



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 1 (2026) pp: 5365-5371

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Pemetaan Tema Riset Agri Tech Berbasis Scopus Menggunakan Analisis Bibliometrik dan Visualisasi Vosviewer

Loso Judijanto

IPOSS Jakarta

losojudijantobumn@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini memetakan perkembangan dan tema utama riset agri-tech berbasis publikasi Scopus melalui analisis bibliometrik dan visualisasi VOSviewer untuk memahami struktur intelektual serta arah evolusi penelitian di bidang teknologi pertanian digital. Pendekatan yang digunakan bersifat kuantitatif deskriptif, dengan penelusuran kata kunci terkait agri-tech pada judul, abstrak, dan kata kunci, diikuti proses penyaringan metadata, normalisasi istilah, serta analisis co-occurrence guna mengidentifikasi keterkaitan konseptual antar topik penelitian. Hasil visualisasi jaringan menunjukkan terbentuknya beberapa klaster yang saling terhubung, dengan poros utama yang merepresentasikan isu keberlanjutan dan ketahanan pangan, infrastruktur pertanian digital berbasis Internet of Things, serta penerapan kecerdasan buatan dan deep learning dalam konteks pertanian presisi seperti deteksi penyakit tanaman dan optimalisasi produksi. Visualisasi overlay memperlihatkan pergeseran fokus penelitian dari tema dasar terkait artificial intelligence dan sistem pertanian menuju topik yang lebih aplikatif seperti smart agriculture, sustainable agriculture, dan agribusiness pada periode publikasi terkini. Sementara itu, visualisasi densitas mengonfirmasi bahwa agriculture dan agritech menjadi simpul konseptual paling dominan, disertai penguatan tema food supply, learning systems, dan internet of things. Temuan ini memberikan gambaran komprehensif mengenai dinamika perkembangan riset agri-tech sekaligus menawarkan kontribusi konseptual dalam memahami integrasi teknologi digital dan inovasi pertanian berbasis data, serta implikasi praktis bagi pengembangan strategi pertanian cerdas yang berkelanjutan di masa depan.

Kata kunci: Agri-Tech, Scopus, Bibliometrik, Vosviewer, Internet Of Things, Deep Learning

1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi digital telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai sektor, termasuk sektor pertanian. Tantangan global seperti pertumbuhan populasi, perubahan iklim, keterbatasan lahan, serta tuntutan peningkatan produktivitas dan keberlanjutan mendorong munculnya inovasi berbasis teknologi dalam bidang pertanian [1], [2]. Dalam konteks ini, konsep agricultural technology atau agri-tech menjadi perhatian utama para peneliti, praktisi, dan pembuat kebijakan. Agri-tech mencakup pemanfaatan teknologi informasi, kecerdasan buatan, Internet of Things (IoT), big data, hingga bioteknologi untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan sistem pertanian [3], [4].

Perkembangan agri-tech tidak hanya mengubah cara produksi pertanian, tetapi juga membentuk ekosistem pertanian yang lebih terintegrasi berbasis data dan konektivitas digital. Implementasi teknologi sensor, sistem monitoring real-time, serta analitik prediktif memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih presisi dalam pengelolaan lahan, penggunaan sumber daya, dan mitigasi risiko lingkungan. Selain itu, integrasi platform digital dalam rantai pasok pertanian turut membuka peluang transparansi pasar, efisiensi distribusi, serta peningkatan nilai tambah bagi pelaku agribisnis. Transformasi ini menunjukkan bahwa agri-tech berperan sebagai katalis dalam mendorong modernisasi sektor pertanian menuju sistem yang lebih adaptif, berkelanjutan, dan responsif terhadap dinamika kebutuhan global.

Seiring meningkatnya kompleksitas dan interdisiplineritas riset agri-tech, jumlah publikasi ilmiah yang membahas topik ini mengalami pertumbuhan yang pesat. Basis data ilmiah internasional seperti Scopus menjadi salah satu sumber utama yang merekam perkembangan pengetahuan di bidang agri-tech secara global. Scopus menyediakan cakupan luas terhadap artikel jurnal, prosiding konferensi, dan karya ilmiah lainnya yang memungkinkan analisis mendalam terhadap tren riset, kolaborasi peneliti, serta dinamika topik penelitian dari waktu ke waktu [5]. Namun, melimpahnya publikasi tersebut juga menimbulkan tantangan tersendiri dalam memahami peta pengetahuan secara komprehensif.

Pemetaan Tema Riset Agri Tech Berbasis Scopus Menggunakan Analisis Bibliometrik dan Visualisasi Vosviewer

Dalam kondisi tersebut, diperlukan pendekatan analitis yang mampu merangkum dan mengorganisasi literatur ilmiah secara sistematis agar arah perkembangan riset dapat dipahami dengan lebih jelas. Tanpa pemetaan yang terstruktur, peneliti berpotensi mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi tema utama, hubungan antar-topik, serta peluang penelitian yang masih terbuka. Selain itu, pemahaman yang terbatas terhadap struktur literatur dapat menghambat pengembangan strategi riset yang relevan dengan kebutuhan sektor pertanian modern. Oleh karena itu, analisis yang mampu mengintegrasikan berbagai dimensi publikasi ilmiah menjadi langkah penting untuk membaca dinamika riset agri-tech secara lebih menyeluruh dan berbasis data.

Untuk mengatasi tantangan tersebut, analisis bibliometrik menjadi pendekatan yang semakin banyak digunakan dalam kajian ilmiah. Analisis bibliometrik memungkinkan peneliti untuk mengukur, mengevaluasi, dan memetakan perkembangan ilmu pengetahuan berdasarkan data publikasi dan sitasi secara kuantitatif [6]. Melalui teknik ini, peneliti dapat mengidentifikasi tema dominan, pola evolusi riset, aktor kunci, serta hubungan antar-topik dalam suatu bidang ilmu. Dalam konteks agri-tech, analisis bibliometrik berperan penting untuk memahami arah dan fokus riset global yang terus berkembang.

Selain itu, analisis bibliometrik juga memungkinkan visualisasi hubungan antar konsep melalui pemetaan jaringan yang membantu peneliti memahami struktur intelektual suatu bidang secara lebih sistematis. Pendekatan ini dapat mengungkap kluster penelitian yang saling terhubung, mengidentifikasi topik yang sedang berkembang, serta menunjukkan pergeseran fokus kajian dari waktu ke waktu berdasarkan data publikasi yang terukur. Dengan demikian, penggunaan analisis bibliometrik dalam studi agri-tech tidak hanya berfungsi sebagai alat evaluasi literatur, tetapi juga sebagai dasar dalam merumuskan agenda penelitian yang lebih strategis dan relevan dengan perkembangan teknologi pertanian modern.

Penelitian ini memetakan perkembangan dan tema utama riset agri-tech berbasis publikasi Scopus melalui analisis bibliometrik dan visualisasi VOSviewer untuk memahami struktur intelektual serta arah evolusi penelitian di bidang teknologi pertanian digital. Pendekatan yang digunakan bersifat kuantitatif deskriptif, dengan penelusuran kata kunci terkait agri-tech pada judul, abstrak, dan kata kunci, diikuti proses penyaringan metadata, normalisasi istilah, serta analisis co-occurrence guna mengidentifikasi keterkaitan konseptual antar topik penelitian. Hasil visualisasi jaringan menunjukkan terbentuknya beberapa kluster yang saling terhubung, dengan poros utama yang merepresentasikan isu keberlanjutan dan ketahanan pangan, infrastruktur pertanian digital berbasis Internet of Things, serta penerapan kecerdasan buatan dan deep learning dalam konteks pertanian presisi seperti deteksi penyakit tanaman dan optimalisasi produksi.

Visualisasi overlay memperlihatkan pergeseran fokus penelitian dari tema dasar terkait artificial intelligence dan sistem pertanian menuju topik yang lebih aplikatif seperti smart agriculture, sustainable agriculture, dan agribusiness pada periode publikasi terkini. Sementara itu, visualisasi densitas mengonfirmasi bahwa agriculture dan agritech menjadi simpul konseptual paling dominan, disertai penguatan tema food supply, learning systems, dan internet of things [7]–[9]. Temuan ini memberikan gambaran komprehensif mengenai dinamika perkembangan riset agri-tech sekaligus menawarkan kontribusi konseptual dalam memahami integrasi teknologi digital dan inovasi pertanian berbasis data, serta implikasi praktis bagi pengembangan strategi pertanian cerdas yang berkelanjutan di masa depan.

Selain itu, hasil pemetaan bibliometrik menunjukkan bahwa integrasi teknologi digital dalam sektor pertanian semakin bergerak menuju pendekatan berbasis ekosistem yang menggabungkan data analytics, otomatisasi, dan platform digital untuk meningkatkan efisiensi produksi serta pengambilan keputusan yang lebih presisi. Perkembangan ini memperlihatkan bahwa riset agri-tech tidak lagi hanya berfokus pada inovasi teknis, tetapi juga pada keberlanjutan sistem pangan, ketahanan rantai pasok, serta transformasi model bisnis agribisnis yang adaptif terhadap perubahan lingkungan global. Oleh karena itu, pemahaman terhadap struktur tematik dan dinamika literatur melalui analisis bibliometrik menjadi penting sebagai dasar pengembangan agenda penelitian di masa depan, terutama dalam mengintegrasikan kecerdasan buatan, Internet of Things, dan strategi pertanian berkelanjutan secara lebih sistematis [10]–[15].

Meskipun penelitian agri-tech telah banyak dilakukan, kajian yang secara khusus memetakan tema riset agri-tech berbasis data Scopus menggunakan pendekatan bibliometrik dan visualisasi VOSviewer masih relatif terbatas, terutama dalam konteks sintesis pengetahuan yang komprehensif. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih berfokus pada aspek teknis atau studi kasus penerapan teknologi tertentu, tanpa melihat gambaran besar perkembangan tema riset secara global. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mampu memberikan pemetaan

tematik secara sistematis guna mendukung pengembangan riset agri-tech di masa depan. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan tema riset agri-tech berbasis data publikasi Scopus menggunakan metode analisis bibliometrik dan visualisasi VOSviewer..

2. Metode Penelitian

Studi ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan metode analisis bibliometrik untuk memetakan perkembangan dan tema riset agri-tech [16], [17]. Data penelitian diperoleh dari basis data Scopus karena reputasinya sebagai salah satu pangkalan data ilmiah internasional yang memiliki cakupan luas dan kualitas publikasi yang terkurasi dengan baik [18]. Proses pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan kata kunci yang relevan dengan topik agri-tech, seperti agricultural technology, smart agriculture, precision agriculture, dan istilah terkait lainnya, yang ditelusuri pada judul, abstrak, dan kata kunci artikel. Kriteria inklusi mencakup artikel jurnal dan prosiding konferensi yang dipublikasikan dalam rentang waktu tertentu serta ditulis dalam bahasa Inggris untuk menjamin konsistensi analisis.

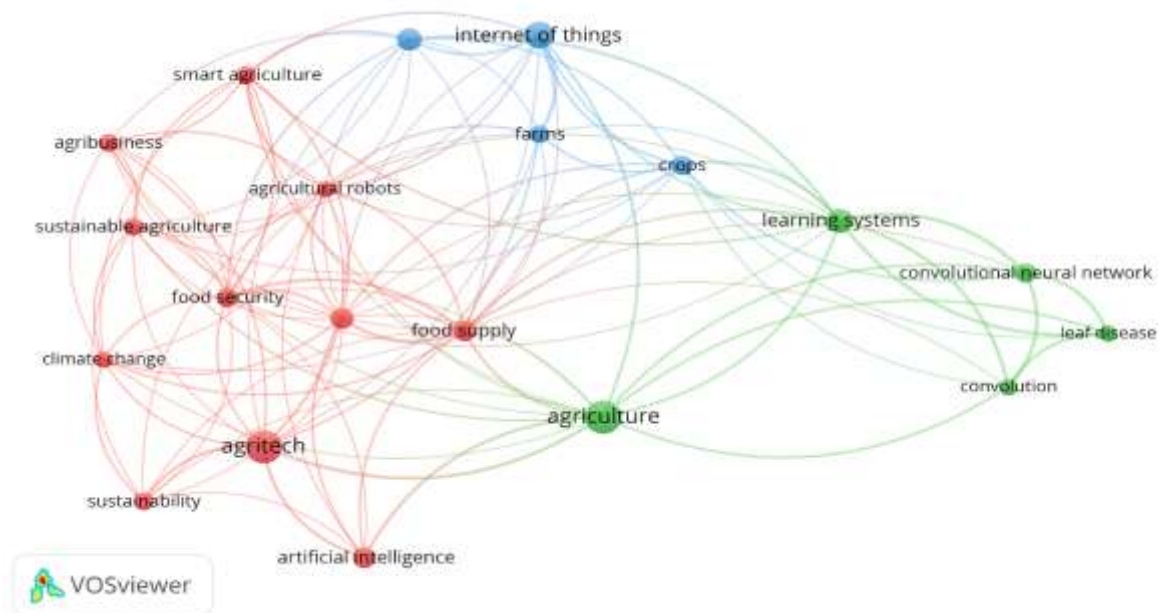
Data bibliografis yang diperoleh dari Scopus kemudian diekspor dalam format yang kompatibel untuk analisis bibliometrik, seperti file CSV atau RIS. Tahap selanjutnya adalah proses pembersihan dan penyaringan data, yang meliputi penghapusan duplikasi, penyamaan istilah kata kunci (misalnya sinonim dan variasi penulisan), serta pengecekan kelengkapan metadata [19]. Analisis bibliometrik dilakukan untuk mengidentifikasi indikator utama, seperti jumlah publikasi per tahun, distribusi penulis dan institusi, serta pola kemunculan kata kunci. Teknik co-occurrence analysis pada kata kunci digunakan untuk mengungkap keterkaitan antar-topik dan kecenderungan tema riset agri-tech [20].

Untuk memvisualisasikan hasil analisis bibliometrik, penelitian ini menggunakan perangkat lunak VOSviewer. VOSviewer digunakan untuk membangun peta visual jaringan kata kunci yang menggambarkan kluster tema riset agri-tech berdasarkan tingkat keterkaitan dan frekuensi kemunculannya [21]. Setiap kluster dianalisis secara deskriptif untuk mengidentifikasi fokus penelitian utama dan hubungan antar-tema. Interpretasi hasil visualisasi dilakukan dengan mengombinasikan analisis kuantitatif dan pemahaman konseptual terhadap bidang agri-tech, sehingga diperoleh gambaran yang komprehensif mengenai struktur dan dinamika perkembangan riset agri-tech secara global.

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Visualisasi Jaringan Kata Kunci

Gambar ini menampilkan peta jaringan kata kunci riset agri-tech berdasarkan analisis ko-occurrence menggunakan VOSviewer, yang memperlihatkan struktur kluster tematik dan keterhubungan antar topik penelitian.



Gambar 1. Visualisasi Jaringan
Sumber: Data Diolah

DOI: <https://doi.org/10.31004/riggs.v5i1.6803>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Gambar 1 di atas menunjukkan struktur ko-occurrence kata kunci dalam riset agri-tech berbasis data Scopus yang terkelompok ke dalam tiga klaster utama. Klaster merah merepresentasikan tema keberlanjutan dan ketahanan pangan, dengan kata kunci seperti sustainable agriculture, food security, climate change, food supply, agribusiness, dan agritech. Klaster ini menggambarkan orientasi makro penelitian yang menempatkan teknologi pertanian dalam konteks tantangan global, terutama perubahan iklim dan keberlanjutan sistem pangan. Kepadatan koneksi antar node menunjukkan bahwa isu teknologi tidak berdiri sendiri, tetapi terintegrasi dalam diskursus ketahanan pangan dan sistem agribisnis.

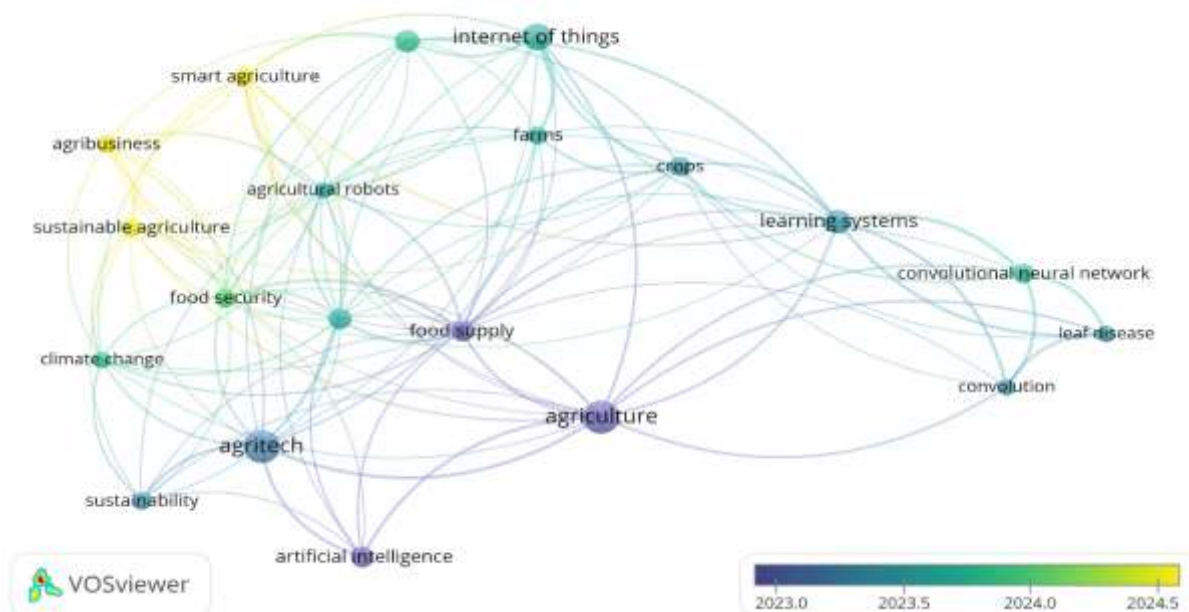
Klaster hijau berpusat pada kata kunci agriculture yang menjadi node terbesar, menandakan frekuensi dan tingkat keterhubungan tertinggi. Di dalamnya muncul istilah seperti learning systems, convolutional neural network, convolution, dan leaf disease. Ini menunjukkan adanya pergeseran penelitian menuju pendekatan komputasional, khususnya machine learning dan deep learning untuk deteksi penyakit tanaman serta analisis citra pertanian. Dominasi istilah teknis seperti convolutional neural network mengindikasikan bahwa riset agri-tech semakin terdorong oleh integrasi kecerdasan buatan dalam praktik pertanian presisi.

Sementara itu, klaster biru menampilkan dimensi teknologi infrastruktur dengan kata kunci seperti internet of things, farms, dan crops. Klaster ini merepresentasikan fondasi teknologi digital dalam pertanian modern, termasuk sensor, perangkat terhubung, dan sistem monitoring lahan. Keterhubungan klaster biru dengan klaster hijau memperlihatkan hubungan antara IoT dan sistem pembelajaran mesin, yang bersama-sama membentuk ekosistem pertanian cerdas. Hal ini mencerminkan konvergensi antara data acquisition melalui IoT dan data processing melalui algoritma pembelajaran mesin.

Secara struktural, node agriculture berfungsi sebagai jembatan antar klaster, memperlihatkan posisi sentral disiplin ini dalam menyatukan pendekatan keberlanjutan, teknologi digital, dan kecerdasan buatan. Hubungan kuat antara food supply dan learning systems menunjukkan bahwa teknologi tidak hanya digunakan untuk efisiensi produksi, tetapi juga untuk mendukung stabilitas rantai pasok pangan. Di sisi lain, keterkaitan antara agritech dan climate change mengindikasikan bahwa inovasi teknologi sering diposisikan sebagai respons terhadap tekanan lingkungan global. Peta ini memperlihatkan evolusi riset agri-tech dari pendekatan berbasis isu makro seperti keberlanjutan dan ketahanan pangan menuju integrasi teknologi canggih seperti IoT dan deep learning. Lanskap ini menunjukkan bahwa frontier penelitian saat ini berada pada irisan antara digital agriculture, artificial intelligence, dan climate resilience.

3.2 Visualisasi Overlay

Gambar ini menunjukkan evolusi temporal tema riset agri-tech berdasarkan rata-rata tahun publikasi, sehingga menggambarkan pergeseran fokus penelitian dari waktu ke waktu.



Gambar 2. Visualisasi Overlay
Sumber: Data Diolah

DOI: <https://doi.org/10.31004/riggs.v5i1.6803>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

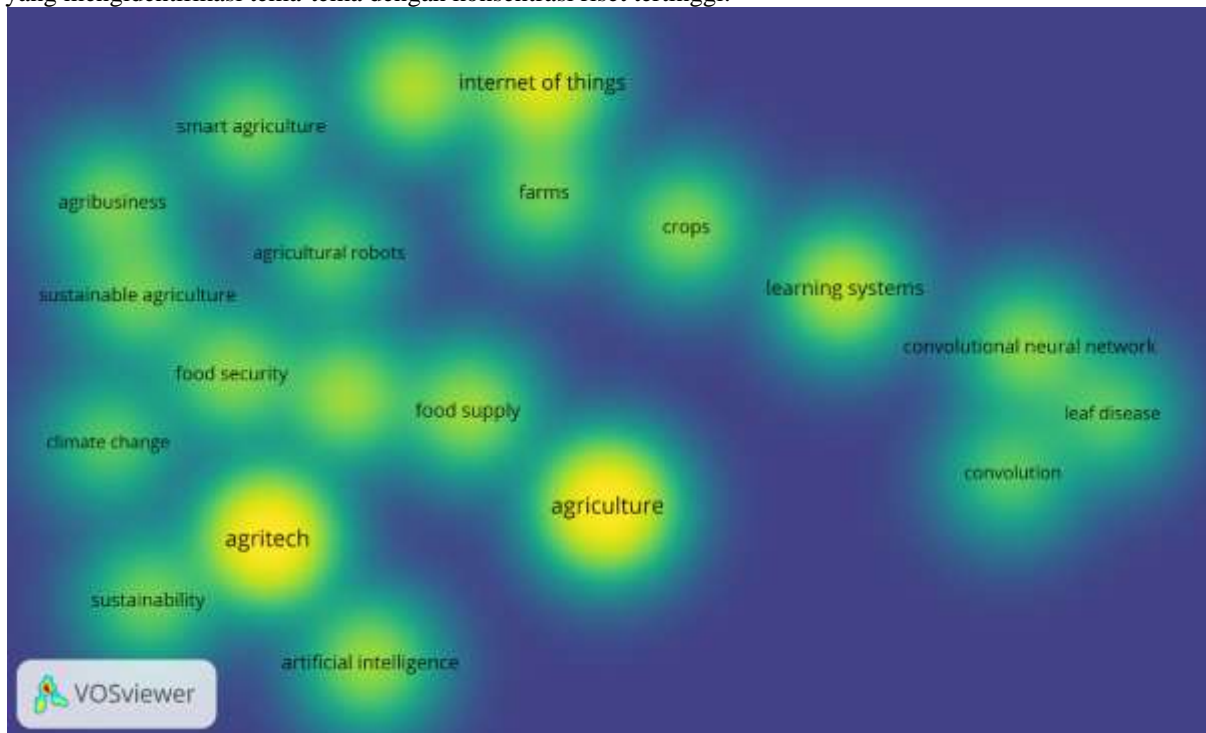
Gambar kedua ini menunjukkan dinamika temporal tema riset agri-tech berdasarkan rata-rata tahun publikasi. Warna biru hingga ungu merepresentasikan tema yang relatif lebih awal, sedangkan hijau hingga kuning menunjukkan tema yang lebih mutakhir. Kata kunci seperti agriculture, artificial intelligence, dan agritech cenderung berwarna lebih gelap, mengindikasikan bahwa topik tersebut telah lebih dahulu menjadi fondasi dalam literatur. Sementara itu, istilah seperti smart agriculture, sustainable agriculture, dan agribusiness tampak lebih kekuningan, menandakan peningkatan perhatian yang lebih baru dalam periode 2023–2024.

Terlihat bahwa tema berbasis kecerdasan buatan seperti learning systems, convolutional neural network, convolution, dan leaf disease berada pada spektrum hijau kebiruan, yang menunjukkan fase perkembangan aktif dan relatif kontemporer. Hal ini mengindikasikan bahwa pendekatan deep learning dan analisis citra tanaman merupakan frontier penelitian yang sedang berkembang pesat. Keterhubungan yang kuat antara node-node ini dengan crops dan internet of things menunjukkan integrasi antara analitik berbasis AI dan sistem monitoring berbasis sensor dalam praktik pertanian presisi.

Peta ini memperlihatkan pergeseran riset dari diskursus umum tentang teknologi pertanian dan kecerdasan buatan menuju pendekatan yang lebih spesifik dan aplikatif, terutama pada smart agriculture dan keberlanjutan. Evolusi warna menunjukkan bahwa isu sustainability dan agribusiness semakin dikaitkan dengan teknologi digital sebagai respons terhadap tantangan ketahanan pangan dan perubahan iklim.

3.3 Density Visualization

Gambar ini merepresentasikan tingkat kepadatan dan intensitas kemunculan kata kunci dalam literatur agri-tech, yang mengidentifikasi tema-tema dengan konsentrasi riset tertinggi.



Gambar 3. Visualisasi Densitas
Sumber: Data Diolah

Gambar 3 ini menunjukkan tingkat kepadatan kemunculan dan keterhubungan kata kunci dalam riset agri-tech. Area berwarna kuning terang menandakan konsentrasi tertinggi, sedangkan hijau dan biru menunjukkan intensitas yang lebih rendah. Kata kunci agriculture dan agritech muncul sebagai titik dengan kepadatan paling tinggi, menandakan bahwa keduanya merupakan pusat gravitasi dalam struktur literatur. Di sekitarnya terdapat food supply, internet of things, dan learning systems yang juga menunjukkan intensitas kuat, mengindikasikan bahwa integrasi teknologi digital dan sistem cerdas menjadi arus utama dalam penelitian pertanian modern.

Kata kunci seperti leaf disease, convolution, dan climate change berada pada area dengan kepadatan lebih rendah namun tetap terhubung dalam jaringan konseptual. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun topik-topik tersebut

lebih spesifik atau aplikatif, kontribusinya tetap signifikan dalam memperkaya arah riset. Secara keseluruhan, peta ini menggambarkan bahwa lanskap penelitian agri-tech berpusat pada transformasi digital pertanian yang didorong oleh kecerdasan buatan dan IoT, dengan dimensi keberlanjutan dan ketahanan pangan sebagai konteks tematik yang terus menguat.

3.4 Pembahasan

Ringkasan Temuan

Analisis bibliometrik berbasis data Scopus menunjukkan bahwa riset agri-tech terstruktur dalam tiga poros utama, yaitu keberlanjutan dan ketahanan pangan, integrasi teknologi digital berbasis IoT, serta penerapan kecerdasan buatan khususnya machine learning dan convolutional neural network. Kata kunci agriculture dan agritech menempati posisi sentral dengan tingkat konektivitas dan kepadatan tertinggi, menandakan peran keduanya sebagai simpul konseptual yang menghubungkan isu produksi pangan, perubahan iklim, dan inovasi teknologi. Struktur kluster memperlihatkan bahwa diskursus teknologi pertanian tidak lagi terfragmentasi, melainkan berkembang dalam konfigurasi yang semakin terintegrasi.

Visualisasi overlay menunjukkan pergeseran temporal yang signifikan. Tema awal berfokus pada artificial intelligence dan sistem pertanian secara umum, kemudian berkembang menuju pendekatan yang lebih spesifik seperti smart agriculture, sustainable agriculture, dan agribusiness. Sementara itu, density map mengindikasikan bahwa integrasi IoT dan learning systems menjadi arus utama yang memperkuat transformasi digital pertanian. Dengan demikian, lanskap penelitian terkini bergerak menuju pertanian berbasis data yang adaptif terhadap tantangan ketahanan pangan dan perubahan iklim.

Implikasi Praktis

Temuan ini memiliki implikasi bagi pengambil kebijakan dan pelaku industri pertanian. Dominasi tema IoT dan machine learning menunjukkan bahwa investasi pada infrastruktur sensor, sistem monitoring berbasis data, serta pengembangan kapasitas analitik menjadi agenda strategis dalam modernisasi sektor pertanian. Institusi pemerintah dan agribusiness perlu memperkuat ekosistem digital agar adopsi teknologi tidak berhenti pada tahap eksperimental, tetapi terintegrasi dalam sistem produksi dan rantai pasok pangan. Bagi praktisi dan pengembang teknologi, keterkaitan kuat antara AI, deteksi penyakit tanaman, dan produktivitas menunjukkan peluang untuk mengembangkan solusi presisi yang lebih terukur. Pendekatan berbasis convolutional neural network untuk identifikasi penyakit daun misalnya, berpotensi meningkatkan efisiensi intervensi agronomis. Di sisi lain, penguatan dimensi sustainability mengisyaratkan bahwa implementasi teknologi perlu selaras dengan target ketahanan pangan dan mitigasi risiko iklim.

Kontribusi Teoritis

Studi ini memberikan kontribusi pada literatur dengan memetakan struktur intelektual riset agri-tech secara sistematis melalui pendekatan bibliometrik. Hasil klusterisasi memperlihatkan bahwa agri-tech berkembang sebagai domain multidisipliner yang menggabungkan ilmu pertanian, ilmu komputer, dan studi keberlanjutan. Integrasi antara sistem pembelajaran mesin dan isu ketahanan pangan menunjukkan adanya konsolidasi paradigma menuju digital agriculture sebagai kerangka konseptual baru. Selain itu, analisis temporal mengidentifikasi frontier penelitian yang bergerak dari eksplorasi umum teknologi menuju aplikasi berbasis deep learning yang lebih spesifik. Hal ini memperkaya pemahaman tentang evolusi pengetahuan dalam domain agri-tech dan membuka ruang untuk pengembangan model konseptual yang menghubungkan inovasi teknologi dengan resilience sistem pangan.

Limitasi

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada sumber data yang hanya menggunakan basis data Scopus. Meskipun Scopus memiliki cakupan luas dan kredibilitas tinggi, kemungkinan terdapat publikasi relevan dalam basis data lain yang tidak teridentifikasi. Hal ini dapat memengaruhi representasi struktur pengetahuan yang dipetakan. Selain itu, analisis bibliometrik berfokus pada hubungan kuantitatif antar kata kunci tanpa mengevaluasi kedalaman metodologis masing-masing studi. Interpretasi kluster didasarkan pada pola ko-occurrence sehingga tidak sepenuhnya merefleksikan kualitas atau kontribusi substantif setiap publikasi. Studi lanjutan dapat mengombinasikan pendekatan bibliometrik dengan systematic literature review untuk menghasilkan sintesis yang lebih komprehensif.

4. Kesimpulan

Studi ini menunjukkan bahwa lanskap riset agri-tech berbasis data Scopus berkembang dalam konfigurasi multidisipliner yang terintegrasi antara teknologi digital, kecerdasan buatan, dan isu keberlanjutan pangan. Analisis jaringan, overlay, dan density visualization mengidentifikasi agriculture dan agritech sebagai pusat struktur intelektual yang menghubungkan tema IoT, learning systems, serta ketahanan pangan dan perubahan iklim. Pergeseran temporal memperlihatkan transisi dari eksplorasi umum artificial intelligence menuju aplikasi spesifik berbasis deep learning dan smart agriculture yang lebih operasional. Dinamika ini mengindikasikan bahwa transformasi pertanian modern semakin ditopang oleh sistem berbasis data yang berorientasi pada efisiensi, presisi, dan ketahanan sistem pangan di tengah tekanan lingkungan global.

Referensi

- [1] A. Mahmoud Suleiman, "The Role of Organic Agriculture in Agricultural Development," *Int. J. Mod. Agric. Environ.*, vol. 3, no. 2, pp. 8–16, 2023.
- [2] K. G. MacDicken, "A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects," 1997.
- [3] H. E. Al-Hazmi *et al.*, "Wastewater treatment for reuse in agriculture: Prospects and challenges," *Environ. Res.*, p. 116711, 2023.
- [4] I. Darnhofer, "Resilience and why it matters for farm management," *Eur. Rev. Agric. Econ.*, vol. 41, no. 3, pp. 461–484, 2014.
- [5] A. Fitriani, R. Rosidah, and Z. Zafrullah, "Biblioshiny: Implementation of Artificial Intelligence in Education (1976-2023)," *J. Technol. Glob.*, vol. 1, no. 01 SE-Articles, pp. 11–25, 2023.
- [6] N. Donthu, S. Kumar, D. Mukherjee, N. Pandey, and W. M. Lim, "How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines," *J. Bus. Res.*, vol. 133, pp. 285–296, 2021.
- [7] N. Van Eck and L. Waltman, "Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping," *Scientometrics*, vol. 84, no. 2, pp. 523–538, 2010.
- [8] B. K. Sinha and R. Dhanalakshmi, "Smart agriculture using IoT and machine learning: A review," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 12, no. 3, pp. 623–631, 2021.
- [9] J. Zhang, Z. Wang, and L. Duan, "Artificial intelligence in sustainable agriculture: Trends and future directions," *Sustainability*, vol. 13, no. 21, 2021.
- [10] A. Kamilaris and F. X. Prenafeta-Boldú, "Deep learning in agriculture: A survey," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 147, pp. 70–90, 2018.
- [11] K. G. Liakos, P. Busato, D. Moshou, S. Pearson, and D. Bochtis, "Machine learning in agriculture: A review," *Sensors*, vol. 18, no. 8, 2018.
- [12] L. Klerkx, E. Jakku, and P. Labarthe, "A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0," *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*, vol. 90–91, 2019.
- [13] J. Lowenberg-DeBoer and B. Erickson, "Setting the record straight on precision agriculture adoption," *Agronomy Journal*, vol. 111, no. 4, pp. 1552–1569, 2019.
- [14] M. Shepherd, J. Turner, B. Small, and D. Wheeler, "Priorities for science to overcome hurdles in smart farming," *Nature Plants*, vol. 6, pp. 112–117, 2020.
- [15] R. Benke and B. Tomkins, "Future food-production systems: Vertical farming and controlled-environment agriculture," *Sustainability*, vol. 9, no. 12, 2017.
- [16] N. Donthu, S. Kumar, D. Mukherjee, N. Pandey, and W. M. Lim, "How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines," *Journal of Business Research*, vol. 133, pp. 285–296, 2021.
- [17] I. Zupic and T. Čater, "Bibliometric methods in management and organization," *Organizational Research Methods*, vol. 18, no. 3, pp. 429–472, 2015.
- [18] M. E. Falagas, E. I. Pitsouni, G. A. Malietzis, and G. Pappas, "Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: strengths and weaknesses," *FASEB Journal*, vol. 22, no. 2, pp. 338–342, 2008.
- [19] M. Aria and C. Cuccurullo, "bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis," *Journal of Informetrics*, vol. 11, no. 4, pp. 959–975, 2017.
- [20] M. Callon, J. P. Courtial, and F. Laville, "Co-word analysis as a tool for describing the network of interactions between basic and technological research," *Scientometrics*, vol. 22, no. 1, pp. 155–205, 1991.
- [21] N. J. Van Eck and L. Waltman, "Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping," *Scientometrics*, vol. 84, no. 2, pp. 523–538, 2010.