

Pemetaan dan Analisis Tren Penelitian Teknologi Pertanian di Periode 1995-2025 menggunakan Tinjauan Pustaka Sistematis dan Analisis Bibliometrik

Dwi Wahyuni^{1*}, Risky Meyranti², Esra Rombeallo³, Saprilian Styahapsari⁴, Rahayu Asmadini Rosa⁵, Aah Ahmad Almulqu⁶

^{1,6} Jurusan Kehutanan, Politeknik Pertanian Negeri Kupang, Indonesia

^{2,3} Jurusan Manajemen Pertanian Lahan Kering, Politeknik Pertanian Negeri Kupang, Indonesia

^{4,5} Jurusan Pertenakan, Politeknik Pertanian Negeri Kupang, Indonesia

Email: *dwiwahyuni.2104@gmail.com

Abstrak

Perkembangan teknologi pertanian (*agricultural technology*) mengalami akselerasi signifikan dalam tiga dekade terakhir seiring meningkatnya tekanan terhadap ketahanan pangan global akibat pertumbuhan populasi, perubahan iklim, dan degradasi lingkungan. Kondisi ini mendorong transformasi sistem pertanian menuju praktik yang lebih modern, adaptif, dan berbasis teknologi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tren, pola perkembangan, serta fokus utama riset teknologi pertanian melalui pendekatan gabungan tinjauan pustaka sistematis dan analisis bibliometrik. Tinjauan pustaka sistematis dilakukan mengikuti kerangka PRISMA yang diawali dengan pencarian pada database periode 1995–2025 menghasilkan 98.909 dokumen. Melalui tahapan penyaringan berdasarkan kata kunci “*agricultural technology*”, tipe dokumen, bahasa, dan status *open access*, diperoleh 2.962 artikel yang memenuhi kriteria untuk dianalisis bibliometrik menggunakan perangkat lunak VOSviewer untuk mengevaluasi *co-authorship*, dan *keyword co-occurrence*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa publikasi teknologi pertanian mengalami peningkatan secara signifikan di tahun 2011, dengan lonjakan tajam setelah tahun 2020 dan 2022. China dan United States menjadi negara dengan kontribusi publikasi terbesar serta berperan sebagai pusat kolaborasi internasional. Adapun beberapa kata kunci yang banyak muncul dalam literatur yang diindeks scopus tentang “*agricultural technology*”, diluar kata kunci utama yaitu *technology adoption*, *precision agriculture*, *sustainable development*, *agricultural robots*, *agricultural development*, *sustainable agriculture*, *artificial intelligence*, *internet of things*, dan *machine learning*. Temuan ini memberikan gambaran komprehensif mengenai evolusi riset teknologi pertanian dan dapat menjadi dasar dalam merumuskan arah penelitian selanjutnya yang lebih relevan dan inovatif.

Kata kunci: Analisis bibliometrik; PRISMA; Teknologi pertanian; Tinjauan pustaka sistematis; Scopus

Abstract

Agricultural technology has undergone significant acceleration over the past three decades, driven by mounting pressure on global food security resulting from population growth, climate change, and environmental degradation. These conditions have spurred a transformation of agricultural systems toward practices that are more modern, adaptive, and technology-driven. This study aims to identify trends, development patterns, and key research focuses in agricultural technology by combining a systematic literature review with bibliometric analysis. The systematic literature review followed the PRISM framework, beginning with a database search covering the period 1995–2025, which yielded 98,909 documents. After screening based on the keyword "agricultural technology," document type, language, and open-access status, 2,962 articles met the criteria for bibliometric analysis using VOSviewer software to evaluate co-authorship, and keyword co-occurrence. The results indicate a significant rise in agricultural technology publications starting in 2011, with sharp surges following 2020 and 2022. China and the United States emerged as the leading contributors to publications and served as hubs for international collaboration. Beyond the primary term itself, frequently occurring keywords in Scopus-indexed literature on "agricultural technology" included technology adoption, precision agriculture, sustainable development, agricultural robots, agricultural development, sustainable agriculture, artificial intelligence, the Internet of Things, and machine learning. These findings provide a comprehensive overview of the evolution of agricultural technology research and can serve as a foundation for formulating future research directions that are both relevant and innovative.

Keywords: Agricultural technology; Bibliometric analysis; PRISM; Scopus; Systematic Literature Review

1. PENDAHULUAN

Belakangan ini perkembangan teknologi pertanian (*agricultural technology*) mengalami kemajuan pesat dalam tiga dekade terakhir (1995–2025) seiring meningkatnya permintaan pangan akibat pertumbuhan populasi. Berdasarkan laporan United Nations (2025), setengah populasi dunia saat ini diperkirakan akan terus meningkat. Kondisi ini menimbulkan tekanan besar terhadap sektor pertanian dan lingkungan, karena peningkatan populasi akan berpotensi mempercepat perubahan iklim akibat meningkatnya emisi gas rumah kaca, degradasi ekosistem, risiko banjir dan kekeringan. Diduga juga pada tahun 2040 lebih dari 2 miliar penduduk di beberapa tempat dimungkinkan akan menghadapi kenaikan suhu tambahan sebesar 0,5 °C. Jumlah penduduk tersebut sekitar 36 % populasi global yang akan terus merasakan kenaikan suhu rata-rata tahunan diatas 29 °C.

Kondisi ekstrem ini semakin mengancam ketahanan pangan global karena menurunkan produktivitas pertanian dan meningkatkan risiko kerawanan pangan di berbagai wilayah dunia. Situasi ini mendorong perlunya transformasi sistem pertanian dari praktik tradisional menuju pertanian modern yang lebih adaptif, efisien, dan berorientasi pada hasil panen maksimal. Tantangan tersebut, dapat dihadapi dengan sistem pertanian modern yang mengadopsi berbagai teknologi seperti teknologi cerdas seperti *Internet of Things* (IoT), kecerdasan buatan (AI), dan teknologi lainnya yang mendukung inovasi dalam mekanisasi, bioteknologi, pertanian presisi, pertanian digital, dan integrasi energi terbarukan (Roy & Medhekar, 2025).

Transformasi pertanian modern ini telah mendorong percepatan laju perubahan teknologi yang menghasilkan literatur ilmiah luas dan beragam. Agar memahami arah dan perkembangan penelitian kajian teknologi pertanian maka dilakukan analisis tinjauan pustaka sistematis dan bibliometrik. Tinjauan pustaka sistematis menyediakan hasil penelitian dengan pendekatan kualitatif sedangkan, analisis bibliometrik menyediakan pendekatan kuantitatif. Beberapa penelitian bibliometrik terdahulu telah mencoba memetakan topik terkait, namun terdapat kesenjangan (*gap*) besar yang perlu diisi. Misalnya penelitian perkembangan penelitian terkait kapasitas teknologi pertanian dengan bibliometrik di periode 2005 – 2017 (Vaz et al., 2018), dan penelitian yang berfokus *smart farming* melalui pemetaan bibliometrik berbasis *scopus* di rentang 1997-2021 (Kushartadi et al., 2023). Penelitian terdahulu masih menyisakan ruang untuk memperluas cakupan analisis secara longitudinal. Oleh karena itu, penelitian ini memperluas cakupan analisis secara longitudinal hingga periode 1995–2025, sehingga memungkinkan identifikasi perkembangan dan evolusi tema penelitian selama tiga dekade. Selain memperhatikan perkembangan publikasi dan tema penelitian, penelitian ini mengintegrasikan analisis jaringan bibliometrik, termasuk co-citation analysis, untuk mengidentifikasi hubungan intelektual dan struktur pengetahuan dalam bidang *agricultural technology*.

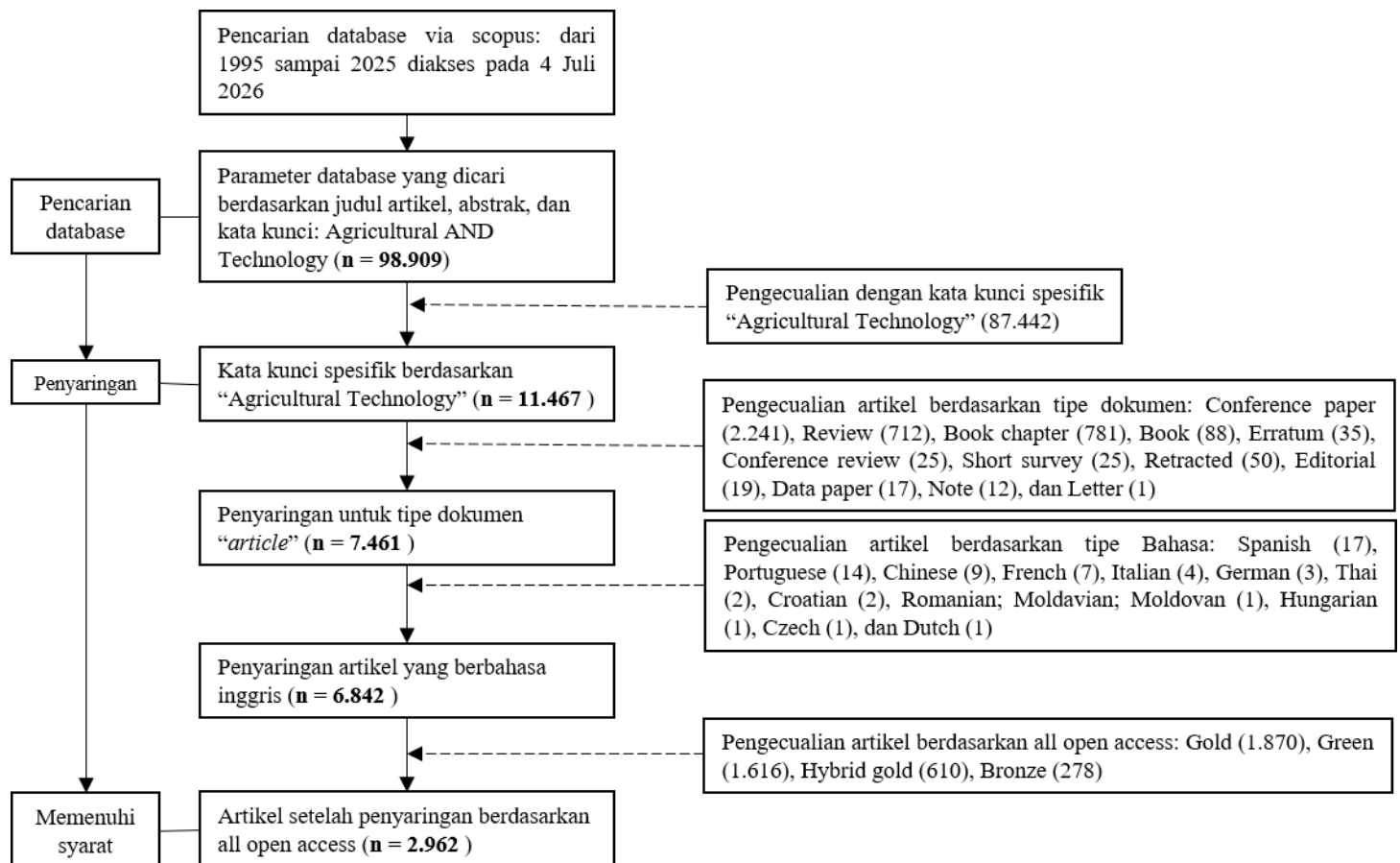
Belakangan ini, analisis bibliometrik sedang popularitas dengan perangkat lunak seperti VOSviewer, CiteSpace, dan lainnya yang membantu peneliti mereview data ilmiah dalam jumlah besar mencakup ratusan hingga ribuan artikel dari *Google Scholar*, *Garuda Ristekdikti*, *Scopus*, dan *Web of Science* (Fitri & Hamdi, 2024). Namun, penelitian ini memilih *Scopus* sebagai satu-satunya basis data utama, karena ia memiliki keunggulan dalam hal volume jurnal terindeks di bidang ilmu pertanian dan biologi yang lebih luas. Selain itu, *Scopus* menyediakan struktur sitasi dan metadata penulis yang lebih bersih serta terstandardisasi, yang sangat krusial untuk meminimalkan bias saat melakukan analisis jaringan dan visualisasi menggunakan perangkat lunak bibliometrik.

Penelitian ini melakukan strategi pencarian dengan menggunakan frasa spesifik "*agricultural technology*". Penggunaan frasa tunggal dan spesifik ini sengaja dipilih untuk menjaga presisi dan fokus data. Pencarian dengan istilah yang terlalu luas (seperti "*agriculture*" atau "*technology*" secara terpisah) berisiko memunculkan ribuan artikel yang tidak relevan (*noise*). Kata kunci ini dianalisis dengan metode analisis gabungan tinjauan pustaka sistematis dan bibliometrik yang sedang tren dalam penelitian literatur revidi beberapa tahun terakhir. Penelitian ini melakukan analisis dengan dua metode ini agar menghasilkan bagian dari langkah strategis untuk membantu peneliti lapangan dalam memperkuat arah dan fokus penelitian ke depan. Oleh karena itu, melalui penelitian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi berharga dalam mengidentifikasi informasi seperti tren publikasi, negara, *co-authorship*, dan *keyword co-occurrence*. dalam kajian teknologi pertanian selama periode 1995–2025.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tinjauan Pustaka Sistematis

Metode Tinjauan Pustaka Sistematis mengikuti kerangka kerja PRISMA untuk meninjau dan menganalisis berbagai sumber ilmiah tentang “*agricultural technology*”. Data dikumpulkan dari *Scopus* dengan rentang 1995 sampai 2025 yang diakses pada 28 Januari 2026 dan diseleksi melalui tahap identifikasi, penyaringan, dan penilaian kelayakan. Identifikasi artikel *scopus* mengacu pada parameter judul artikel, abstrak dan kata kunci: *Agricultural AND Technology*. Proses penyaringan dilakukan sebanyak empat kali yaitu: 1) Pencarian kata kunci spesifik berdasarkan “*Agricultural Technology*”. 2) penyaringan yang mengecualikan artikel dengan tipe dokumen: *Conference paper, Review, Book chapter, Book, Erratum, Conference review, Short Survey, Retracted, Editorial, Data paper, Note, dan Letter*. 3) Penyaringan yang mengecualikan artikel selain berbahasa inggris. 4) Penyaringan yang mengecualikan artikel selain yang *all open access*. Terakhir adalah proses penilaian kelayakan adalah proses pengekan ulang terkait jumlah artikel yang telah melewati penyaringan. Adapun kerangka PRISMA pada Gambar 1.



Gambar 1. Flow chart Tinjauan Pustaka Sistematis menggunakan PRISMA

2.2 Bibliometrik

Data yang digunakan sebagai sumber penelitian diambil dari database *Scopus* di rentang 1995 – 2025 menggunakan kata kunci “*agricultural technology*” yang berbahasa Inggris diperoleh dengan total 2.962 artikel diekspor dalam format CSV. Informasi yang di ekspor adalah *citation information, bibliographical information, abstract and keywords, funding details and other information*.

File format CSV disubmit ke perangkat lunak VOSviewer untuk dilakukan analisis bibliometrik dengan panduan mengacu (Passas, 2024). VOSviewer (versi 1.6.20) digunakan untuk menganalisis *co-authorship*, dan *keyword co-occurrence*. Data dibaca melalui menu *Create a map based on*

bibliographic data dengan memilih opsi *Read data from bibliographic database files*. Selanjutnya, jenis analisis dan unit analisis ditentukan sesuai dengan tujuan penelitian, meliputi dokumen, sumber, penulis, organisasi, dan negara. Metode penghitungan yang digunakan adalah *full counting*. Pada tahap pembuatan peta, ambang batas (*threshold*) minimum jumlah dokumen dan sitasi ditetapkan untuk menyaring entitas yang memenuhi kriteria analisis. Hasil analisis divisualisasikan dalam bentuk peta jaringan (*network visualization*) untuk mengidentifikasi tren penelitian *agricultural technology*.

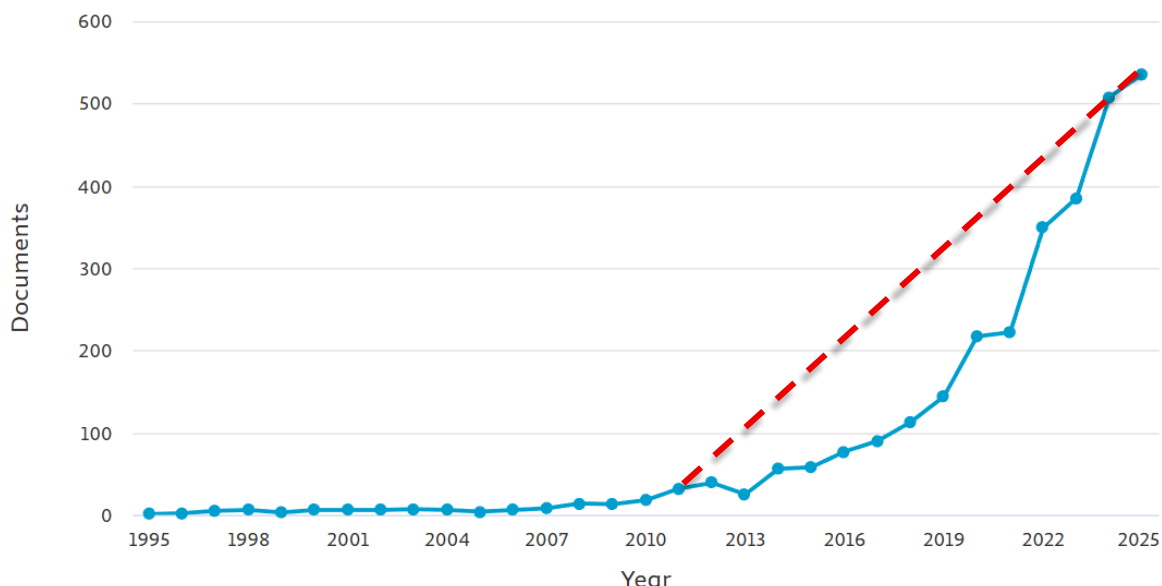
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pencarian literatur dilakukan melalui database *Scopus* untuk periode 1995–2025. Dari 98.909 dokumen yang diperoleh pada tahap awal, dilakukan penyaringan berdasarkan kata kunci spesifik “*Agricultural Technology*”, tipe dokumen artikel, bahasa Inggris, dan status open access, sehingga diperoleh 2.962 artikel yang memenuhi kriteria inklusi dan selanjutnya dianalisis menggunakan pendekatan tinjauan pustaka sistematis dan bibliometrik.

3.1. Hasil

Berdasarkan analisis data tinjauan Pustaka atau diperoleh tren penelitian dari tiga dekade terakhir (1995 – 2025) tentang *agricultural technology* yang terpublish di *scopus* menunjukkan bahwa perkembangan penelitian dibidang ini diawali dengan berada pada fase stagnan dari 1995 sampai 2007 karena hanya mempublikasikan < 10 artikel dan begitu pula pada 2008 – 2020 yang hanya mempublikasikan < 20 artikel. Awal dari kenaikan publikasi *agricultural technology* pada tahun 2011 yang dibuktikan dengan garis merah putus-putus pada Gambar 2. Kemudian, terjadi lonjakan tajam pada tahun 2020 (terpublikasi 217 artikel) dan 2022 (terpublikasi 349 artikel), ini menunjukkan perhatian global terhadap isu yang membutuhkan “*agricultural technology*” semakin banyak diteliti (Supriadi & Yuadi, 2023). Terakhir pada tahun 2025 tercatat sebanyak 536 artikel yang terpublikasi pada *scopus* dengan topik *agricultural technology*. Isu yang paling banyak dibahas dari setiap tahunnya di topik *agricultural technology*, dapat diamati pada Tabel 1.

Documents by year



Gambar 2 Tren penelitian *agricultural technology* berdasarkan jumlah artikel yang terpublikasi setiap tahun (1995 - 2025)

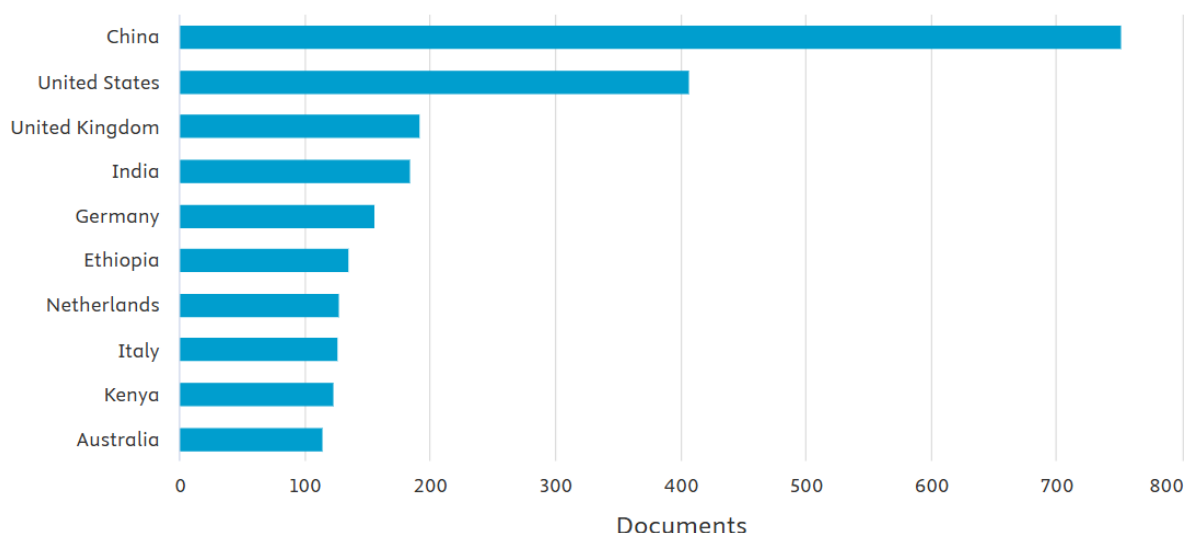
Tabel 1 Beberapa artikel penelitian *agricultural technology* di rentang 1995 - 2025

Tahun	Jumlah artikel	Artikel banyak disitasi	Jumlah sitasi	Fokus/Topik Utama	Metodologi	Temuan
1995	1	(Coxhead & Warr, 1995)	16	Dampak kemajuan teknologi pertanian terhadap kemiskinan pedesaan dan distribusi pendapatan,	Pemodelan ekonomi teoritis (<i>general equilibrium</i>)	Kemajuan teknologi pertanian tidak secara otomatis mengurangi kemiskinan, bergantung pada jenis teknologi, struktur pasar tenaga kerja, dan kepemilikan faktor produksi. Integrasi model pertumbuhan ke dalam DSS meningkatkan akurasi dan kualitas keputusan terkait waktu tanam, pemupukan, irigasi, dan pemilihan varietas.
1996	2	(Jame & Cutforth, 1996)	93	Peran dan penerapan model pertumbuhan tanaman (crop growth models) sebagai komponen utama dalam Decision Support Systems (DSS) untuk membantu pengambilan keputusan di bidang pertanian,	Pendekatan review konseptual dan evaluatif, dengan mengulas berbagai jenis model pertumbuhan tanaman, struktur model, kebutuhan data, serta contoh penerapannya	Kesenjangan adopsi teknologi pada perempuan disebabkan keterbatasan akses lahan, dan layanan penyuluhan. Dikembangkan alat bernama MOTIFS, yaitu sistem monitoring keberlanjutan berbasis indikator yang user-friendly dan komunikatif.
2000	6	(Doss & Morris, 2000)	500	Perbedaan adopsi teknologi pertanian berdasarkan gender	Membandingkan pola adopsi teknologi antara petani laki-laki dan perempuan	
2008	14	(Meul et al., 2008)	196	Pengembangan alat monitoring keberlanjutan pertanian berbasis indikator yang mengintegrasikan dimensi ekonomi, ekologi, dan sosial	Pendekatan pengembangan metodologis dan studi kasus,	

Tahun	Jumlah artikel	Artikel banyak disitasi	Jumlah sitasi	Fokus/Topik Utama	Metodologi	Temuan
2012	39	(Asfaw et al., 2012)	486	Dampak adopsi teknologi legum atau serangkaian teknik budidaya untuk pengolahan tanaman kacang-kacangan (famili Leguminosae)	<i>Endogenous switching regression</i> pada data survei rumah tangga	Adopsi teknologi meningkatkan konsumsi dan mengurangi kemiskinan
2016	77	(Svitashev et al., 2016)	707	Pengembangan dan penerapan teknologi genome editing berbasis CRISPR-Cas9 tanpa DNA (DNA-free genome editing) pada tanaman jagung	Eksperimen biolistik Cas9–gRNA RNP pada sel embrio	Menghasilkan mutasi efisien tanpa integrasi DNA
2017	90	(Jiao et al., 2017)	909	Pengembangan genom referensi jagung (maize) berkualitas tinggi beserta anotasinya, sebagai dasar untuk memahami variasi genetik dan fungsional	SMRT sequencing dan optical mapping	Genom lebih lengkap dan akurat, mendukung riset dan pemuliaan
2020	217	(Subahi & Bouazza, 2020)	153	Sistem greenhouse cerdas berbasis IoT dan efisiensi energi	Perancangan sistem IoT dengan Petri Nets	Sistem mampu mengontrol suhu dan menghemat energi
2022	349	(Liu et al., 2022)	121	Prediksi dini penyakit tanaman berbasis Internet of Things (IoT) dan Machine Learning (ML)	Multiple Linear Regression (MLR) pada data sensor IoT	Pendekatan ini memungkinkan pengendalian penyakit secara proaktif, bukan reaktif dengan akurasi prediksi 91%
2025	536	(Shahab et al., 2025)	43	Smart farming berbasis IoT dan AI untuk budidaya padi	Eksperimen lapangan dan implementasi sistem IoT	Sistem mampu memantau tanah real-time dan memberi rekomendasi berbasis data

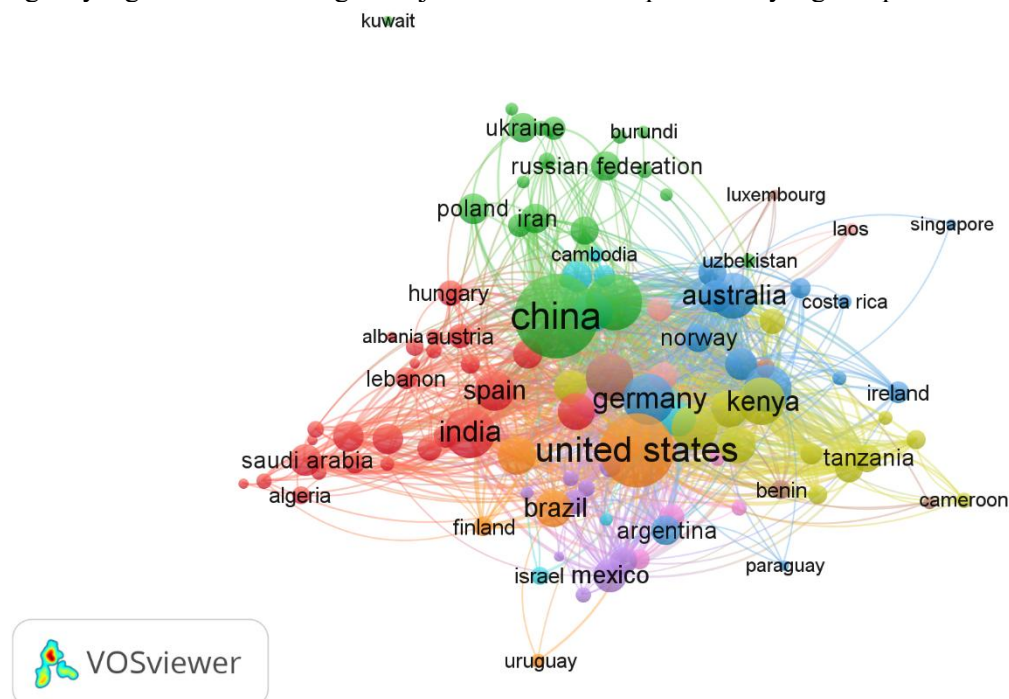
Analisis publikasi ilmiah berdasarkan negara menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam kontribusi riset terkait *agricultural technology* di tingkat global. Secara keseluruhan terdapat 131 negara yang terlibat dalam publikasi *agricultural technology*. Data pada grafik memperlihatkan bahwa China

menjadi negara dengan jumlah publikasi tertinggi, yakni 751 artikel, jauh melampaui negara lainnya. Disusul oleh United States yang mempublikasikan sebanyak 406 artikel. Kemudian, 8 negara lainnya dengan publikasi banyak berikutnya yaitu United Kingdom (191 artikel), India (83 artikel), Germany (155 artikel), Ethiopia (135 artikel), Netherlands (127 artikel), Italy (126 artikel), Kenya (122 artikel) dan Australia (114 artikel) (Gambar 3).



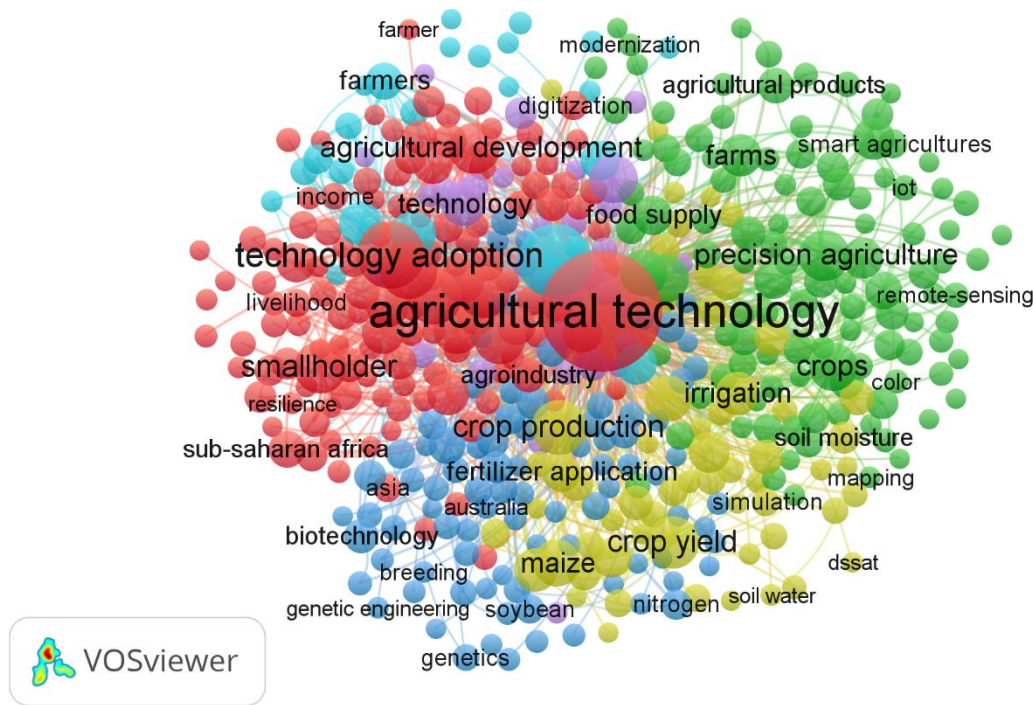
Gambar 3 Sepuluh negara publikasi terbanyak “*agricultural technology*” di 1995 - 2025

Berdasarkan analisis bibliometrik, China berada di pusat penelitian tentang penerbitan artikel *agricultural technology* yang bekerja sama dengan 130 negara lainnya. Dapat dilihat pada peta jaringan yang menunjukkan hubungan antar penulis berbagai negara di bidang *agricultural technology* di Gambar 4. Warna yang berbeda antar negara digunakan untuk membedakan kelompok atau klaster negara yang memiliki hubungan kerja sama atau fokus penelitian yang serupa.



Gambar 4 Peta jaringan kolaborasi antarnegara (*country co-authorship network*) dalam penelitian *agricultural technology* (1995–2025)

Hasil analisis *keyword co-occurrence* menunjukkan bahwa “*agricultural technology*” merupakan kata kunci pusat jaringan yang berperan sebagai tema inti dalam lanskap penelitian. Kata kunci ini memiliki keterkaitan kuat dengan berbagai topik seperti *technology adoption*, *precision agriculture*, *crop production*, *irrigation*, dan *crop yield*.



Gambar 5 Peta jaringan co-occurrence kata kunci penelitian *agricultural technology* (1995–2025) yang dihasilkan menggunakan VOSviewer

Tabel 2 Dua puluh kata kunci yang banyak muncul dalam literatur yang diindeks scopus tentang *agricultural technology* (1995 – 2025)

No	Kata Kunci	Kemunculan per artikel	No	Kata Kunci	Kemunculan per artikel
1	Agricultural Technology	1.982	11	Smart Agriculture	102
2	Technology adoption	374	12	Remote Sensing	89
3	Precision Agriculture	235	13	Fertilizer Application	85
4	Sustainable Development	223	14	Smart Agricultures	71
5	Agricultural Robots	216	15	Biotechnology	67
6	Agricultural Development	178	16	Agricultural Machinery	67
7	Sustainable Agriculture	136	17	Smart Farming	63
8	Artificial Intelligence	134	18	Digital Agriculture	61
9	Internet Of Things	136	19	Environmental Impact	56
10	Machine Learning	122	20	Irrigation System	54

3.2. Pembahasan

Pada periode awal (1995–2010) termasuk pada fase stagnan karena rendahnya jumlah publikasi. Hal menunjukkan bahwa konsep *agricultural technology* masih berkembang dan belum menjadi istilah yang populer. Pada fase ini, penelitian lebih banyak menggunakan istilah spesifik seperti *precision*

agriculture, crop modeling, atau lainnya sehingga belum terklasifikasi secara luas sebagai *agricultural technology*. Fase ini merepresentasikan periode eksplorasi konseptual dan foundational. Hal ini dibuktikan pada artikel di Tabel 1 yang menunjukkan pembahasan dari artikel belum masuk ke implementasi teknologi berbasis digital. Pada studi (Coxhead and Warr 1995), masih mempertanyakan dampak dari kemajuan teknologi pertanian, bukan pada bentuk teknologinya sendiri. Selanjutnya, (Jame & Cutforth, 1996), yang membangun dasar pemikiran tentang bagaimana model dapat mendukung pengambilan keputusan dalam sistem pertanian. Pada tahun 2000 oleh (Doss and Morris 2000), juga masih membahas dampak dan faktor sosial dari adopsi teknologi pertanian dan bukan pada inovasi atau bentuk dari teknologi pertanian tersebut. Kemudian masuk pada 2008 oleh (Meul et al. 2008), yang memulai untuk mengembangkan alat monitoring, teknologi ini mengarah pada pembangunan sistem penilaian dan konseptual untuk masa depan, sementara alat teknologi untuk aplikatif yang bisa diterapkan belum ada.

Peningkatan istilah *agricultural technology* dalam publikasi di *scopus* dimulai pada 2011 – 2012. Hal ini menunjukkan bahwa dalam beberapa praktik pertanian, telah banyak yang mengadopsi teknologi pertanian dan ini dapat menandai sebagai transisi dari pertanian konvensional ke pertanian modern. Selang 4 – 5 tahun setelahnya, tepat pada tahun 2016 – 2017 muncul artikel yang membahas bioteknologi pertanian (Jiao et al., 2017; Svitashhev et al., 2016). Hal ini semakin mendukung pernyataan pada tahun diatas 2011 dunia sudah mencapai tahap eksperimental dan aplikatif dalam teknik budidaya pertanian.

Kemudian, selama penerapannya, terjadi lonjakan tinggi pada tahun 2020 – 2022. Hal ini dapat diakibatkan dari dampak pandemi COVID-19 terhadap rantai pasok pangan sehingga mendorong untuk membahas ketahanan pangan. Hal tersebut terus berlanjut sampai 2025, sehingga isu terkait ketahanan pangan, perubahan iklim, dan efisiensi sumber daya mendorong untuk terciptanya teknologi pertanian yang semakin efektif. Hal ini dibuktikan dengan artikel (Liu et al., 2022; Shahab et al., 2025; Subahi & Bouazza, 2020), yang berfokus membahas dengan smart farming berbasis IoT, Machine Learning dan AI.

Tren penelitian ini banyak didukung oleh penelitian yang bersumber dari negara China karena publikasinya yang sangat mendominasi. Berdasarkan analisis bibliometrik, penelitian teknologi pertanian mengarah pada kemitraan internasional yang intensif, dengan China dan United States sebagai aktor dominan. Negara China dengan klaster berwarna hijau menunjukkan keterikatannya sangat kuat dengan negara-negara seperti Russia Federation, Poland, Iran, Ukraine, Cambodia, dan Burundi. Sementara, United States dan Germany membentuk klaster lain dengan warna berbeda yang terhubung erat dengan negara-negara seperti Brazil, Argentina, Mexico, Finland, Kenya, dan Norway. Klaster dengan warna lain berikutnya yaitu India dan Spain terlihat sebagai pusat klaster tersendiri yang terhubung dengan Saudi Arabia, Algeria, Lebanon, Austria, Albania, dan Hungary. Klaster terakhir dengan warna kuning yang ada pada Australia memiliki keterkaitan kuat dengan Kenya, Tanzania, Ireland, Singapore, Laos, dan Costa Rica. Distribusi klaster ini masih terhubung dengan beberapa negara yang jumlah publikasinya belum terlalu banyak, sehingga keberadaan posisinya pada Gambar 4 sulit diketahui. Berdasarkan distribusi klaster ini menunjukkan bahwa negara maju banyak berperan dan menjadi pusat inovasi teknologi. Sedangkan negara berkembang banyak terlibat sebagai mitra penelitian dan lokasi penerapan teknologi.

Hasil analisis *keyword co-occurrence* berdasarkan bibliometrik disajikan dalam bentuk *network visualization*. Pemetaan ini menunjukkan adanya hubungan antar *keyword* dan terhubung membentuk jaringan (Zulkarnaini et al., 2024). Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa “*agricultural technology*” menjadi pusat disebutkan dan disitasi yang ditunjukkan pada Tabel 2, sebanyak 1.982 artikel yang menggunakan *agricultural technology* sebagai kata kuncinya. Berdasarkan pemetaannya, *agricultural technology* membentuk klaster dengan *technology adoption*, *agricultural development*, *smallholder*, *livelihood*, *income*, dan *farmers*. Klaster ini menyoroti fokus penelitian pada faktor sosial-ekonomi yang memengaruhi adopsi teknologi dan dampak serta peran teknologi dalam pembangunan pertanian berkelanjutan. Kemudian, klaster lainnya yang didominasi oleh kata kunci *Precision Agriculture* yang terhubung dengan *smart agricultures*, *remote sensing*, IoT, dan *agricultural product*. Klaster ini merepresentasikan perkembangan pesat teknologi digital dalam pertanian. Klaster lainnya ada kata

kunci crop yield, irrigation, fertilizer application, nitrogen, dan soil water yang saling terhubung. Kemudian, klaster lainnya yang saling terhubung yaitu biotechnology, breeding, genetic engineering, genetics, soybean, dan maize. Klaster ini mencerminkan fokus pada rekayasa genetika dan meningkatkan ketahanan tanaman

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil tinjauan pustaka sistematis dan analisis bibliometrik, penelitian teknologi pertanian selama periode 1995–2025 menunjukkan perubahan paradigma yang jelas dari pendekatan konseptual menuju penerapan teknologi digital dan bioteknologi yang bersifat aplikatif. Fase awal penelitian didominasi oleh kajian dampak dan model konseptual, sedangkan fase selanjutnya ditandai dengan berkembangnya pertanian presisi, smart farming, Internet of Things, kecerdasan buatan, serta rekayasa genetika tanaman. Lonjakan publikasi setelah tahun 2020 mengindikasikan meningkatnya urgensi global dalam menghadapi tantangan ketahanan pangan, perubahan iklim, dan efisiensi sumber daya. Dominasi China dan United States sebagai pusat publikasi dan kolaborasi menunjukkan peran penting negara maju dalam inovasi teknologi, sementara negara berkembang banyak berkontribusi sebagai mitra penelitian dan lokasi implementasi. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa integrasi teknologi digital dan bioteknologi merupakan arah utama pengembangan teknologi pertanian ke depan, serta membuka peluang penelitian lanjutan yang berfokus pada adaptasi teknologi, dampak sosial-ekonomi, dan keberlanjutan sistem pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Asfaw, S., Shiferaw, B., Simtowe, F., & Lipper, L. (2012). Impact of modern agricultural technologies on smallholder welfare: Evidence from Tanzania and Ethiopia. *Food Policy*, 37(3), 283–295. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.02.013>
- Coxhead, I. A., & Warr, P. G. (1995). Does Technical Progress In Agriculture Alleviate Poverty? A Philippine Case Study*. *Australian Journal of Agricultural Economics*, 39(1), 25–54. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8489.1995.tb00542.x>
- Doss, C., & Morris, M. (2000). How does gender affect the adoption of agricultural innovations? The case of improved maize technology in Ghana. *Agricultural Economics*, 25(1), 27–39. [https://doi.org/10.1016/S0169-5150\(00\)00096-7](https://doi.org/10.1016/S0169-5150(00)00096-7)
- Fitri, N. C., & Hamdi, H. (2024). Systematic Literature Review (SLR): Sumber energi terbarukan: potensi kotoran ternak dan limbah pertanian untuk produksi biogas berkelanjutan. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 5(1), 57–69. <https://doi.org/10.14710/jebt.2024.21961>
- Jame, Y. W., & Cutforth, H. W. (1996). Crop growth models for decision support systems. *Canadian Journal of Plant Science*, 76(1), 9–19. <https://doi.org/10.4141/cjps96-003>
- Jiao, Y., Peluso, P., Shi, J., Liang, T., Stitzer, M. C., Wang, B., Campbell, M. S., Stein, J. C., Wei, X., Chin, C.-S., Guill, K., Regulski, M., Kumari, S., Olson, A., Gent, J., Schneider, K. L., Wolfgruber, T. K., May, M. R., Springer, N. M., ... Ware, D. (2017). Improved maize reference genome with single-molecule technologies. *Nature*, 546(7659), 524–527. <https://doi.org/10.1038/nature22971>
- Kushartadi, T., Mulyono, A. E., Al Hamdi, A. H., Rizki, M. A., Sadat Faidar, M. A., Harsanto, W. D., Suryanegara, M., & Asvial, M. (2023). Theme Mapping and Bibliometric Analysis of Two Decades of Smart Farming. *Information*, 14(7), 396. <https://doi.org/10.3390/info14070396>
- Liu, Z., Bashir, R. N., Iqbal, S., Shahid, M. M. A., Tausif, M., & Umer, Q. (2022). Internet of Things (IoT) and Machine Learning Model of Plant Disease Prediction–Blister Blight for Tea Plant. *IEEE Access*, 10, 44934–44944. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3169147>
- Meul, M., Passel, S., Nevens, F., Dessein, J., Rogge, E., Mulier, A., & Hauwermeiren, A. (2008). MOTIFS: a monitoring tool for integrated farm sustainability. *Agronomy for Sustainable Development*, 28(2), 321–332. <https://doi.org/10.1051/agro:2008001>

- Passas, I. (2024). Bibliometric Analysis: The Main Steps. *Encyclopedia*, 4(2), 0. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia4020065>
- Roy, M., & Medhekar, A. (2025). Transforming smart farming for sustainability through agri-tech Innovations: Insights from the Australian agricultural landscape. In *Farming System* (Vol. 3, Number 4). China Agricultural University. <https://doi.org/10.1016/j.farsys.2025.100165>
- Shahab, H., Naeem, M., Iqbal, M., Aqeel, M., & Ullah, S. S. (2025). IoT-driven smart agricultural technology for real-time soil and crop optimization. *Smart Agricultural Technology*, 10, 100847. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.100847>
- Subahi, A. F., & Bouazza, K. E. (2020). An Intelligent IoT-Based System Design for Controlling and Monitoring Greenhouse Temperature. *IEEE Access*, 8, 125488–125500. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3007955>
- Supriadi, S., & Yuadi, I. (2023). Systematic Literature Review Dengan Analisis Bibliometrik Pada Topik Poultry Feed. *BioloVA*, 4(2), 139–149. <https://doi.org/10.24127/biolova.v4i2.3630>
- Svitashev, S., Schwartz, C., Lenderts, B., Young, J. K., & Mark Cigan, A. (2016). Genome editing in maize directed by CRISPR–Cas9 ribonucleoprotein complexes. *Nature Communications*, 7(1), 13274. <https://doi.org/10.1038/ncomms13274>
- United Nations. (2025). *The Sustainable Development Goals Report 2025*.
- Vaz, M., Macedo, L., Soares Junior, D., & Bittencourt, J. (2018). Usefulness of Technological Capacity Evaluation for Brazilian Farmer Stakeholders: A Bibliometric Analysis. *Sustainability*, 10(4), 1036. <https://doi.org/10.3390/su10041036>
- Zulkarnaini, Z., Suliansyah, I., Gusmini, G., & Yasin, S. (2024). Sistematis Literatur Review Eksplorasi dan Identifikasi Karakteristik Padi Lokal Sumatra Barat. *HORIZON: Indonesian Journal of Multidisciplinary*, 2(1), 01–10. <https://doi.org/10.54373/hijm.v2i1.665>

Halaman ini dikosongkan