terang dan berwarna kuning pusat dari area pada peta, maka semakin tinggi intensitas kolaborasi yang terjadi pada penulis-penulis di area tersebut. Ini menandakan posisi strategis mereka dalam ekosistem riset. Kepadatan tinggi terlihat di sekitar nama-nama seperti Lloret, Jaime, Yang, Guijun, Chen, Liping, serta pada Ampatzidis, Yiannis dan Noguchi, Noboru, menunjukkan bahwa mereka tidak hanya aktif menerbitkan karya ilmiah, tetapi juga menjalin kolaborasi yang luas dan intensif dengan banyak rekan peneliti lain. Sebaliknya, wilayah dengan warna lebih gelap atau hijau kebiruan mencerminkan kepadatan kolaborasi yang lebih rendah, biasanya merupakan area dari penulis-penulis yang baru muncul.

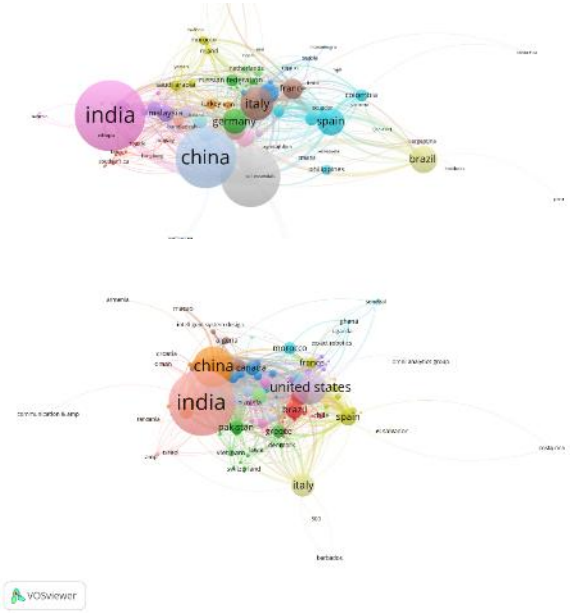
3.3.2 Analisis *Co-authorship: Organizations and Countries*

Analisis kolaborasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi institusi dan negara yang paling aktif dalam riset *smart farming*.



Gambar 10. *Network Visualization*: *Co-authorship (Organizations)* (2016–2025)

Pada gambar 10 dibagian atas (2016–2022) menunjukkan bahwa jaringan kolaborasi masih cukup terbatas dan cenderung bersifat lokal atau nasional. Kolaborasi utama terpusat pada institusi di Tiongkok seperti *College of Engineering*, China dan *College of Engineering*, Nanjing, yang menunjukkan konektivitas internal yang kuat namun belum banyak terhubung secara global. Sementara itu, dibagian bawah (2023–2025) memperlihatkan perluasan signifikan pada jejaring kolaborasi, dengan *Chitkara University Institute* dan *Lovely Professional University* di India muncul sebagai pusat kolaborasi dominan.

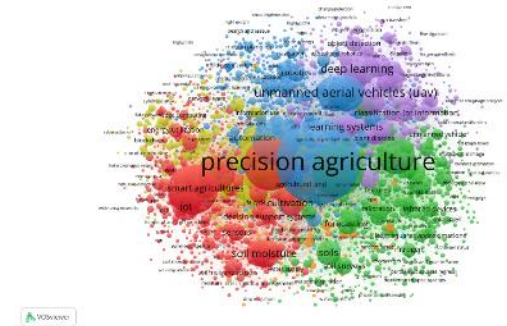


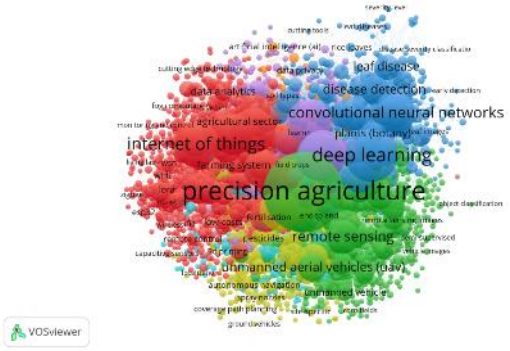
Gambar 11. *Network Visualization: Co-authorship (Countries)* (2016–2025)

Pemetaan kolaborasi antarnegara pada gambar 11 menunjukkan bahwa India, China, dan *United States* merupakan aktor utama dalam publikasi *smart farming* secara global. India menunjukkan peningkatan kontribusi yang signifikan dalam periode 2023–2025, dengan konektivitas tinggi ke berbagai institusi regional. China masih mempertahankan peran penting, terutama melalui kolaborasi internal antarinstitusi yang kuat. Sementara itu, *United States* menjadi simpul penting dalam koneksi global, terutama dalam kerja sama dengan negara-negara Eropa dan Asia Timur.

3.3.3 Analisis *Co-occurrence* Kata Kunci

Analisis co-occurrence terhadap kata kunci dilakukan untuk mengidentifikasi fokus utama dan tren tematik dalam penelitian *smart farming*.





Gambar 12. *Network Visualization*: Klaster Kata Kunci (2016–2025)

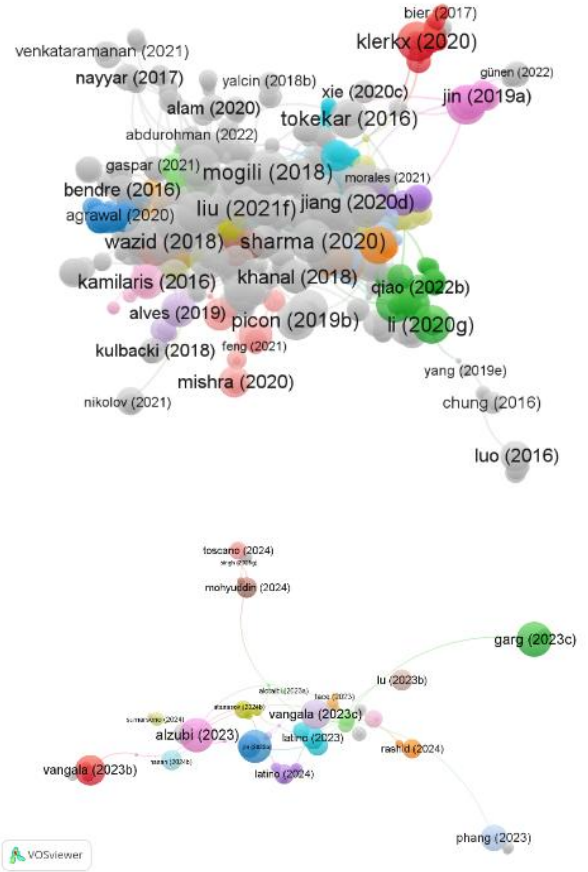
Dari visualisasi jaringan pada gambar 12, kata kunci dibagi ke dalam beberapa klaster besar berdasarkan kemunculan bersama (*co-occurrence*) dan hubungan tematiknya:

a. Klaster 1: Berisi kata kunci seperti *Internet of Things*, *wireless sensor networks, soil moisture sensors*, dan *automation*. Fokus utama klaster ini adalah pemanfaatan sensor pintar untuk pemantauan real-time lahan dan tanaman, pengumpulan data presisi untuk pengambilan keputusan otomatis, serta implementasi teknologi komunikasi nirkabel.
b. Klaster 2: Mengelompokkan kata kunci seperti *deep learning, prediction, convolutional neural networks*, dan *classification*. Fokus utama klaster ini adalah penerapan kecerdasan buatan untuk mendeteksi penyakit tanaman, klasifikasi objek, dan prediksi hasil panen, serta penelitian dalam klaster ini menjadi pusat inovasi teknologi terkini dalam pertanian presisi.
c. Klaster 3: Mencakup kata kunci seperti *precision agriculture, remote sensing, crop monitoring*, dan *soil surveys*. Fokusnya antara lain optimalisasi input pertanian berdasarkan data spasial dan citra satelit, serta penggunaan sensor jarak jauh dan algoritma prediksi untuk efisiensi pemupukan dan irigasi.
d. Klaster 4: Berisi kata kunci seperti *supply chain, food safety,* dan *traceability*. Klaster ini menekankan integrasi teknologi digital dalam rantai pasok hasil pertanian, serta transparansi dan pengawasan kualitas produksi pertanian melalui pelacakan data secara real-time.

Empat kata kunci yang paling sering muncul dan memiliki tingkat konektivitas tinggi adalah *Precision Agriculture, Internet of Things* dan *Deep Learning* yang mencerminkan fokus utama riset global dalam domain *smart farming*. Ketiga istilah kata kunci ini merepresentasikan inti dari inovasi teknologi di bidang pertanian presisi, di mana *precision agriculture* menjadi konsep payung yang menggabungkan teknologi sensor, komunikasi data, serta kecerdasan buatan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian modern.

3.3.4 *Citation Analysis*

Analisis sitasi digunakan untuk mengidentifikasi dokumen, penulis, dan jurnal yang memiliki pengaruh paling besar dalam bidang *smart farming*.

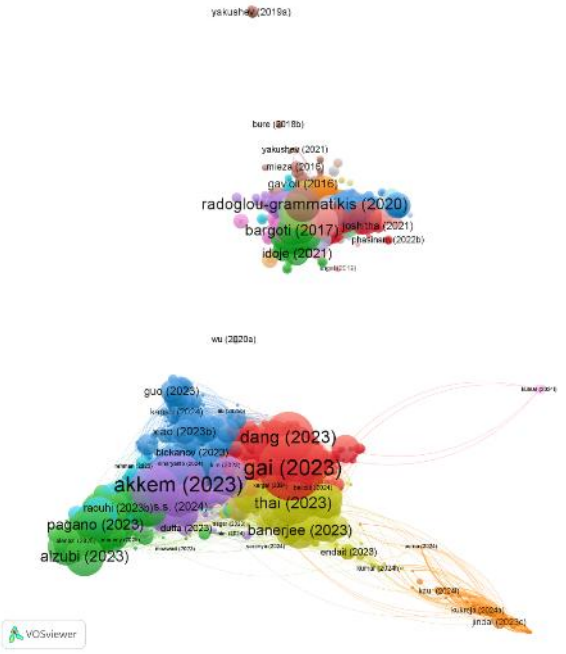


Gambar 13. *Network Visualization: Citation Map* (2016–2025)

Pada gambar 13 menunjukkan bahwa peta sitasi tahun 2016–2022 (Gambar 13 atas), artikel karya Mogili (2018), Liu (2021f), dan Jiang (2020d) menempati posisi sentral dengan frekuensi sitasi tinggi, terutama pada pengembangan teknologi *Internet of Things* dan *deep learning* untuk otomatisasi pertanian. Nama-nama seperti Sharma (2020), Picon (2019b), dan Khanal (2018) juga tampak dominan dalam klaster utama. Sementara pada periode 2023–2025 (Gambar 13 bawah), artikel karya Vangala (2023c), Latino (2023), dan Alzubi (2023) muncul sebagai referensi yang sering disitasi, menunjukkan tren pergeseran ke pendekatan terkini dalam bidang *artificial intelligence*, dan *blockchain* untuk rantai pasok pertanian. Peneliti seperti Garg (2023c) dan Phang (2023) juga terlihat aktif dan mulai memperoleh sitasi signifikan.

3.3.5 *Analisis Bibliographic Coupling*

Bibliographic coupling mengukur sejauh mana dua dokumen ilmiah berbagi referensi yang sama. Semakin banyak referensi yang sama antara dua dokumen, semakin kuat hubungan konseptual keduanya.

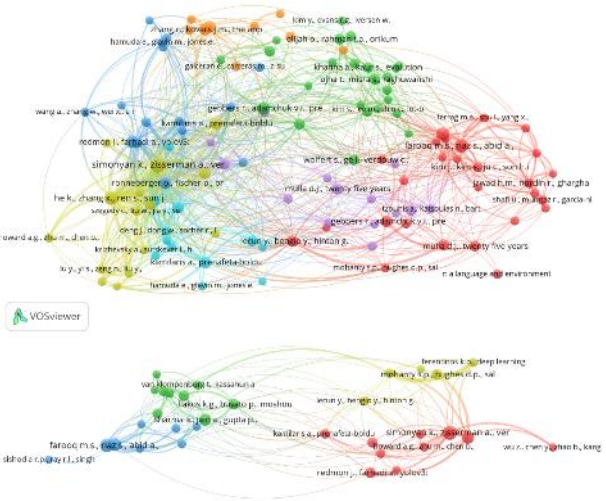


Gambar 14. *Network Visualization: Bibliographic Coupling* (2016–2025)

Pada gambar 14 bagian atas pada periode (2016–2022), jaringan *bibliographic coupling* menunjukkan dominasi dari dokumen-dokumen seperti Radoglou-Grammatikis (2020), Bargoti (2017), dan Gavioli (2016) yang menjadi pusat pengaruh karena banyak digunakan sebagai referensi bersama oleh peneliti lain. Sementara, pada gambar 14 bagian bawah pada periode 2023–2025, terjadi ekspansi dan pemekaran klaster. Tokoh-tokoh literatur baru seperti Gai (2023), Akkem (2023), Pagano (2023), dan Thai (2023) muncul sebagai pusat-pusat pengaruh baru.

3.3.6 *Analisis Co-Citation*

Analisis *co-citation* digunakan untuk mengidentifikasi penulis yang paling sering dikutip bersama dalam riset *smart farming*.



Gambar 15. *Network Visualization: Co-citation* (2016–2025)

Gambar 15. menunjukkan visualisasi jejaring *co-citation*, bagian atas (2016–2022), Jejaring masih tersebar, dengan banyak kelompok peneliti seperti Zisserman A., Simonyan K., Redmon J., dan Kamilaris A. yang menjadi pusat sitiran, menandakan eksplorasi teknologi seperti *deep learning* dan *computer vision* dalam pertanian, serta bagian bawah (2023–2025), Jejaring terlihat lebih terstruktur, menunjukkan konsolidasi literatur. Tokoh seperti Kamilaris A., Farooq M.S., dan Abid A. tetap dominan, mengindikasikan fokus riset mulai bergeser ke penerapan praktis *smart farming*.

3.4 Identifikasi Kesenjangan Penelitian

Meskipun terdapat kemajuan signifikan dalam riset *smart farming* selama satu dekade terakhir, hasil analisis bibliometrik ini juga mengungkap sejumlah kesenjangan penelitian yang masih perlu mendapatkan perhatian, yaitu minimnya studi implementatif di negara berkembang, khususnya terkait penerapan teknologi *smart farming* secara nyata di lapangan. Rendahnya integrasi pendekatan lintas disiplin, seperti dimensi ekologi, sosial, dan ekonomi yang penting untuk keberlanjutan sistem pertanian digital, serta kurangnya perhatian terhadap penerapan teknologi oleh petani skala kecil, termasuk tantangan akses, literasi digital, dan infrastruktur. Kesenjangan-kesenjangan ini membuka peluang strategis bagi penelitian masa depan, khususnya dalam mengembangkan model *smart farming* yang berbasis lokal, inklusif, dan berkelanjutan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perkembangan dan pemetaan riset global dalam bidang *smart farming* selama periode 2016–2025 melalui pendekatan bibliometrik dan analisis jaringan menggunakan VOSviewer. Hasil analisis menunjukkan bahwa penelitian mengenai *smart farming* mengalami pertumbuhan signifikan dalam satu dekade terakhir, ditandai dengan meningkatnya jumlah publikasi, keterlibatan kolaboratif antar peneliti dan institusi, serta diversifikasi topik-topik kunci seperti *precision agriculture, Internet of Things*, *deep learning*. Visualisasi analisis *co-authorship* mengungkap jaringan kolaborasi yang luas antar penulis, institusi, dan negara, didominasi oleh India, China, dan *United States*. Analisis *co-occurrence* terhadap kata kunci mengidentifikasi istilah-istilah dominan, mencerminkan topik utama dan tren tematik. *Citation analysis* menyoroti dokumen-dokumen dengan jumlah sitasi tertinggi, menunjukkan kontribusi penting terhadap struktur intelektual bidang ini. Sementara itu, *bibliographic coupling* memperlihatkan keterkaitan antar dokumen melalui referensi yang sama, sedangkan *co-citation* memetakan hubungan antar referensi yang sering disitasi bersama. Selain itu, tren penelitian juga menunjukkan peningkatan kolaborasi lintas negara dan institusi, yang mencerminkan adanya upaya global dalam merespons tantangan ketahanan pangan dan efisiensi produksi pertanian melalui

pemanfaatan teknologi cerdas. Meski demikian, hasil studi ini juga menunjukkan adanya kesenjangan dalam penelitian, khususnya dalam konteks penerapan teknologi di negara berkembang, keterlibatan petani kecil, serta kurangnya pendekatan lintas disiplin yang holistik dalam pengembangan solusi teknologi.

.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Hozairi, S.ST., M.T. atas bimbingan, arahan, dan dukungan yang telah diberikan selama proses penelitian ini berlangsung. Kontribusi beliau sangat berarti dalam penyusunan artikel ini, baik dalam bentuk masukan ilmiah maupun dorongan semangat yang konsisten. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengumpulan data, analisis, dan penyusunan naskah ini hingga dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] T. Daszkiewicz, “Food Production in the Context of Global Developmental Challenges,” *Agriculture (Switzerland)*, vol. 12, no. 6, pp. 1–11, Jun. 2022, doi: 10.3390/agriculture12060832.

[2] A. Molotoks, P. Smith, and T. P. Dawson, “Impacts of land use, population, and climate change on global food security,” *Food Energy Secur*, vol. 10, no. 1, pp. 1–20, Feb. 2021, doi: 10.1002/fes3.261.

[3] H. Shahab, M. Iqbal, A. Sohaib, F. U. Khan, and M. Waqas, “IoT-based agriculture management techniques for sustainable farming: A comprehensive review,” *Comput Electron Agric*, vol. 220, no. 108851, pp. 1–21, May 2024, doi: 10.1016/j.compag.2024.108851.

[4] D. Cortignani, “Smart farming: Key technologies, benefits and associated challenges,” *International Journal of Agriculture Extension and Rural Development*, vol. 11, no. 2, pp. 1–2, Jun. 2023, [Online]. Available: www.internationalscholarsjournals.org

[5] N. Ahmed and N. Shakoor, “Advancing agriculture through IoT, Big Data, and AI: A review of smart technologies enabling sustainability,” *Smart Agricultural Technology*, vol. 10, no. 100848, pp. 1–19, Mar. 2025, doi: 10.1016/j.atech.2025.100848.

[6] Z. H. Zul Azlan, S. N. Junaini, N. A. Bolhassan, R. Wahi, and M. A. Arip, “Harvesting a sustainable future: An overview of smart agriculture’s role in social, economic, and environmental sustainability,” *J Clean Prod*, vol. 434, no. 140338, pp. 1–19, Jan. 2024, doi: 10.1016/j.jclepro.2023.140338.

[7] Y. Xing and X. Wang, “Precision Agriculture and Water Conservation Strategies for Sustainable Crop Production in Arid Regions,” *Plants*, vol. 13, no. 22, pp. 1–23, Nov. 2024, doi: 10.3390/plants13223184.

[8] S. Getahun, H. Kefale, and Y. Gelaye, “Application of Precision Agriculture Technologies for Sustainable Crop Production and Environmental Sustainability: A Systematic Review,” *The Scientific World Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 1–12, Oct. 2024, doi: 10.1155/2024/2126734.

[9] B. Paudel, S. Riaz, S. W. Teng, R. R. Kolluri, and H. Sandhu, “The digital future of farming: A bibliometric analysis of big data in smart farming research,” *Cleaner and Circular Bioeconomy*, vol. 10, no. 100132, pp. 1–17, Mar. 2025, doi: 10.1016/j.clcb.2024.100132.

[10] H. O. Abdullahi, M. Mahmud, A. A. Hassan, and A. F. Ali, “A Bibliometric Analysis of the Evolution of IoT Applications in Smart Agriculture,” *Ingenierie des Systemes d’Information*, vol. 28, no. 6, pp. 1495–1504, Dec. 2023, doi: 10.18280/isi.280606.

[11] J. Xu, Y. Li, M. Zhang, and S. Zhang, “Sustainable agriculture in the digital era: Past, present, and future trends by bibliometric analysis,” *Heliyon*, vol. 10, no. 14, pp. 1–19, Jul. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e34612.

[12] K. Tsilika, “Exploring the Contributions to Mathematical Economics: A Bibliometric Analysis Using Bibliometrix and VOSviewer,” *Mathematics*, vol. 11, no. 22, pp. 1–21, Nov. 2023, doi: 10.3390/math11224703.

[13] R. Dainelli and F. Saracco, “Bibliometric and Social Network Analysis on the Use of Satellite Imagery in Agriculture: An Entropy-Based Approach,” *Agronomy*, vol. 13, no. 2, pp. 1–26, Feb. 2023, doi: 10.3390/agronomy13020576.

[14] R. Bertoglio, C. Corbo, F. M. Renga, and M. Matteucci, “The Digital Agricultural Revolution: A Bibliometric Analysis Literature Review,” *IEEE Access*, vol. 9, no. 1, pp. 134762–134782, Sep. 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3115258.

[15] T. Kushartadi *et al.*, “Theme Mapping and Bibliometric Analysis of Two Decades of Smart Farming,” *Information (Switzerland)*, vol. 14, no. 7, pp. 1–19, Jul. 2023, doi: 10.3390/info14070396.

[16] A. Katharria, K. Rajwar, M. Pant, J. D. Velásquez, V. Snášel, and K. Deep, “Information Fusion in Smart Agriculture: Machine Learning Applications and Future Research Directions,” *Preprint submitted to Elsevier*, vol. 1, no. 1, pp. 1–64, Mar. 2025, [Online]. Available: https://ssrn.com/abstract=5187083

[17] R. Ridwana, M. Kamal, S. Arjasakusuma, D. Sugandi, and A. D. Sakti, “Bibliometric Computation Mapping Analysis of Publication Machine and Deep Learning for Food Crops Mapping using VOSviewer,” *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, vol. 50, no. 2, pp. 42–

59, Aug. 2025, doi: 10.37934/araset.50.2.4259.

[18] A. I. Harsapranata and A. R. Ruli, “Internet of Things dan Pertanian: Perspektif Riset Menggunakan Analisa Bibliometric,” *Jurnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi (JNKTI)*, vol. 7, no. 3, pp. 257–264, Jun. 2024.

[19] J. Anand, Dr. N. Yusoff, Ts. Dr. H. A. Ghani, and Dr. K. K. Thoti, “Technological Applications in Smart Farming: A Bibliometric Analysis,” *Advanced and Sustainable Technologies (ASET)*, vol. 2, no. 2, pp. 30–40, Dec. 2023.

[20] L. H. Talero-Sarmiento, D. T. Parra-Sanchez, and H. Lamos-Diaz, “Opportunities and Barriers of Smart Farming Adoption by Farmers Based on a Systematic Literature Review,” *INNODOCT*, vol. 2, no. 7, pp. 53–64, Nov. 2022.

[21] J. S. de Souza, J. G. M. dos Reis, P. F. da C. Correia, and G. S. Rodrigues, “A Bibliometric Overview over Smart Farming,” in *chemistry proceedings*, MDPI AG, Feb. 2022, pp. 1–6. doi: 10.3390/iocag2022-12327.