

Teknologi Maju Society 5.0 dalam Tata Kelola Pertanian Nasional untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan: Pendekatan Integratif Bibliometrik dan Kajian Literatur

Advanced Technology Society 5.0 In National Land Governance to Support Sustainable Development: An Integrative Bibliometric and Literature Review Approach

Muhammad Alfarizi

Departemen Manajemen Bisnis, Fakultas Desain Kreatif dan Bisnis Digital, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

*corresponding author: 6031241004@student.its.ac.id

Submitted: January 18, 2025 | Accepted: September 25, 2025 | Published: September 26, 2025

Abstract: *The integration of advanced technology into land governance is a crucial step towards realizing sustainable development in the Society 5.0 era, while also addressing the challenges of agrarian conflict, urbanization, and climate change. This study explores the potential use of advanced technology to support more efficient, transparent, and inclusive land governance. The methods used were integrative bibliometrics and a systematic literature review of international publications indexed by Scopus for the period 2019–2025. The analysis was conducted to identify global trends, opportunities, and challenges in implementing technology in the land sector. The results indicate that technologies such as artificial intelligence, the Internet of Things, blockchain, and geospatial solutions have a strategic role. Artificial intelligence and IoT support real-time land monitoring, while blockchain enhances the security and transparency of land records. This combination of technologies has the potential to reduce conflict, strengthen spatial planning, and support disaster risk mitigation. This study offers a contextualized Society 5.0 framework for Indonesia, along with strategic recommendations such as strengthening digital infrastructure and public-private partnerships and adopting inclusive technology based on the SDGs.*

Keywords: *Society 5.0, Land Governance, Sustainable Development, Advanced Technology*

Abstrak: Integrasi teknologi canggih dalam tata kelola pertanian menjadi langkah penting untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan di era Society 5.0, sekaligus menjawab tantangan konflik agraria, urbanisasi, dan perubahan iklim. Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi potensi pemanfaatan teknologi maju dalam mendukung tata kelola pertanian yang lebih efisien, transparan, dan inklusif. Metode yang digunakan adalah bibliometrik integratif dan tinjauan literatur sistematis terhadap publikasi internasional yang terindeks Scopus pada periode 2019–2025. Analisis dilakukan untuk mengidentifikasi tren global, peluang, serta tantangan penerapan teknologi dalam sektor pertanian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi seperti kecerdasan buatan, Internet of Things, blockchain, dan solusi geospasial memiliki peran strategis. Kecerdasan buatan dan IoT mendukung pemantauan lahan secara real-time, sementara blockchain meningkatkan keamanan dan transparansi pencatatan tanah. Kombinasi teknologi ini berpotensi mengurangi konflik, memperkuat perencanaan tata ruang, serta mendukung mitigasi risiko bencana. Penelitian ini menawarkan kerangka kerja Society 5.0 yang kontekstual bagi Indonesia, disertai rekomendasi strategis seperti penguatan infrastruktur digital, kemitraan publik-swasta, dan adopsi teknologi inklusif berbasis SDGs.

Kata kunci: Society 5.0, Tata Kelola Pertanian, Pembangunan Berkelanjutan, Teknologi Maju



Jurnal Pertanian is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Pendahuluan

Pertanahan Nasional memegang peranan penting dalam pembangunan Indonesia, seperti yang diatur dalam Pasal 33 Ayat (3) Undang-Undang Dasar 1945, yang menyatakan bahwa bumi, air, dan kekayaan alam di dalamnya berada di bawah kewenangan negara dan dimanfaatkan untuk kesejahteraan rakyat. Landasan hukum terkait bidang pertanahan dituangkan dalam Undang-Undang Pokok Agraria (UUPA), yaitu UU No. 5 Tahun 1960. Tanah memiliki fungsi utama sebagai sarana bagi masyarakat untuk meningkatkan kualitas hidup sesuai dengan prinsip-prinsip yang diatur dalam UUPA (Nurdin, 2018). Pengelolaan tanah yang optimal dapat mengurangi konflik kepemilikan, sengketa lahan, serta potensi gejolak sosial (Sulistio, 2020). Dengan demikian, kebijakan yang adil dan pengelolaan yang efektif di bidang pertanahan menjadi aspek penting dalam mendukung kesejahteraan dan pemerataan keadilan sosial bagi seluruh warga negara Indonesia. Sebagai aset vital bagi kesejahteraan masyarakat, tanah memegang peran penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi, sosial, dan lingkungan.

Pengelolaan pertanahan di Indonesia menghadapi tantangan yang kompleks, yang kerap memicu sengketa dan konflik. Masalah ini tidak hanya muncul akibat regulasi yang saling tumpang tindih, tetapi juga dari sistem penguasaan tanah yang unik serta lemahnya koordinasi antar lembaga pemerintah (Anastasia et al., 2024a). Konflik agraria di Indonesia mengalami peningkatan signifikan, dari 207 kasus pada tahun 2021 menjadi 2.012 kasus pada tahun 2022, meskipun menurun menjadi 241 kasus pada tahun 2023 (Konsorsium Pembaruan Agraria, 2024). Sistem penguasaan tanah terbagi dalam dua rezim: kawasan hutan yang diawasi KLHK dan areal penggunaan lain yang dikelola ATR/BPN (Nurahmani, 2023). Pemisahan ini menciptakan birokrasi yang rumit, sehingga sering memperlambat penyelesaian sengketa tanah. Koordinasi antar lembaga pun lemah, karena minimnya kemauan untuk bekerja sama secara efektif. Untuk mengatasi tantangan ini, pemerintah memperkenalkan reformasi birokrasi melalui Peraturan Presiden No. 177 Tahun 2024, yang bertujuan memperbaiki efisiensi tata kelola pertanahan dengan memperjelas struktur kelembagaan dan pembagian wewenang di BPN (Anastasia et al., 2024b). Digitalisasi juga menjadi prioritas guna meningkatkan transparansi dan akuntabilitas layanan pertanahan. Oleh karena itu, tata kelola pertanahan yang baik diperlukan untuk menciptakan keadilan, transparansi, dan keberlanjutan dalam pengelolaan lahan (Haris et al., 2024). Tata Kelola Pertanahan Nasional menjadi elemen strategis yang menjadi pilar utama dalam menjaga kedaulatan, keamanan, dan keutuhan agraria sebuah negara (Munziri et al., 2024). Dengan pengaturan yang terstruktur dan berkeadilan, tata kelola pertanahan dapat menjadi fondasi kuat bagi pembangunan nasional dan mengurangi potensi konflik di masa depan.

Tata kelola pertanahan yang baik memiliki peran penting dalam mendukung tercapainya Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB/SDGs). Pengelolaan tanah yang transparan, adil, dan inklusif memastikan akses yang merata terhadap lahan, terutama bagi kelompok rentan seperti petani kecil, perempuan, dan masyarakat adat (TPB 1, 2, dan 5) (Wang et al., 2024). Keamanan hak atas tanah mendorong pengurangan kemiskinan,

peningkatan ketahanan pangan, dan pertumbuhan ekonomi (TPB 8) (Soria et al., 2020). Selain itu, tata kelola yang berkelanjutan membantu melindungi ekosistem darat, mencegah degradasi lahan, dan mendukung aksi iklim (TPB 13 dan 15) (Xu et al., 2022). Integrasi tata kelola yang efisien dalam sistem pertanahan dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi konflik agraria, mendukung penciptaan kota yang inklusif dan berkelanjutan (TPB 11) (Lähtinen et al., 2024). Dengan demikian, tata kelola pertanahan yang efektif merupakan fondasi penting untuk mewujudkan pembangunan yang adil, inklusif, dan berkelanjutan sesuai kerangka SDGs.

Saat ini Indonesia memasuki era Society 5.0 sebagai sebuah era masyarakat masa depan yang mengintegrasikan teknologi canggih untuk menciptakan kehidupan yang harmonis antara manusia dan teknologi (Fukuyama, 2018). Berbeda dari era sebelumnya, Society 5.0 memanfaatkan kecerdasan buatan (AI), Internet of Things (IoT), robotika, dan big data untuk menghadirkan solusi yang berpusat pada manusia (Fontes et al., 2024). Teknologi ini diterapkan dalam berbagai aspek, seperti kesehatan, pendidikan, transportasi, dan keberlanjutan lingkungan, guna mengatasi tantangan global seperti perubahan iklim dan kesenjangan sosial. Integrasi teknologi Society 5.0 dalam tata kelola pertanahan dan agraria merupakan perubahan besar dalam menangani tantangan global melalui pendekatan yang berpusat pada manusia. Society 5.0 memanfaatkan teknologi seperti IoT, AI, dan big data untuk meningkatkan perencanaan penggunaan lahan, memastikan pemanfaatan lahan yang efisien, dan mendukung pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan (Al-Ahmed & Ahamed, 2024; Chigbu & Hayford, 2024). Teknologi-teknologi ini juga mendukung pencapaian tujuan SDGs, seperti pengentasan kemiskinan, ketahanan pangan, dan mitigasi perubahan iklim (Mayarni et al., 2023). Pendekatan yang berfokus pada manusia dalam Society 5.0 bertujuan untuk memastikan bahwa tata kelola pertanahan dilakukan secara adil dan berkelanjutan, sehingga setiap pihak, termasuk petani kecil dan masyarakat adat, mendapatkan akses yang setara terhadap lahan (Sadiq et al., 2023). Keberhasilan Society 5.0 dalam tata kelola pertanahan sangat bergantung pada kolaborasi antara pemerintah, industri, dan masyarakat (Z.-Z. Dai et al., 2024).

Integrasi prinsip Society 5.0 dalam tata kelola pertanahan mulai diwujudkan melalui berbagai program transformasi digital yang dipimpin Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional (ATR/BPN). Salah satu contoh nyata adalah program digitalisasi sertifikat tanah atau Sertipikat Elektronik, yang bertujuan meningkatkan efisiensi, transparansi, dan keamanan data pertanahan. Dengan pemanfaatan teknologi big data dan blockchain, pencatatan tanah dapat dilakukan secara lebih akurat dan sulit dipalsukan, sehingga meminimalkan potensi sengketa agraria. Selain itu, penerapan peta bidang tanah berbasis geospasial memungkinkan pemantauan pemanfaatan lahan secara real-time melalui integrasi IoT dan kecerdasan buatan. Upaya ini mendukung perencanaan tata ruang yang lebih adaptif terhadap risiko bencana maupun kebutuhan pembangunan berkelanjutan. Inisiatif-inisiatif tersebut menunjukkan bahwa Society 5.0 tidak hanya menjadi konsep

abstrak, tetapi juga terwujud dalam kebijakan konkret untuk mewujudkan tata kelola tanah yang adil, inklusif, dan berkelanjutan di Indonesia.

Akan tetapi, negara berkembang mengalami ketersenjangan adopsi integrasi teknologi dalam tata kelola pertanahan. Kondisi tersebut disebabkan oleh beberapa faktor utama, termasuk adopsi teknologi maju, kualitas kelembagaan, dan hambatan sosial-ekonomi. Meskipun negara berkembang mulai mengadopsi teknologi e-governance, adopsi tersebut sering terkendala oleh kurangnya pelatihan, pendidikan, dan infrastruktur yang memadai (Chhabra et al., 2020; Israel & Tiwari, 2011). Di sisi lain, faktor kualitas institusi, seperti tingkat korupsi dan penegakan hukum, juga berperan besar dalam memperlambat proses adopsi teknologi di sektor tata kelola pertanahan (Drine, 2012). Selain itu, kesenjangan digital yang signifikan antara negara maju dan berkembang menambah kesulitan dalam mengakses dan memanfaatkan teknologi canggih. Faktor budaya dan sosial, seperti resistensi terhadap perubahan dan kecemasan terhadap teknologi, juga menjadi hambatan (ElObeidy, 2010). Indonesia, dengan luas wilayah yang sangat besar dan keberagaman sosial serta geografisnya, menghadapi tantangan besar dalam mengatasi kesenjangan teknologi dalam tata kelola pertanahan. Untuk mencapai kemajuan yang inklusif dan berkelanjutan, Indonesia harus mampu mengintegrasikan teknologi maju, seperti IoT, AI, dan big data, dalam pengelolaan pertanahan. Hal ini tidak hanya akan meningkatkan efisiensi dan transparansi, tetapi juga membantu mengurangi kesenjangan antara daerah maju dan tertinggal.

Kajian mengenai integrasi teknologi dalam tata kelola pertanahan di negara maju dan berkembang menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam penerapan dan efektivitasnya. Di negara berkembang, adopsi teknologi seperti e-governance dan teknologi geospasial mulai meningkat, meskipun menghadapi tantangan infrastruktur dan kualitas kelembagaan. Misalnya, Pakistan kesulitan dalam investasi infrastruktur dan kemampuan institusional yang menghambat kemajuan e-governance, sementara China berhasil mengintegrasikan ICT untuk meningkatkan efisiensi pemerintahan (Atique et al., 2024). Selain itu, penggunaan UAV di Rwanda untuk administrasi pertanahan menyoroti pentingnya tata kelola dan model partisipatif dalam adopsi teknologi (Casiano Flores et al., 2020). Di negara maju, penggunaan teknologi geospasial seperti Sistem Informasi Geospasial (SIG) dan Building Information Modelling (BIM) untuk manajemen aset dan perencanaan infrastruktur sudah mapan, serta penerapan peta utilitas 3D di Singapura untuk perencanaan perkotaan (Van Son et al., 2018). Negara maju juga mengembangkan standar dan kerangka kerja yang matang, seperti Land Administration Domain Model (LADM) yang mendukung integrasi teknologi dalam sistem tata kelola pertanahan (Oukes et al., 2021).

Belum ada kajian integratif yang secara khusus membahas penerapan konsep Society 5.0 dalam tata kelola pertanahan di Indonesia. Studi-studi sebelumnya memang telah memberikan kontribusi signifikan terhadap pemahaman integrasi teknologi dalam administrasi pertanahan, tetapi masih menyisakan sejumlah kesenjangan ilmiah yang memerlukan perhatian lebih lanjut. Pertama, meskipun teknologi seperti e-governance dan geospasial mulai diadopsi, kajian yang ada belum secara eksplisit menyoroti bagaimana

teknologi maju dalam kerangka Society 5.0—seperti kecerdasan buatan (AI), Internet of Things (IoT), dan blockchain—dapat digunakan untuk mengatasi tantangan sekaligus menyediakan solusi yang berkelanjutan. Kedua, penelitian di Rwanda telah menekankan pentingnya model partisipatif dalam tata kelola pertanahan, tetapi hingga kini belum terdapat pendekatan integratif yang secara holistik menggabungkan teknologi canggih dengan tata kelola berbasis masyarakat. Ketiga, di negara maju, standar seperti Land Administration Domain Model (LADM) telah diterapkan secara mendalam dan strategis, sedangkan di negara berkembang adopsinya masih terbatas serta kerap tidak sesuai dengan kebutuhan lokal. Kajian tentang bagaimana standar ini dapat dimodifikasi atau diadaptasi melalui pendekatan Society 5.0 juga belum tersedia. Terakhir, sebagian besar penelitian menitikberatkan pada aspek efisiensi dan efektivitas teknologi, tanpa mengaitkannya secara langsung dengan pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs). Padahal, Society 5.0 dengan penekanan pada keseimbangan antara teknologi dan kesejahteraan manusia, memiliki potensi besar untuk menjembatani kesenjangan tersebut serta mendukung pencapaian SDGs secara komprehensif.

Berdasarkan latar belakang dan ketersenjangan praktik-ilmiah yang terjadi, maka studi ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan menganalisis potensi penerapan teknologi maju dalam kerangka Society 5.0 untuk meningkatkan tata kelola pertanahan nasional, khususnya di negara Indonesia, dalam mendukung pembangunan berkelanjutan. Dengan menggunakan pendekatan integratif bibliometrik dan kajian literatur, studi ini akan mengidentifikasi tren global, peluang, serta tantangan dalam penerapan teknologi seperti AI, IoT, blockchain, dan teknologi geospasial di sektor pertanahan. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengembangkan kerangka kerja inovatif yang mengintegrasikan teknologi maju dengan pendekatan tata kelola partisipatif, guna mendukung efisiensi administratif sekaligus memastikan inklusivitas sosial dan keberlanjutan lingkungan.

Metode Penelitian

Sejalan dengan tujuan penelitian, studi ini memilih pendekatan kuantitatif integratif bibliometrik dan *systematic literature review* (SLR). Pemilihan kombinasi bibliometrik dan *systematic literature review* (SLR) didasarkan pada kebutuhan untuk memperoleh pemahaman komprehensif sekaligus objektif mengenai perkembangan penelitian terkait integrasi teknologi maju dalam tata kelola pertanahan. Pendekatan bibliometrik memungkinkan analisis kuantitatif terhadap tren, kolaborasi, dan pola penelitian global, sehingga meminimalkan bias subjektif. Sementara itu, SLR memperdalam analisis dengan menelaah secara kritis isi literatur yang relevan. Kombinasi keduanya relevan dengan tujuan Society 5.0 yang menekankan pengambilan keputusan berbasis data, transparansi, serta inovasi berkelanjutan untuk mendukung tata kelola pertanahan yang inklusif dan adaptif.

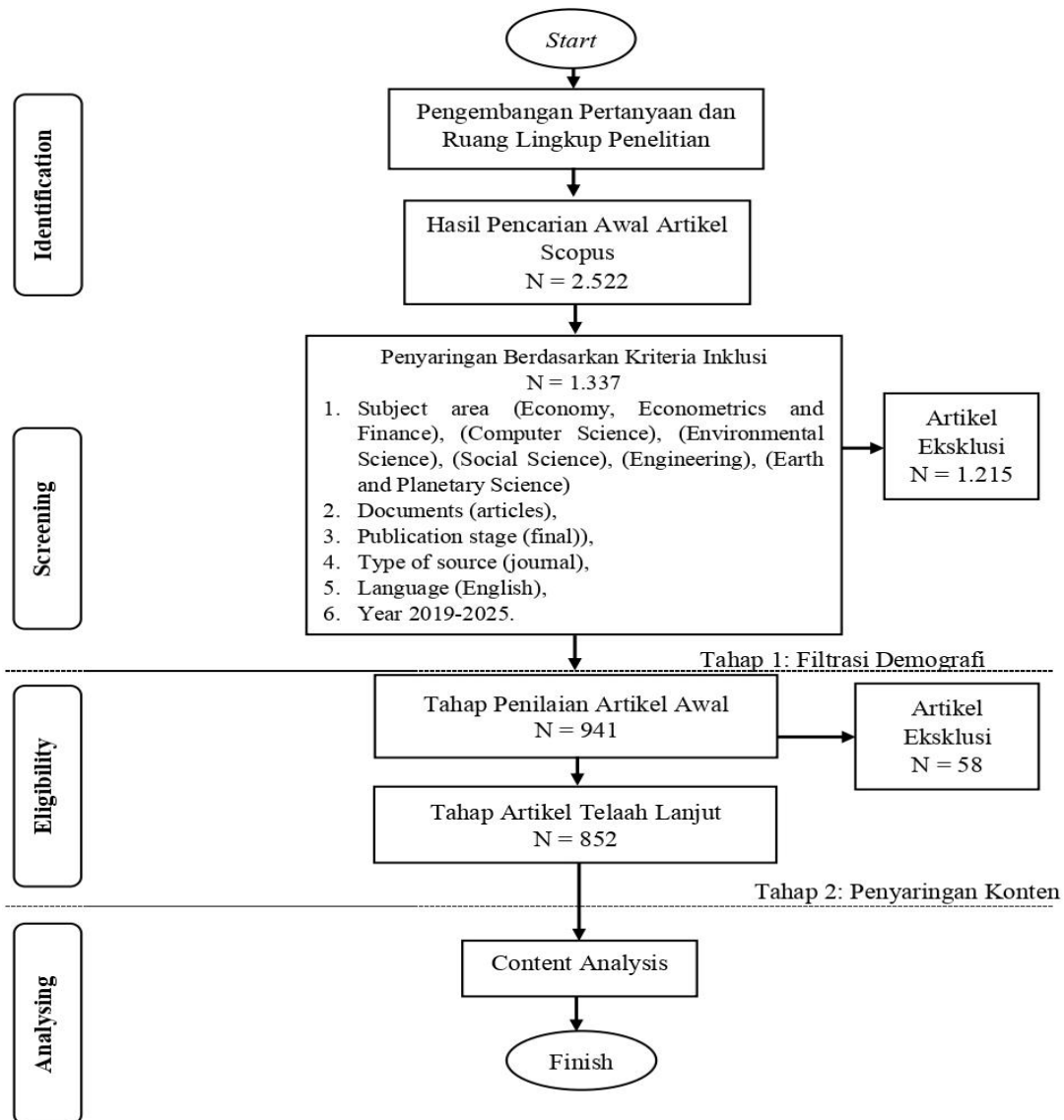
Analisis otomatis kuantitatif bibliometrik secara signifikan meningkatkan ketelitian analitis dan keandalan temuan dibandingkan dengan metode tradisional tinjauan literatur, yang sering kali didasarkan pada skema pra-kode atau analisis naratif dan meningkatkan risiko

bias peneliti (Haddow, 2018). Selain itu, analisis konten sebagai pemetaan SLR dilakukan dengan menyaring artikel untuk mengamati evolusi penelitian, pengembangan metodologi, dan kajian terbaru yang mendasar dalam isu integrasi teknologi maju dalam tata kelola pertanian berkelanjutan era Society 5.0.

Studi ini mengambil metadata literatur ilmiah pada database Scopus, yang merupakan sumber yang paling banyak diterima, bereputasi dan berisi ribuan publikasi ilmiah (Mongeon & Paul-Hus, 2016). Sebagai validasi waktu penarikan data terakhir, peneliti menarik metadata literatur pada tanggal 12 Januari 2025. Proses pencarian literatur dan penarikan metadata dilakukan berdasarkan topik (yaitu judul, abstrak, kata kunci penulis, dan kata kunci tambahan) pada Scopus dengan string pencarian berikut:

((("Society 5.0" OR "Advanced Technology" OR "Industry 4.0" OR "Digital Transformation") AND ("Land Governance" OR "National Land Administration" OR "Land Management" OR "Land Use Policy") AND ("Sustainable Development" OR "SDGs" OR "Sustainability Goals"))).

Studi ini menetapkan kriteria yang mencakup: (1) artikel yang relevan dengan konsep Society 5.0, teknologi maju, dan tata kelola pertanian dalam konteks pembangunan berkelanjutan (SDGs); (2) artikel jurnal peer-reviewed, review articles, atau early access articles yang terindeks Scopus; (3) artikel dari bidang ilmu relevan seperti ilmu sosial, lingkungan, ekonomi, komputer, ilmu geosains atau teknik; (4) artikel dalam Bahasa Inggris untuk menjaga konsistensi analisis; (5) artikel yang diterbitkan dalam rentang waktu 2019–2025 untuk mencakup penelitian terkini; serta (6) jurnal dengan reputasi baik (indeks Q1–Q3). Kriteria ini bertujuan memastikan kualitas dan relevansi literatur yang dianalisis. Proses penyaringan artikel menggunakan kerangka kerja PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) dilakukan secara bertahap (Page et al., 2022; Rethlefsen & Page, 2022). Dimulai dari hasil pencarian awal menggunakan *Boolean String*, artikel yang duplikat dihapus. Selanjutnya, tahap penyaringan dilakukan dengan membaca judul dan abstrak untuk menilai relevansi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusif. Artikel yang memenuhi syarat dilanjutkan ke tahap evaluasi teks penuh untuk memastikan kesesuaian dengan tujuan penelitian. Setelah itu, artikel yang tidak relevan atau tidak memenuhi kriteria dieliminasi. Hasil akhir proses PRISMA adalah kumpulan artikel yang valid, berkualitas, dan relevan untuk dianalisis secara bibliometrik dan systematic literature review.



Gambar 1. Proses Penyaringan PRISMA

Berdasarkan hasil penyaringan PRISMA pada gambar 1, proses penyaringan literatur dilakukan melalui beberapa tahapan. Pada tahap identifikasi, pencarian awal di Scopus menghasilkan 2.522 artikel. Setelah dilakukan penyaringan berdasarkan kriteria inklusi, seperti bidang studi (ekonomi, teknik, ilmu sosial, dsb.), jenis dokumen (artikel jurnal), tahapan publikasi (*final*), jenis sumber (jurnal), bahasa (Inggris), dan rentang tahun (2019–2025), sebanyak 1.337 artikel lolos ke tahap berikutnya, sementara 1.215 artikel dikeluarkan. Pada tahap penyaringan konten, 941 artikel dinilai lebih lanjut melalui tinjauan judul dan abstrak. Sebanyak 58 artikel tidak relevan dikeluarkan, menghasilkan 852 artikel yang ditelaah penuh pada tahap berikutnya. Artikel-artikel ini menjadi dasar analisis konten untuk mendukung penelitian mengenai integrasi teknologi maju dalam tata kelola pertanian berkelanjutan dalam era Society 5.0. Proses ini menunjukkan metode sistematis dan komprehensif untuk memastikan hanya literatur yang relevan dan berkualitas tinggi yang digunakan.

Studi ini menggunakan dua alat utama untuk analisis data bibliometrik, yaitu VOSviewer dan Bibliometrix R-Studio. VOSviewer digunakan untuk memvisualisasikan jaringan hubungan antar literatur, seperti peta kolaborasi penulis, kata kunci, dan hubungan antar artikel (Van Eck & Waltman, 2022). Alat ini memungkinkan penggambaran pola dan tren penelitian secara grafis, mempermudah peneliti dalam mengidentifikasi kluster tematik serta hubungan antar konsep utama dalam literatur (Wong, 2018). Sementara itu, Bibliometrix R-Studio dimanfaatkan untuk analisis kuantitatif bibliometrik yang lebih mendalam. Alat ini mendukung berbagai fungsi analisis seperti co-word analysis, historiografi, dan evaluasi kinerja literatur (Arruda et al., 2022). Dengan menggunakan R-Studio, peneliti dapat memanfaatkan skrip analisis yang fleksibel untuk mengekstrak wawasan berbasis data yang komprehensif (Guleria & Kaur, 2021). Kombinasi kedua alat ini memastikan studi dapat mengintegrasikan analisis visual dan statistik secara menyeluruh, mendukung validitas dan keandalan hasil penelitian.

Hasil dan Pembahasan

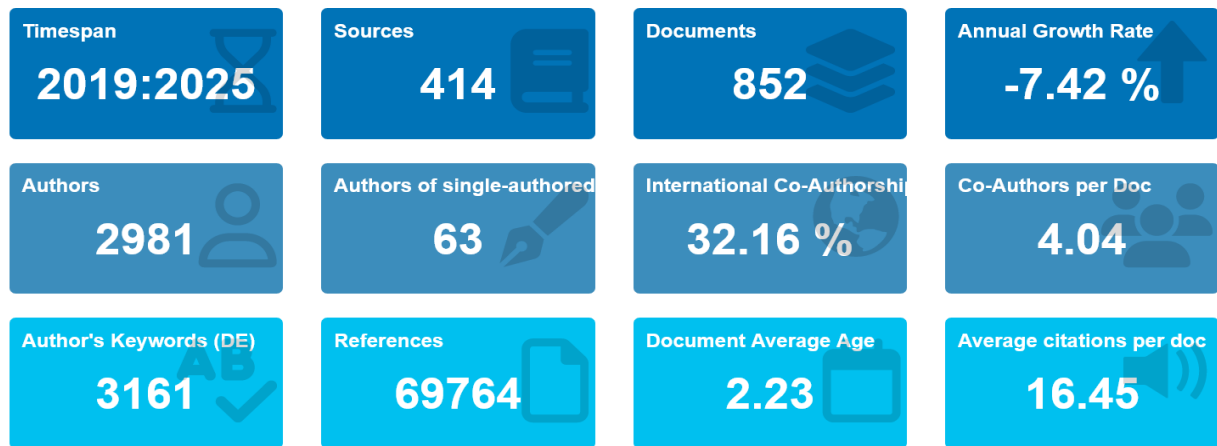
Statistik Deskriptif Metadata Literatur Ilmiah

Statistik deskriptif metadata literatur ilmiah mencakup informasi utama (Main Information) seperti jumlah total dokumen, penulis, dan jurnal yang dianalisis (Haddow, 2018). Elemen-elemen ini memberikan gambaran awal tentang cakupan data. Selain itu, analisis produksi ilmiah tahunan (Annual Scientific Production) menampilkan tren publikasi dari tahun ke tahun, menggambarkan perkembangan penelitian di bidang tertentu (Ahmad et al., 2019). Tren ini mengidentifikasi periode peningkatan atau penurunan produktivitas ilmiah serta menggambarkan pola kolaborasi atau kontribusi individual. Statistik ini penting untuk mengevaluasi perkembangan, fokus penelitian, dan dampak ilmiah secara keseluruhan dalam suatu bidang studi.

Hasil analisis Main Information pada gambar 1 menunjukkan metadata artikel mencakup 414 sumber jurnal dengan tingkat pertumbuhan tahunan -7,42%, mengindikasikan tren menurun dalam publikasi. Metadata artikel memiliki rata-rata usia 2,23 tahun dan rata-rata sitasi per dokumen sebesar 16,45, mencerminkan relevansi dan pengaruh yang signifikan. Total referensi yang digunakan mencapai 69.764, sementara jumlah kata kunci utama (Keyword Plus) dan kata kunci penulis masing-masing sebanyak 2.976 dan 3.161. Metadata artikel melibatkan 2.981 penulis, dengan rata-rata 4,04 penulis per dokumen, menunjukkan tingginya kolaborasi ilmiah. Dokumen yang ditulis oleh satu penulis berjumlah 63, sementara kolaborasi internasional mencapai 32,16%. Data ini menunjukkan pentingnya kerja sama lintas negara dalam mendukung penerapan konsep Society 5.0 di sektor pertanahan nasional untuk pembangunan berkelanjutan.

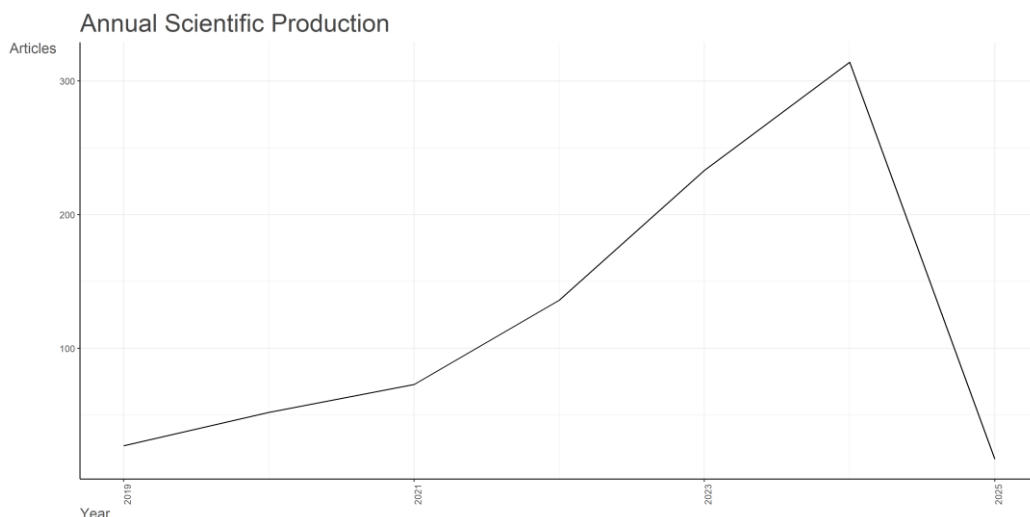
Namun, jika dilihat lebih dekat, kontribusi peneliti Indonesia dalam jejaring global masih relatif terbatas. Hal ini terlihat dari dominasi publikasi yang berpusat pada negara maju, sementara riset pertanahan Indonesia masih minim terepresentasi secara luas dalam kolaborasi dan sitasi internasional. Keterbatasan ini menandakan perlunya strategi penguatan

jejaring riset global, misalnya melalui kolaborasi multi-negara, publikasi pada jurnal bereputasi internasional, dan keterlibatan dalam forum akademik global.



Gambar 1. Main Information Metadata Artikel Ilmiah

Selanjutnya, hasil analisis Annual Scientific Publication pada gambar 2 menunjukkan peningkatan jumlah publikasi ilmiah secara signifikan dari tahun 2019 hingga mencapai puncaknya pada 2023 dengan lebih dari 300 artikel. Namun, pada 2024 dan 2025 terjadi penurunan tajam dalam jumlah artikel yang diterbitkan. Penurunan ini kemungkinan disebabkan oleh sedang berlangsungnya proses entry data publikasi ilmiah hingga riset ini berjalan. Perkembangan ini menunjukkan bahwa meskipun topik Society 5.0 dalam tata kelola pertanian menarik perhatian signifikan, ada tantangan dalam mempertahankan momentum penelitian. Hal ini mendorong perlunya strategi keberlanjutan untuk menjaga relevansi penelitian di masa depan.



Gambar 2. Annual Scientific Publication

Ditinjau secara tahunan, tren publikasi menunjukkan peningkatan konsisten sejak 2019 hingga mencapai puncak pada 2023 dengan lebih dari 300 artikel, yang menandakan intensifikasi perhatian global terhadap integrasi teknologi maju dalam tata kelola pertanian. Namun, penurunan tajam pada 2024 dan 2025 memperlihatkan adanya fluktuasi yang perlu

dicermati. Secara internasional, tren ini menunjukkan bahwa topik Society 5.0 masih relevan, tetapi memerlukan upaya berkelanjutan untuk menjaga momentum riset. Bagi Indonesia, dinamika ini sangat penting karena kebutuhan akan modernisasi sistem pertanahan semakin mendesak seiring meningkatnya konflik agraria, urbanisasi cepat, dan tekanan perubahan iklim. Tren publikasi yang menurun berpotensi memperlambat transfer pengetahuan global yang diperlukan Indonesia untuk memperkuat kapasitas penelitian dan inovasi di sektor ini. Oleh karena itu, Indonesia perlu memperluas partisipasi akademik melalui kolaborasi internasional, memperkuat jaringan publikasi, serta meningkatkan kontribusi riset yang secara langsung menyoroti konteks dan tantangan lokal agar urgensi transformasi digital dalam tata kelola tanah dapat terakomodasi dengan lebih efektif.

Word Cloud

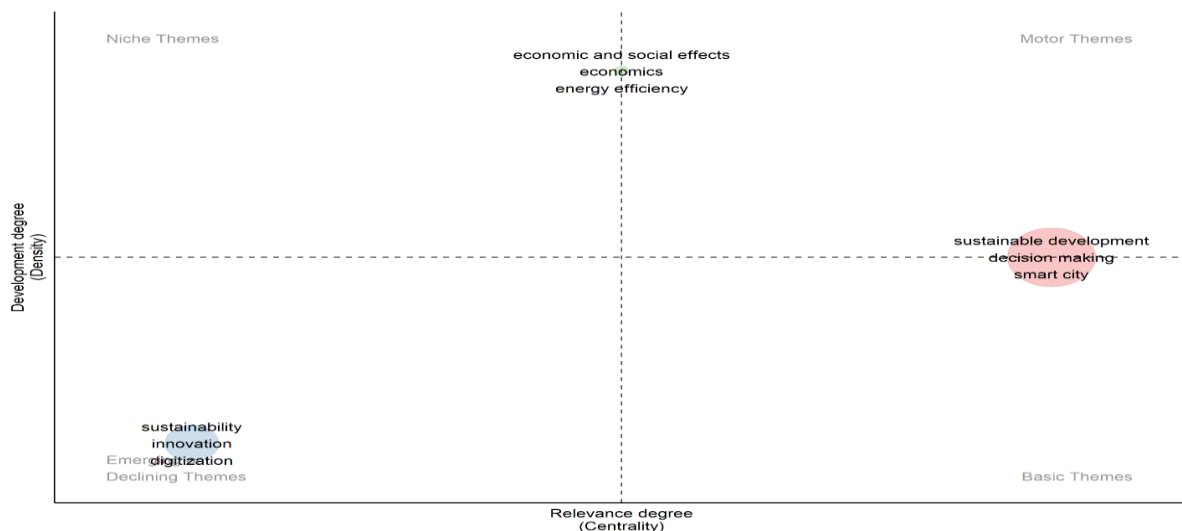
Word Cloud dalam Bibliometrix adalah representasi visual dari kata-kata yang sering muncul dalam kumpulan data bibliografis, seperti judul artikel, abstrak, atau kata kunci (Mukherjee et al., 2022). Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi tema atau topik yang dominan dalam penelitian. Kata-kata yang lebih sering muncul akan ditampilkan dengan ukuran lebih besar, memberikan gambaran intuitif tentang fokus penelitian dalam dataset. Dalam analisis bibliometrik, Word Cloud membantu peneliti dengan cepat memahami tren, mengidentifikasi istilah penting, dan menjelajahi hubungan antar konsep.

Berdasarkan visualisasi Word Cloud dari analisis Bibliometrix pada gambar 3 menunjukkan kata kunci yang dominan seperti "sustainable development," diikuti oleh istilah-istilah terkait seperti "sustainability," "decision making," "innovation," dan "climate change." Hal ini menunjukkan fokus utama penelitian pada pembangunan berkelanjutan sebagai kerangka kerja sentral. Istilah seperti "smart city," "digitization," dan "artificial intelligence" juga sering muncul, menyoroti peran teknologi cerdas dan digitalisasi dalam mendukung konsep Society 5.0. Selain itu, kata-kata seperti "energy efficiency," "supply chains," dan "urban planning" menunjukkan perhatian terhadap efisiensi sumber daya, logistik, dan pengelolaan perkotaan. Keterkaitan dengan isu global seperti perubahan iklim dan ekonomi berkelanjutan tercermin dalam kata-kata seperti "climate change" dan "economic development," yang memperkuat relevansi penelitian terhadap tantangan pembangunan modern. Visualisasi ini menggambarkan kompleksitas dan multidimensionalitas kajian ini.

Meskipun Word Cloud memberikan gambaran awal yang intuitif mengenai tema dominan, teknik ini memiliki keterbatasan yang perlu dicermati secara kritis. Visualisasi lebih menekankan pada frekuensi kemunculan kata daripada signifikansi konseptual atau hubungan mendalam antar topik. Akibatnya, istilah yang sering muncul bisa tampak dominan meski tidak selalu merepresentasikan gagasan inti atau kontribusi teoritis penting dalam literatur. Selain itu, Word Cloud cenderung mengabaikan konteks penggunaan kata, sehingga risiko interpretasi yang terlalu sederhana menjadi lebih besar. Oleh karena itu, analisis Word Cloud sebaiknya dilengkapi dengan metode lain seperti co-word analysis atau network mapping untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif.

memperhatikan distribusi manfaat, keadilan sosial, dan inklusi masyarakat. Dengan kata lain, temuan ini menjadi peringatan bahwa penguatan *policy framework* perlu dilakukan agar transformasi digital tidak menciptakan kesenjangan baru dalam pembangunan.

3. Emerging or Declining Themes: Tema seperti "*sustainability*," "*innovation*," dan "*digitization*" berada di kuadran ini karena posisinya masih fluktuatif—ada yang berkembang pesat, namun ada juga yang menurun relevansinya. Misalnya, *digitization* menjadi fondasi awal transformasi Society 5.0, namun saat ini mulai digeser oleh terminologi yang lebih maju seperti *AI-driven governance* atau *blockchain-based land management*. Sementara itu, *innovation* dan *sustainability* terus menjadi arena eksplorasi untuk menemukan model tata kelola pertanian yang adaptif. Bagi kebijakan, hal ini berarti penting untuk memantau perkembangan istilah dan pendekatan baru, agar regulasi tidak tertinggal dari dinamika teknologi.
4. Basic Themes: Pada kuadran ini tidak ditemukan tema signifikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa penelitian terkait tata kelola pertanian dalam era Society 5.0 masih lebih terfokus pada topik strategis dan aplikatif ketimbang membangun landasan konseptual dasar. Implikasinya, masih terdapat ruang untuk mengembangkan teori atau kerangka konseptual yang lebih mapan, sehingga penelitian mendatang dapat menyediakan fondasi akademik yang kuat untuk kebijakan pertanian berbasis teknologi maju.



Gambar 4. Hasil Analisis Visualisasi Thematic Map

Conceptual Structure Map

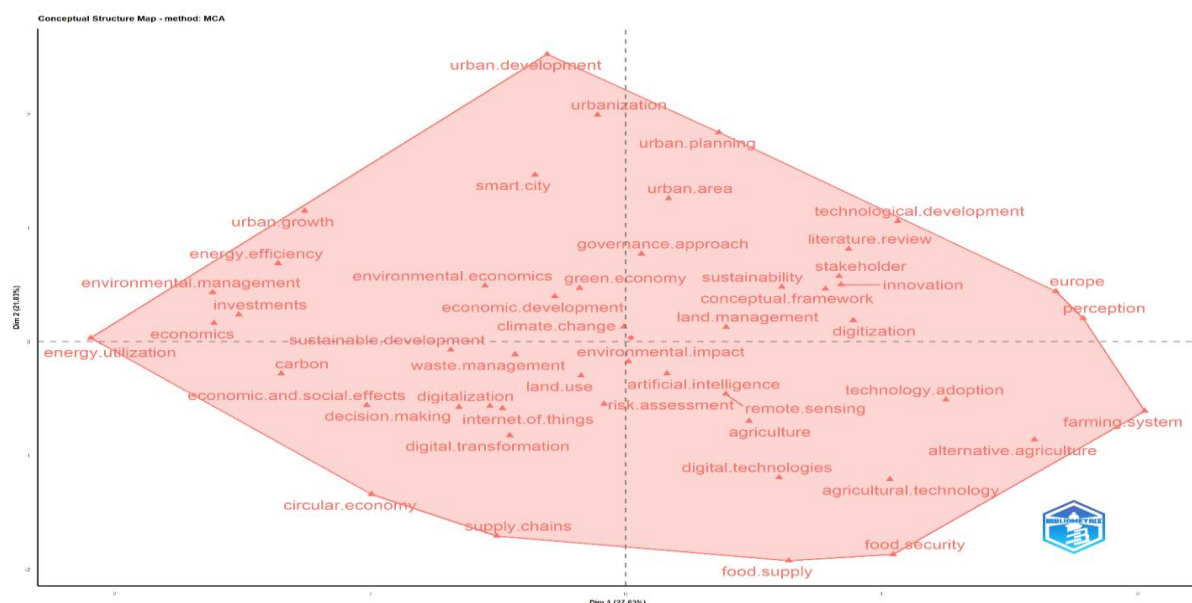
Conceptual Structure Map dalam Bibliometrix adalah alat visual yang memetakan hubungan konseptual antar kata kunci atau istilah dalam dataset penelitian (Prathap, 2017). Analisis ini menggunakan pendekatan multivariat, seperti analisis faktor atau analisis korespondensi, untuk mengidentifikasi kelompok kata kunci yang sering muncul bersama. Hasilnya adalah peta dua dimensi yang menunjukkan kluster-konsep dan hubungan antar

kluster, memberikan wawasan tentang struktur konseptual bidang penelitian. Alat ini membantu peneliti memahami tema-tema utama, hubungan antar topik, dan pola kolaborasi konseptual dalam literatur. Conceptual Structure Map efektif untuk mengeksplorasi tren penelitian, mengidentifikasi area penting, dan mengarahkan studi ke arah tema yang relevan.

Hasil analisis Conceptual Structure Map pada gambar 5 menggambarkan hubungan tematik antar-topik penelitian yang relevan dengan penerapan teknologi maju Society 5.0 dalam tata kelola pertanian nasional untuk mendukung pembangunan berkelanjutan. Peta ini dibuat menggunakan metode Multiple Correspondence Analysis (MCA), yang mengidentifikasi dua dimensi konseptual utama.

1. Dimensi Lingkungan dan Ekonomi: Tema seperti "environmental management," "energy efficiency," "economic development," dan "sustainable development" menggarisbawahi fokus pada integrasi antara pengelolaan sumber daya, efisiensi energi, dan dampak ekonomi untuk keberlanjutan.
2. Dimensi Teknologi dan Inovasi: Tema seperti "technological development," "digitalization," "artificial intelligence," dan "internet of things" menunjukkan peran penting teknologi dalam meningkatkan efisiensi, pengambilan keputusan, dan tata kelola yang cerdas.
3. Dimensi Keberlanjutan dan Sosial: Konsep seperti "climate change," "decision-making," "land management," dan "stakeholder" mengindikasikan pentingnya pendekatan kolaboratif dan berbasis data dalam menyelesaikan tantangan keberlanjutan.

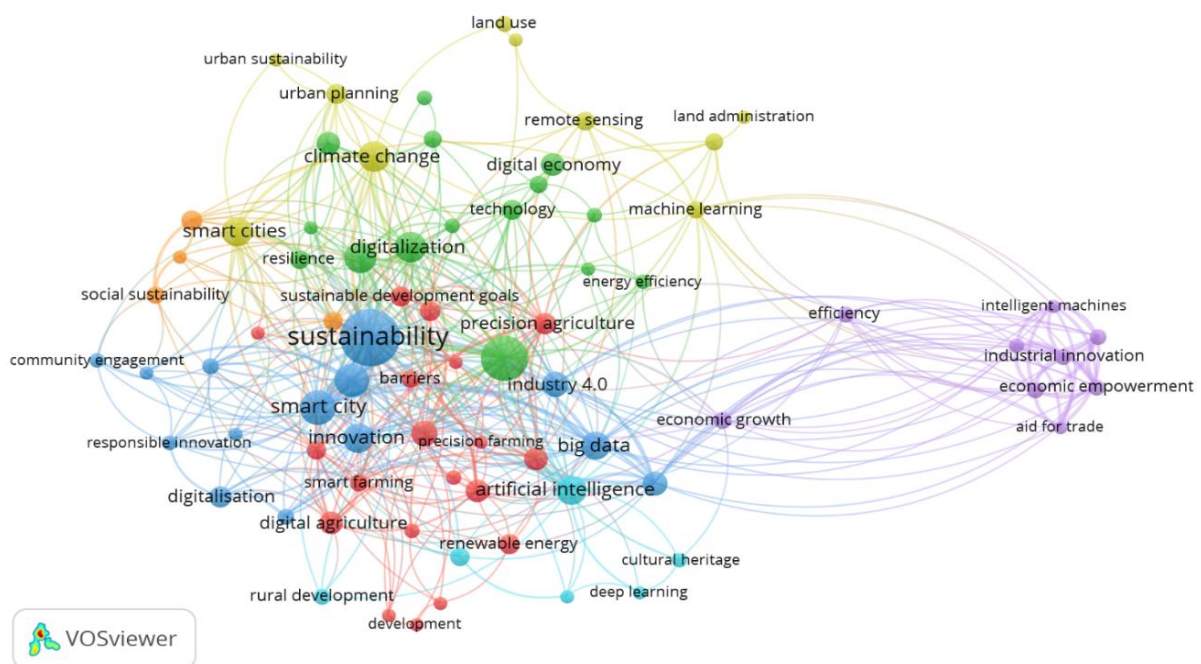
Peta ini juga menunjukkan bahwa tema-tema seperti "urban development," "food security," dan "agriculture" memiliki relevansi lintas sektor, mencerminkan pentingnya pendekatan multidisiplin. Dengan menghubungkan teknologi dan keberlanjutan, studi ini memberikan wawasan strategis untuk mendukung pembangunan berkelanjutan melalui inovasi dalam tata kelola pertanian.



Gambar 5. Hasil Analisis Visualisasi Conceptual Structure Map

Analisis Ko-Okurensi Kata Kunci

Analisis ko-okurensi kata kunci dengan VOSViewer adalah teknik yang digunakan untuk memahami hubungan antara kata kunci yang sering muncul bersama dalam kumpulan data, seperti artikel ilmiah, laporan, atau publikasi lainnya (Lozano et al., 2019). Proses ini dimulai dengan mengimpor data bibliometrik dari database Scopus. Aplikasi ini kemudian mengidentifikasi kata kunci yang sering digunakan, menghitung frekuensi kemunculan, serta mengukur tingkat keterkaitannya berdasarkan kemunculan bersamaan dalam dokumen yang sama. Hasilnya divisualisasikan dalam bentuk peta jaringan atau diagram kluster, di mana setiap node mewakili kata kunci, dan garis penghubung menunjukkan hubungan ko-okurensi. Kata kunci dengan hubungan kuat dikelompokkan ke dalam kluster yang merepresentasikan tema penelitian tertentu. Warna dan ukuran node mencerminkan tingkat keterkaitan dan frekuensinya. Analisis ini membantu peneliti mengidentifikasi tren penelitian, gap penelitian, serta area yang relevan untuk eksplorasi lebih lanjut. Analisis ko-okurensi kata kunci juga dapat menjadi landasan dalam Systematic Literature Review (SLR) dengan membantu peneliti mengidentifikasi topik utama, tema sentral, serta hubungan antar-konsep dalam literatur. Hasil visualisasi mempermudah seleksi artikel yang relevan, sehingga mendukung penyusunan kerangka teoritis dan penentuan fokus penelitian secara sistematis.



Gambar 6. Hasil Analisis Visualisasi Co-Occurrence Keyword

Visualisasi ko-okurensi kata kunci yang dihasilkan dari analisis menggunakan VOSViewer menunjukkan enam kluster utama yang saling terhubung pada gambar 6, masing-masing dengan fokus tematik tertentu terkait keberlanjutan dan tata kelola pertanian berbasis teknologi. Kluster 1 (Merah) menyoroti pentingnya teknologi digital dan pertanian presisi dalam tata kelola sumber daya untuk keberlanjutan pangan dan energi. Kata kunci seperti *precision agriculture*, *renewable energy*, dan *smart farming* menunjukkan bagaimana

teknologi inovatif mendukung pengelolaan sumber daya secara efisien. Fokus klaster ini adalah pada implementasi teknologi untuk menjawab tantangan keberlanjutan di sektor pangan dan energi, sekaligus meningkatkan tata kelola pertanian berbasis digital. Klaster 2 (Hijau) berpusat pada transformasi ekonomi digital dan ekonomi sirkular untuk optimalisasi manajemen lingkungan. Dengan adanya istilah seperti digital economy, green innovation, dan waste management, klaster ini menggarisbawahi peran teknologi dalam menciptakan ekonomi yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berbasis sirkular untuk mengurangi limbah sekaligus meningkatkan efisiensi energi.

Klaster 3 (Biru Tua) mencakup penerapan teknologi Industri 4.0 dan inovasi kota cerdas. Kata kunci seperti smart city, artificial intelligence, dan industry 4.0 menggambarkan peran teknologi cerdas dalam mendukung tata kelola perkotaan yang berkelanjutan. Klaster ini berfokus pada bagaimana teknologi digital dan inovasi kota menciptakan lingkungan urban yang lebih inklusif dan efisien. Klaster 4 (Kuning) menghubungkan teknologi geospasial dan pembelajaran mesin dalam menghadapi tantangan perubahan iklim. Kata kunci seperti GIS, machine learning, dan climate change menunjukkan bagaimana teknologi dapat digunakan untuk meningkatkan perencanaan dan pengelolaan lahan yang tanggap terhadap tantangan lingkungan.

Klaster 5 (Ungu) menonjolkan inovasi manufaktur dan pemberdayaan ekonomi, dengan fokus pada pembangunan berbasis tata kelola pertanahan yang inklusif. Istilah seperti economic empowerment dan manufacturing innovation menunjukkan hubungan antara teknologi, inklusi ekonomi, dan pembangunan pasar global. Klaster 6 (Biru Muda) mengeksplorasi teknologi lanjutan seperti blockchain dan deep learning untuk pengelolaan rantai pasok dan pelestarian warisan budaya di wilayah perdesaan. Klaster ini menyoroti pentingnya menjaga keseimbangan antara modernisasi teknologi dan pelestarian nilai-nilai lokal. Secara keseluruhan, visualisasi ini menunjukkan bahwa keberlanjutan dan tata kelola pertanahan modern sangat bergantung pada integrasi teknologi digital, inovasi, dan pendekatan multidisiplin untuk menghadapi tantangan global seperti perubahan iklim, urbanisasi, dan ketahanan pangan.

Telaah Literatur Klaster 1: Pemanfaatan Teknologi Digital dan Pertanian Presisi dalam Tata Kelola Sumber Daya Pertanahan untuk Keberlanjutan Pangan dan Energi

Pemanfaatan teknologi digital dan pertanian presisi merupakan elemen kunci dalam mendukung tata kelola sumber daya pertanahan yang berkelanjutan. Teknologi digital seperti Internet of Things (IoT), big data, dan kecerdasan buatan (AI) memungkinkan pemantauan kondisi lahan secara real-time, prediksi cuaca, serta analisis kebutuhan tanaman secara presisi (Fróna & Szenderák, 2024). Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi, tetapi juga mengurangi penggunaan sumber daya seperti air, pupuk, dan pestisida, sehingga dampak lingkungan dapat diminimalkan. Selain itu, pengambilan keputusan berbasis data membantu petani dan pemangku kepentingan mengelola risiko, meningkatkan produktivitas, serta mendukung upaya ketahanan pangan dan transisi energi menuju pembangunan berkelanjutan (Li et al., 2024).

Studi oleh Gao & He (2024) menekankan pentingnya penerapan sistem digital terintegrasi dalam meningkatkan produktivitas pertanian sekaligus mengurangi dampak negatif perubahan iklim (Gao & He, 2024). Mereka menguraikan bahwa teknologi seperti sensor tanah, drone, dan analitik berbasis kecerdasan buatan (AI) mampu memberikan data mendalam tentang kondisi lahan, kebutuhan tanaman, dan potensi hasil panen. Teknologi ini memungkinkan pemantauan lahan secara real-time, optimalisasi penggunaan sumber daya seperti air dan pupuk, serta pengurangan limbah dan emisi gas rumah kaca. Misalnya, drone dapat digunakan untuk pemetaan lahan secara efisien, sedangkan AI membantu menganalisis pola pertumbuhan tanaman berdasarkan data cuaca dan kondisi tanah. Sejalan dengan itu, Cappellaro et al. (2022) menyoroti peran penting transisi energi terbarukan dalam mendukung keberlanjutan sistem pangan (Cappellaro et al., 2022). Mereka menunjukkan bahwa inovasi dalam energi terbarukan, seperti bioenergi yang terintegrasi dengan pertanian presisi, dapat menjadi solusi untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil. Bioenergi dari limbah pertanian, misalnya, tidak hanya menyediakan energi bersih tetapi juga mengurangi akumulasi limbah organik. Integrasi teknologi ini tidak hanya memperkuat ketahanan pangan tetapi juga mendukung upaya mitigasi perubahan iklim, menjadikannya komponen penting dalam strategi keberlanjutan global. Kombinasi teknologi digital dan energi terbarukan ini membuka jalan bagi sistem pangan yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berdaya saing tinggi.

Pada sisi lain, sisi lain, Yu et al. (2024) menyoroti berbagai faktor yang memengaruhi adopsi teknologi digital di sektor pertanian (Yu et al., 2024). Kendala utama yang ditemukan adalah tingginya biaya awal untuk implementasi teknologi seperti sensor tanah, drone, dan perangkat berbasis Internet of Things (IoT), serta kurangnya pelatihan dan pengetahuan teknis di kalangan petani. Namun, mereka menekankan bahwa hambatan ini dapat diatasi dengan dukungan kebijakan pemerintah yang proaktif, termasuk subsidi untuk perangkat teknologi, insentif fiskal, serta program pelatihan dan edukasi bagi petani. Selain itu, investasi dalam infrastruktur digital, seperti jaringan internet yang luas dan andal di pedesaan, sangat penting untuk memastikan keberlanjutan dan keberhasilan adopsi teknologi ini.

Snep et al. (2020) menyoroti pentingnya pendekatan berbasis solusi alam (nature-based solutions) yang didukung oleh teknologi digital dalam meningkatkan ketahanan pangan perkotaan sekaligus mendukung tata kelola pertanahan yang berkelanjutan (Lee et al., 2023). Pendekatan ini melibatkan integrasi pertanian vertikal dengan sistem energi terbarukan, seperti panel surya atau bioenergi, untuk memproduksi pangan secara efisien di ruang perkotaan yang terbatas. Pertanian vertikal memungkinkan pemanfaatan ruang secara optimal, sementara teknologi digital seperti sensor lingkungan dan sistem otomatisasi mendukung pengelolaan air, nutrisi, dan energi secara efisien. Hal ini tidak hanya meningkatkan produksi pangan tetapi juga mengurangi jejak ekologis di kawasan urban.

Dalam transformasi tata kelola pertanahan secara lebih luas, Yan et al (2021) mengusulkan model 3D untuk administrasi lahan yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi dalam perencanaan penggunaan ruang bawah tanah (Yan et al., 2021). Pendekatan

ini memungkinkan visualisasi ruang secara lebih komprehensif, memberikan solusi bagi pengelolaan infrastruktur seperti jalur transportasi, utilitas, hingga penyimpanan energi. Dengan memanfaatkan model ini, tata kelola lahan menjadi lebih presisi dan membantu mengurangi konflik penggunaan lahan, sehingga mendukung perencanaan berbasis data yang berkelanjutan.

Xia et al (2022) memperkuat gagasan ini dengan menekankan pentingnya penerapan teknologi digital, seperti sistem informasi geografis (SIG) dan pemodelan 3D, dalam mengoptimalkan pemanfaatan ruang lahan (Xia et al., 2022). Teknologi ini memungkinkan analisis mendalam terhadap potensi lahan, khususnya untuk mendukung kegiatan agrikultural dan energi. Dengan demikian, lahan dapat dimanfaatkan secara optimal untuk mendukung ketahanan pangan serta transisi energi menuju sumber energi terbarukan. Nzyoka et al. (2021) menyoroti pentingnya desain berkelanjutan dalam pengelolaan lahan (Nzyoka et al., 2021). Faktor lingkungan, sosial, dan ekonomi menjadi kunci dalam memastikan pengembangan sistem tata kelola lahan yang efisien dan adaptif terhadap tantangan global, seperti perubahan iklim dan kebutuhan populasi yang terus meningkat.

Sementara itu, Huan & Zhu (2023) menggarisbawahi peran penting pengembangan modal manusia dalam mendukung inovasi dan keberlanjutan pemanfaatan lahan (Huan & Zhu, 2023). Pendidikan dan pelatihan yang memadai memungkinkan petani dan pemangku kepentingan untuk memahami teknologi modern dan memanfaatkannya secara efektif. Dengan peningkatan kapasitas ini, mereka dapat mengelola sumber daya lahan secara lebih efisien, meningkatkan produktivitas, sekaligus menjaga keberlanjutan ekosistem. Kombinasi teknologi, desain berkelanjutan, dan pengembangan manusia menjadi elemen integral dalam tata kelola pertanahan yang holistik.

Telaah Literatur Klaster 2: Transformasi Ekonomi Digital dan Ekonomi Sirkular: Optimalisasi Manajemen Lingkungan dalam Tata Kelola Pertanahan

Transformasi ekonomi digital dan ekonomi sirkular telah menjadi topik utama dalam diskusi global terkait pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan. Dalam konteks tata kelola pertanahan, integrasi teknologi digital dengan prinsip ekonomi sirkular menawarkan pendekatan inovatif yang lebih efisien dan berorientasi pada kelestarian lingkungan. Literasi dari berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan teknologi dapat membantu optimalisasi sumber daya lahan, meningkatkan efisiensi pemanfaatan, serta mendukung pengurangan limbah (Pak et al., 2023; Zeng et al., 2024). Dengan penerapan prinsip ekonomi sirkular yang menekankan daur ulang dan keberlanjutan, integrasi ini tidak hanya mendukung pelestarian lingkungan tetapi juga berkontribusi pada pertumbuhan ekonomi yang inklusif dan berdaya tahan.

Digitalisasi memainkan peran krusial dalam menciptakan efisiensi dan keberlanjutan dalam tata kelola sumber daya pertanahan. Berbagai literatur menunjukkan bagaimana teknologi digital, seperti big data dan Internet of Things (IoT), memungkinkan pemantauan serta pengelolaan sumber daya alam secara real-time, sehingga mendukung pengambilan keputusan berbasis data yang lebih efektif. Zhao et al. (2024) menunjukkan bahwa penerapan

digital finance tidak hanya mendukung pengelolaan keuangan yang lebih baik, tetapi juga memperkuat efisiensi energi dan pengurangan emisi karbon, yang relevan dengan tata kelola lahan dalam konteks perubahan iklim (Zhao et al., 2024). Teknologi inovatif, seperti machine learning dan blockchain, juga menjadi katalis dalam transformasi tata kelola pertanian. Blockchain, misalnya, dapat digunakan untuk menciptakan transparansi dalam pencatatan kepemilikan lahan, mencegah konflik agraria, dan meminimalkan praktik korupsi (Aborujilah et al., 2021). Sementara itu, Jin et al. (2024) membahas solusi berbasis pembelajaran mesin untuk mendesain ulang sistem lingkungan perkotaan, yang dapat diterapkan pada perencanaan tata ruang berbasis lahan guna mengoptimalkan penggunaan lahan secara berkelanjutan (Jin et al., 2023). Teknologi ini dapat memprediksi dampak penggunaan lahan tertentu terhadap lingkungan dan memberikan rekomendasi yang lebih adaptif. Selain itu, Cai et al. (2024) menyoroti pentingnya kebijakan keuangan hijau dalam mendukung pengurangan emisi karbon di sektor korporasi (Cai et al., 2024). Pendekatan ini relevan untuk tata kelola pertanian, khususnya dalam mendorong adopsi praktik pertanian berkelanjutan dan penggunaan energi terbarukan di wilayah pedesaan. Dengan pembiayaan hijau, pemerintah dan sektor swasta dapat berkolaborasi untuk menginvestasikan teknologi ramah lingkungan yang mendukung efisiensi sumber daya lahan. Studi-studi ini menegaskan bahwa integrasi teknologi digital dengan kebijakan strategis memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi, ketahanan, dan keberlanjutan dalam tata kelola sumber daya pertanian. Hal ini menjadi kunci dalam menghadapi tantangan global, termasuk ketahanan pangan, mitigasi perubahan iklim, dan transisi menuju pembangunan yang berkelanjutan.

Ekonomi sirkular menjadi paradigma penting dalam pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan, dengan fokus pada pengurangan limbah, daur ulang, dan optimalisasi penggunaan sumber daya. Dalam studi lahan sistem agri-food, Arru et al. (2022) menekankan pentingnya penerapan pendekatan sirkular untuk mengurangi limbah pangan, termasuk melalui inovasi dalam rantai pasok dan teknologi pengolahan limbah (Arru et al., 2022). Pendekatan ini tidak hanya relevan untuk sektor pangan tetapi juga untuk sektor lainnya, seperti tata kelola pertanian. Tata kelola pertanian yang efisien memegang peranan kunci dalam mendukung pembangunan berkelanjutan. Fan et al. (2020) menggarisbawahi perlunya pendekatan holistik dalam mengatasi dilema energi, termasuk integrasi teknologi hijau, yang juga dapat diterapkan pada pengelolaan sumber daya tanah (X. Fan et al., 2020). Dalam konteks ini, digitalisasi menjadi alat strategis untuk meningkatkan efisiensi administrasi dan pengelolaan tanah. Dengan memanfaatkan teknologi digital, seperti pemetaan berbasis drone, sistem informasi geografis (GIS), dan blockchain, pemerintah dapat memastikan transparansi, akurasi data, dan pengelolaan sumber daya tanah yang berkelanjutan (Qu et al., 2023; Tuleyeva et al., 2024). Metelenko et al. (2025) mengusulkan kerangka kerja integratif untuk menggabungkan teknologi lingkungan dalam perencanaan wilayah (Kane et al., 2024). Pendekatan ini sangat relevan dengan prinsip ekonomi sirkular, yang menitikberatkan pada pengurangan limbah dan penggunaan kembali sumber daya. Dalam konteks nasional, integrasi teknologi maju dalam tata kelola pertanian dapat mencakup pemanfaatan data

real-time untuk pemantauan penggunaan lahan, optimalisasi fungsi lahan, serta peningkatan produktivitas pertanian (Home, 2021). Dengan demikian, konsep ekonomi sirkular dapat diterapkan secara luas untuk memastikan bahwa sumber daya tanah dikelola secara optimal, mendukung kebutuhan generasi saat ini tanpa mengorbankan kebutuhan generasi mendatang.

Telaah Literatur Klaster 3: Penerapan Teknologi Industri 4.0 dan Inovasi Kota Cerdas dalam Mewujudkan Tata Kelola Pertanahan Berbasis Keberlanjutan

Penerapan teknologi Industri 4.0 dan inovasi kota cerdas (smart city) memainkan peran yang sangat penting dalam mendorong tata kelola pertanahan yang berkelanjutan. Penelitian yang ada menunjukkan bagaimana teknologi canggih, seperti Internet of Things (IoT), Kecerdasan Buatan (AI), Big Data, dan teknologi berbasis data lainnya, dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya tanah (Azadi et al., 2023; Choi, 2020). Teknologi ini memungkinkan pemantauan real-time, pengolahan data besar untuk analisis keputusan, serta otomatisasi dalam proses perencanaan dan pemanfaatan lahan. Konsep keberlanjutan dalam kota cerdas juga mengintegrasikan aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan, yang membantu menciptakan solusi yang lebih efisien dan ramah lingkungan dalam tata kelola pertanahan untuk masa depan yang lebih berkelanjutan.

Menurut Bennet et al. (2024), digitalisasi sistem pertanahan melalui penggunaan data besar memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data yang lebih akurat (Bennett et al., 2019). Teknologi seperti Digital Twin telah digunakan untuk simulasi ruang guna mendukung perencanaan penggunaan lahan secara efisien (Park et al., 2023). Selain itu, penerapan sistem pengenalan gambar untuk pemetaan wilayah menunjukkan potensi besar dalam mempercepat proses pengelolaan dan monitoring tanah (F. Dai, 2022). Kota cerdas, sebagai implementasi nyata dari teknologi Industri 4.0, memainkan peran penting dalam mendukung keberlanjutan tata kelola pertanahan. Penelitian oleh Dou et al (2021) menunjukkan bagaimana pengelolaan ruang bawah tanah secara 3D dapat membantu mengoptimalkan penggunaan ruang perkotaan (Dou et al., 2021). Strategi kota cerdas berbasis data juga telah diidentifikasi sebagai metode penting untuk meningkatkan efisiensi tata kelola lahan perkotaan (Liu et al., 2023).

Di sisi lain, faktor keberlanjutan dalam inovasi teknologi juga menjadi perhatian. Implementasi teknologi hijau untuk mendukung energi terbarukan dalam manajemen kota cerdas telah diusulkan oleh beberapa studi (Firoozi et al., 2024; Guler, 2024). Hal ini relevan dalam menghadapi tantangan urbanisasi yang semakin kompleks, seperti perubahan iklim dan keterbatasan sumber daya alam (Kwilinski et al., 2023). Selain itu, peran masyarakat dalam mendukung keberlanjutan tata kelola tanah juga tidak dapat diabaikan. Inisiatif partisipasi warga melalui aplikasi berbasis digital menunjukkan potensi dalam meningkatkan transparansi dan keterlibatan publik (Cong et al., 2023; P. Fan, 2024). Studi ini memperlihatkan bagaimana teknologi dapat memberdayakan warga untuk terlibat dalam proses pengambilan keputusan terkait tata kelola lahan.

Telaah Literatur Klaster 4: Integrasi Teknologi Geospasial dan Pembelajaran Mesin dalam Perencanaan dan Pengelolaan Lahan untuk Menghadapi Perubahan Iklim

Integrasi teknologi geospasial dan pembelajaran mesin telah menjadi pendekatan yang semakin signifikan dalam perencanaan serta tata kelola pertanahan nasional. Pendekatan ini tidak hanya relevan dalam mendukung pengelolaan lahan yang efisien tetapi juga dalam menghadapi tantangan perubahan iklim yang kian kompleks. Teknologi geospasial memungkinkan visualisasi dan analisis spasial yang mendalam (Manakane et al., 2023), sementara pembelajaran mesin memberikan kemampuan untuk mengolah data secara efisien dan menghasilkan prediksi akurat terkait dampak perubahan iklim di berbagai skala geografis (Amnuaylojaroen, 2023). Kombinasi ini berpotensi meningkatkan kualitas pengambilan keputusan, memperkuat kebijakan pertanahan, dan mendukung keberlanjutan pembangunan nasional.

Studi terbaru menyoroti pemanfaatan citra penginderaan jauh (remote sensing) yang dikombinasikan dengan algoritma pembelajaran mesin untuk memantau perubahan penggunaan dan tutupan lahan (LULC) (Kaldybekov et al., 2020). Pendekatan ini tidak hanya mampu mengidentifikasi pola perubahan yang kompleks tetapi juga memberikan informasi penting yang mendukung kebijakan adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Dalam tata kelola pertanahan nasional, teknologi ini berperan penting dalam pengawasan lahan secara real-time, mendukung efisiensi pendaftaran tanah, serta mencegah tumpang tindih klaim kepemilikan (X. Zhang et al., 2023). Di kawasan perkotaan, strategi ini dioptimalkan melalui analisis big data dan pengembangan model digital twin untuk perencanaan tata kota yang berkelanjutan (Balas et al., 2021).

Selain itu, integrasi SIG dengan algoritma pembelajaran mesin telah menghadirkan peluang baru dalam tata kelola pertanahan nasional, khususnya untuk analisis risiko yang lebih akurat terkait bencana alam, seperti banjir, erosi, dan longsor (Youssef et al., 2023). Bencana-bencana ini sering kali dipicu oleh dampak perubahan iklim yang semakin signifikan. Teknologi ini memungkinkan pengolahan data historis dan real-time untuk memetakan area rawan bencana secara lebih detail, sehingga mendukung perencanaan penggunaan lahan yang tangguh dan adaptif terhadap perubahan lingkungan (Opitz et al., 2023). Dengan pendekatan ini, tata kelola pertanahan dapat lebih responsif dalam menghadapi risiko bencana sekaligus mendorong pembangunan yang berkelanjutan.

Sementara itu, studi lain menunjukkan pentingnya penggunaan teknologi geospasial untuk pelestarian keanekaragaman hayati di kawasan yang rentan terhadap perubahan iklim, seperti padang rumput dan hutan tropis. Pendekatan ini menggabungkan analisis spasial dengan model ekosistem untuk mengevaluasi dampak perubahan penggunaan lahan terhadap biodiversitas (Soubry et al., 2021). Namun, tantangan utama dalam penerapan teknologi ini adalah ketersediaan data berkualitas tinggi dan interoperabilitas antar sistem. Pengembangan metode yang lebih canggih, seperti hybrid machine learning, telah diusulkan untuk mengatasi masalah ini dengan memanfaatkan kombinasi algoritma untuk pengolahan data besar secara lebih efisien (Ding et al., 2022). Pada tingkat kebijakan, teknologi geospasial

dan pembelajaran mesin telah membantu pemerintah dan pemangku kepentingan dalam pengambilan keputusan berbasis bukti (Chanie Haile et al., 2024). Transformasi digital dalam administrasi lahan juga memainkan peran penting dalam menciptakan sistem manajemen lahan yang transparan dan efisien, yang relevan untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan (Andreeva et al., 2022).

Telaah Literatur Klaster 5: Inovasi Manufaktur dan Pemberdayaan Ekonomi untuk Mendukung Pembangunan Berbasis Tata Kelola Pertanahan yang Inklusif

Pembangunan berbasis tata kelola pertanahan yang inklusif merupakan komponen penting dalam mencapai keberlanjutan ekonomi. Inovasi manufaktur dan pemberdayaan ekonomi telah terbukti menjadi faktor kunci dalam mendukung tujuan ini. Penelitian menunjukkan bahwa inovasi dalam manufaktur tidak hanya meningkatkan produktivitas melalui efisiensi yang lebih tinggi dan pengurangan biaya produksi, tetapi juga menciptakan peluang ekonomi baru yang inklusif (Cao et al., 2021). Inovasi ini mampu mempercepat perkembangan sektor industri dengan menghasilkan teknologi baru yang ramah lingkungan dan hemat sumber daya. Dampaknya tidak hanya pada perekonomian, tetapi juga terkait erat dengan tata kelola pertanahan. Pengembangan kawasan industri berbasis teknologi membutuhkan perencanaan tata ruang yang terintegrasi, efisiensi penggunaan lahan, serta kolaborasi dengan sektor pertanian dan perkotaan untuk mencegah konflik kepentingan, sehingga menciptakan keseimbangan antara pembangunan dan keberlanjutan lingkungan (Andreeva et al., 2022).

Pendekatan multi-kriteria dalam pengelolaan manufaktur memperlihatkan potensi besar untuk mengatasi tantangan global, seperti ketahanan energi dan efisiensi sumber daya, yang pada akhirnya mendorong pertumbuhan ekonomi lokal (Mohsin & Jamaani, 2023). Misalnya, penelitian tentang hubungan antara efisiensi energi dan inovasi teknologi di sektor manufaktur menunjukkan bahwa investasi pada mesin cerdas dapat meningkatkan daya saing global (Bulińska-Stangrecka & Bagieńska, 2021). Pendekatan ini memungkinkan integrasi berbagai faktor yang saling berkaitan, seperti teknologi, lingkungan, dan sosial, untuk menciptakan strategi yang berkelanjutan. Konsep ini juga relevan dalam tata kelola pertanahan, di mana penggunaan lahan yang efisien, perencanaan berbasis data, dan pengelolaan sumber daya yang adil dapat meningkatkan produktivitas tanpa mengorbankan kelestarian lingkungan. Dengan demikian, integrasi antara sektor manufaktur dan tata kelola pertanahan dapat mempercepat pembangunan berkelanjutan.

Akses yang adil terhadap teknologi dan pasar global menjadi elemen kunci dalam pemberdayaan ekonomi (Mondal et al., 2023). Teknologi keuangan (FinTech) muncul sebagai katalis utama yang mendukung inklusivitas ekonomi melalui integrasi platform digital (Feng et al., 2024). Platform ini membuka peluang bagi pelaku usaha kecil dan menengah (UKM) untuk terhubung ke rantai nilai global, sehingga meningkatkan efisiensi, transparansi, dan daya saing mereka. Keterkaitan dengan tata kelola pertanahan terletak pada peran teknologi digital dalam memastikan kepastian hukum dan akses terhadap aset. Reformasi tata kelola pertanahan berbasis teknologi, seperti blockchain untuk pencatatan tanah, memungkinkan

masyarakat kecil mendapatkan jaminan hak atas tanah mereka. Hal ini memperkuat kemampuan mereka untuk mengakses modal, karena tanah sering kali menjadi aset utama yang digunakan sebagai agunan. Dengan integrasi FinTech dan tata kelola pertanahan yang baik, pengusaha kecil dapat memanfaatkan peluang global sekaligus memperkuat ekonomi lokal yang inklusif dan berkelanjutan.

Berbagai literatur menyoroti pentingnya inovasi berbasis inklusi dalam mendukung pembangunan yang berkelanjutan, termasuk integrasi keuangan hijau dan teknologi pintar. Penerapan keuangan hijau memungkinkan pendanaan proyek-proyek yang ramah lingkungan, sedangkan teknologi pintar, seperti Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan, membantu meningkatkan efisiensi dan transparansi dalam tata kelola sumber daya, termasuk pertanahan (Zhen & Rahman, 2024). Strategi ekonomi hijau di Asia Pasifik, seperti penerapan teknologi manufaktur cerdas, memberikan kontribusi signifikan terhadap keberlanjutan ekonomi regional. Bagi negara berkembang seperti Indonesia, transformasi digital memiliki peran penting dalam meningkatkan tata kelola pertanahan. Digitalisasi dapat mengatasi berbagai tantangan seperti konflik lahan, korupsi, dan ketidakpastian hukum, dengan menyediakan data yang akurat dan mudah diakses. Misalnya, pemanfaatan teknologi drone untuk pemetaan lahan atau blockchain untuk sertifikasi tanah dapat meningkatkan efisiensi, keadilan, dan transparansi (J. Zhang et al., 2023). Hal ini mendukung pembangunan ekonomi yang berkelanjutan melalui pengelolaan lahan yang lebih efektif, inklusif, dan berkelanjutan.

Telaah Literatur Klaster 6: Pemanfaatan Blockchain dan Teknologi Lanjutan untuk Pengelolaan Rantai Pasok dan Pelestarian Geologi Wilayah Perdesaan

Kemajuan teknologi dalam beberapa dekade terakhir telah mendorong penerapan inovasi seperti blockchain, kecerdasan buatan (AI), dan deep learning dalam berbagai sektor, termasuk pengelolaan rantai pasok dan pelestarian sumber daya perdesaan. Telaah ini mengidentifikasi kontribusi utama dari penelitian-penelitian terkait untuk memahami pemanfaatan teknologi dalam isu geologi wilayah perdesaan.

Blockchain telah diterapkan secara luas untuk meningkatkan transparansi, efisiensi, dan akuntabilitas dalam rantai pasok. Sebagai contoh, penelitian menunjukkan bahwa blockchain dapat digunakan untuk melacak asal-usul produk secara real-time (Rashid et al., 2025). Teknologi ini memungkinkan konsumen memahami sumber bahan baku dan proses produksinya, mendukung keberlanjutan serta kepercayaan terhadap produk. Dalam sektor agrikultur, blockchain berperan penting dalam mengurangi limbah dan meningkatkan manajemen sumber daya (Thakur et al., 2020). Dalam tata kelola pertanahan nasional, blockchain berpotensi meningkatkan efisiensi dan integritas administrasi pertanahan. Dengan menyimpan data kepemilikan tanah dalam sistem yang aman dan transparan, blockchain membantu mengurangi sengketa agraria, meningkatkan kepercayaan publik, serta mendukung program digitalisasi pertanahan nasional. Selain itu, teknologi ini mempermudah integrasi data lintas sektor, seperti penggunaan tanah untuk agrikultur berkelanjutan, pembangunan infrastruktur hijau, dan pengelolaan sumber daya secara efisien. Transformasi

ini sejalan dengan konsep Society 5.0 yang mengutamakan teknologi canggih untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

Deep learning, sebagai bagian dari AI, telah digunakan untuk meningkatkan prediksi dan analisis dalam pengelolaan rantai pasok. Sistem berbasis deep learning mampu memproses data besar untuk mengidentifikasi pola yang relevan dalam manajemen logistik (Patel et al., 2023). Teknologi ini juga digunakan untuk mendukung deteksi dini perubahan lingkungan, seperti kebakaran lahan yang memengaruhi sumber daya perdesaan (Z. Fan et al., 2023). Pada isu tata kelola pertanahan nasional, teknologi deep learning dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan akurasi pemetaan lahan, mendeteksi konflik kepemilikan tanah, dan mengoptimalkan perencanaan penggunaan lahan berbasis data real-time. Dengan integrasi teknologi ini, pemerintah dapat mempercepat digitalisasi dokumen pertanahan, memantau perubahan tutupan lahan secara lebih efektif, dan mendukung kebijakan pembangunan berkelanjutan. Selain itu, kemampuan analitik dari deep learning dapat memberikan wawasan prediktif yang mendukung pengambilan keputusan strategis, terutama dalam mitigasi risiko lingkungan dan optimalisasi pemanfaatan tanah.

Pelestarian warisan budaya dan geologi di wilayah perdesaan mendapat manfaat signifikan dari penerapan teknologi blockchain dan deep learning. Blockchain digunakan untuk menyimpan data warisan budaya secara aman, mencegah pemalsuan informasi, dan memastikan keterlacakan yang transparan (Vacchio & Bifulco, 2022). Teknologi ini juga dapat mendukung pengelolaan informasi geologi, menjaga keakuratan data, dan mendorong efisiensi dalam pelestarian sumber daya alam. Dalam upaya peningkatan kualitas tata kelola pertanahan nasional, blockchain berperan dalam pencatatan hak atas tanah secara digital yang aman dan tidak dapat diubah, mengurangi konflik agraria, serta mendukung pelestarian lahan yang memiliki nilai budaya atau geologi. Deep learning turut membantu melalui analisis prediktif terhadap data geospasial, mempercepat proses pengambilan keputusan yang berbasis bukti. Pendekatan ini mendorong pembangunan berkelanjutan yang mengintegrasikan nilai budaya, ekologi, dan ekonomi secara seimbang.

Implikasi Praktis Strategi Bagi Tata Kelola Pertanahan Indonesia

Telaah literatur dari berbagai klaster memberikan landasan untuk menyusun implikasi praktis strategi tata kelola pertanahan di Indonesia. Pertama, digitalisasi harus menjadi prioritas utama dalam meningkatkan efisiensi dan transparansi tata kelola pertanahan. Teknologi seperti Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (AI), dan blockchain memungkinkan pemantauan kondisi lahan secara real-time, pengelolaan data berbasis bukti, dan pencegahan konflik agraria. Pemerintah perlu mempercepat pengembangan infrastruktur digital, khususnya di wilayah pedesaan, untuk mendukung implementasi teknologi ini, termasuk menyediakan subsidi dan pelatihan untuk meningkatkan adopsi oleh masyarakat. Kedua, integrasi ekonomi digital dan prinsip ekonomi sirkular menjadi peluang besar untuk optimalisasi pengelolaan sumber daya lahan. Prinsip daur ulang dan pemanfaatan kembali sumber daya dalam sektor agrikultur dapat mengurangi limbah, meningkatkan efisiensi, dan mendorong keberlanjutan. Kolaborasi antara sektor publik dan

swasta diperlukan untuk mengembangkan inovasi seperti bioenergi dari limbah pertanian yang tidak hanya mengurangi emisi karbon, tetapi juga mendorong transisi energi bersih.

Ketiga, pendekatan berbasis teknologi geospasial dan pembelajaran mesin dapat meningkatkan akurasi perencanaan tata ruang dan mitigasi risiko bencana. Dengan memanfaatkan citra penginderaan jauh dan analitik big data, pemerintah dapat memetakan potensi dan risiko penggunaan lahan dengan lebih presisi, mendukung kebijakan yang adaptif terhadap perubahan iklim. Selain itu, pemodelan 3D dan sistem informasi geografis (GIS) harus diterapkan dalam perencanaan perkotaan dan pedesaan untuk meminimalkan konflik penggunaan lahan dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan ruang. Keempat, inovasi manufaktur yang terintegrasi dengan tata kelola pertanahan menjadi katalis untuk menciptakan pembangunan berbasis inklusi. Pengembangan kawasan industri ramah lingkungan membutuhkan pendekatan yang seimbang antara produktivitas dan kelestarian lingkungan. Dengan memastikan kepastian hukum atas kepemilikan lahan melalui teknologi blockchain, akses masyarakat kecil terhadap modal dapat diperluas, mendukung pertumbuhan ekonomi yang inklusif.

Kelima, transformasi keuangan hijau memainkan peran penting dalam mendukung tata kelola pertanahan yang berkelanjutan. Pemerintah dapat mendorong investasi dalam teknologi ramah lingkungan melalui insentif fiskal, sementara sektor swasta didorong untuk berkolaborasi dalam pengembangan proyek-proyek keberlanjutan. Kombinasi ini dapat memperkuat transisi menuju penggunaan energi terbarukan dalam pertanian dan pembangunan infrastruktur hijau. Keenam, inovasi dalam kota cerdas harus mengintegrasikan teknologi digital untuk mendukung keberlanjutan tata kelola pertanahan. Penggunaan teknologi seperti Digital Twin dan otomatisasi berbasis AI dapat mempercepat proses perencanaan dan monitoring lahan perkotaan. Selain itu, pelibatan masyarakat melalui aplikasi digital dapat meningkatkan transparansi dan partisipasi publik dalam pengelolaan lahan.

Secara keseluruhan, tata kelola pertanahan di Indonesia memerlukan pendekatan holistik yang menggabungkan teknologi maju, kebijakan strategis, dan pemberdayaan masyarakat. Langkah ini tidak hanya meningkatkan efisiensi administrasi, tetapi juga mendukung keberlanjutan ekosistem dan pembangunan yang inklusif. Dengan implementasi yang tepat, Indonesia dapat menciptakan tata kelola pertanahan yang adaptif, inovatif, dan berkelanjutan untuk menghadapi tantangan global.

Kesimpulan

Implementasi teknologi maju, seperti IoT, kecerdasan buatan (AI), blockchain, dan digitalisasi, memainkan peran kunci dalam mendukung tata kelola pertanahan nasional yang efisien, transparan, dan berkelanjutan. Kontribusi orisinal dari penelitian ini terletak pada sintesis pertama yang secara eksplisit menghubungkan konsep Society 5.0 dengan tata kelola pertanahan di Indonesia melalui pendekatan bibliometrik yang dipadukan dengan kajian literatur. Analisis metadata menunjukkan tren publikasi yang meningkat pesat hingga 2023,

meskipun menurun pada 2024–2025, yang mencerminkan pentingnya strategi keberlanjutan untuk mempertahankan momentum penelitian Analisis bibliometrik menunjukkan bahwa penelitian dalam bidang tata kelola pertanahan memprioritaskan tema pembangunan berkelanjutan, inovasi teknologi, dan mitigasi perubahan iklim. Temuan menunjukkan bahwa tema utama yang dominan adalah pembangunan berkelanjutan, pengambilan keputusan berbasis data, dan digitalisasi, yang diperkaya dengan teknologi seperti Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (AI), dan blockchain. Teknologi digital menjadi elemen sentral dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan lahan, meminimalkan konflik, dan mendorong partisipasi publik. Hasil analisis tematik memetakan empat dimensi utama: lingkungan dan ekonomi, teknologi dan inovasi, keberlanjutan sosial, serta keberlanjutan dan kolaborasi lintas sektor. Integrasi teknologi geospasial, pembelajaran mesin, dan teknologi digital lainnya mendukung efisiensi dalam pemetaan lahan, pengambilan keputusan, dan mitigasi risiko bencana. Selain itu, penerapan ekonomi sirkular dan energi terbarukan, seperti bioenergi dari limbah pertanian, memperkuat ketahanan pangan dan keberlanjutan energi. Teknologi blockchain berperan penting dalam menciptakan transparansi dan efisiensi dalam tata kelola pertanahan. Sistem ini memungkinkan pencatatan kepemilikan lahan yang aman, mencegah konflik agraria, dan meningkatkan akses ke pembiayaan melalui jaminan aset tanah. Selain itu, pendekatan digital seperti drone, sistem informasi geografis (GIS), dan model 3D mengoptimalkan perencanaan ruang dan mitigasi konflik penggunaan lahan. Terdapat urgensi inovasi manufaktur dan pemberdayaan ekonomi dalam mendukung tata kelola lahan yang inklusif. Pendekatan ini relevan untuk memadukan inklusi ekonomi dengan keberlanjutan lingkungan. Integrasi teknologi maju dalam tata kelola pertanahan nasional sangat krusial untuk mendukung pembangunan berkelanjutan. Digitalisasi, inovasi teknologi, dan kolaborasi lintas sektor harus menjadi prioritas strategis. Pemerintah dan pemangku kepentingan perlu memastikan adopsi teknologi yang inklusif, mengatasi hambatan biaya, dan mempercepat pengembangan infrastruktur digital.

Penelitian ini menggunakan analisis bibliometrik dan kajian literatur untuk mengeksplorasi penerapan Society 5.0 dalam tata kelola pertanahan nasional guna mendukung pembangunan berkelanjutan. Namun, terdapat beberapa keterbatasan. Pertama, data bibliometrik yang digunakan terbatas pada sumber yang tersedia di basis data tertentu, sehingga hasilnya mungkin tidak mencakup semua literatur yang relevan. Kedua, analisis bersifat deskriptif dan tidak mencakup validasi empiris, seperti studi kasus atau wawancara dengan pemangku kepentingan. Ketiga, penelitian ini belum mendalam dalam mengidentifikasi kendala lokal yang spesifik terhadap adopsi teknologi, seperti tantangan sosial, budaya, atau infrastruktur di Indonesia. Akhirnya, model implementasi yang diusulkan lebih bersifat konseptual dan memerlukan uji coba praktis untuk memastikan efektivitasnya dalam konteks nyata. Penelitian selanjutnya perlu melakukan studi empiris dengan pendekatan multidisiplin, seperti analisis dampak sosial-ekonomi atau evaluasi kebijakan berbasis teknologi pada tata kelola pertanahan. Studi lapangan di berbagai wilayah Indonesia diperlukan untuk mengeksplorasi kendala lokal dan strategi adaptasi yang efektif. Selain itu,

pengembangan model simulasi atau pemodelan 3D yang terintegrasi dengan teknologi geospasial dan pembelajaran mesin dapat memperkaya analisis tata kelola lahan. Penelitian di masa depan juga sebaiknya mengeksplorasi pengaruh transformasi digital terhadap inklusivitas masyarakat pedesaan serta dampaknya terhadap ketahanan pangan dan mitigasi perubahan iklim. Pendekatan kolaboratif dengan sektor publik, swasta, dan masyarakat akan meningkatkan relevansi dan keberlanjutan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Aborujilah, A., Yatim, M. N. M., & Al-Othmani, A. (2021). Blockchain-based adoption framework for authentic land registry system in Malaysia. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 19(6), 2038–2049. <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v19i6.19276>
- Ahmad, S., Alatefi, M., Alkahtani, M., Anwar, S., Sharaf, M., & Abdollahian, M. (2019). Bibliometric analysis for process capability research. *Quality Technology and Quantitative Management*, 16(4), 459–477. <https://doi.org/10.1080/16843703.2018.1464426>
- Al-Ahmed, S. A., & Ahamed, T. (2024). AI × IoT: Increasing Agricultural Productivity of Crops, Orchards, and Livestock Management Using Smart Agricultural Space for Achieving SDGs. In *IoT and AI in Agriculture* (pp. 481–490). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-1263-2_29
- Amnuaylojaroen, T. (2023). Advancements in Downscaling Global Climate Model Temperature Data in Southeast Asia: A Machine Learning Approach. *Forecasting*, 6(1), 1–17. <https://doi.org/10.3390/forecast6010001>
- Anastasia, S., Nurohman, R., Zaidan, D. T. N., & Mubarok, A. (2024a). Implikasi Hukum Agraria terhadap Konflik Pertanahan Indonesia. *Arus Jurnal Sosial Dan Humaniora*, 4(2), 545–553.
- Anastasia, S., Nurohman, R., Zaidan, D. T. N., & Mubarok, A. (2024b). Implikasi Hukum Agraria terhadap Konflik Pertanahan Indonesia. *Arus Jurnal Sosial Dan Humaniora*, 4(2), 545–553.
- Andreeva, O. V, Kust, G. S., & Lobkovsky, V. A. (2022). Sustainable Land Management and Land Degradation Neutrality. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 92(3), 285–296. <https://doi.org/10.1134/S1019331622030066>
- Arru, B., Furesi, R., Pulina, P., Sau, P., & Madau, F. A. (2022). The Circular Economy in the Agri-food system: A Performance Measurement of European Countries. *Economia Agro-Alimentare*, 24(2). <https://doi.org/10.3280/ecag2022oa13245>
- Arruda, H., Silva, E. R., Lessa, M., Proença Jr., D., & Bartholo, R. (2022). VOSviewer and Bibliometrix. *Journal of the Medical Library Association*, 110(3), 392–395. <https://doi.org/10.5195/jmla.2022.1434>

- Atique, M., Htay, S. S., Mumtaz, M., Khan, N. U., & Altalbe, A. (2024). An analysis of E-governance in Pakistan from the lens of the Chinese governance model. *Heliyon*, 10(5), e27003. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27003>
- Azadi, H., Robinson, G., Barati, A. A., Goli, I., Moghaddam, S. M., Siamian, N., Várník, R., Tan, R., & Janečková, K. (2023). Smart Land Governance: Towards a Conceptual Framework. *Land*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/land12030600>
- Balas, M., Carrilho, J., & Lemmen, C. (2021). The fit for purpose land administration approach-connecting people, processes and technology in mozambique. *Land*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/land10080818>
- Bennett, R. M., Pickering, M., & Sargent, J. (2019). Transformations, transitions, or tall tales? A global review of the uptake and impact of NoSQL, blockchain, and big data analytics on the land administration sector. *Land Use Policy*, 83, 435–448. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.02.016>
- Bulińska-Stangrecka, H., & Bagieńska, A. (2021). Culture-based green workplace practices as a means of conserving energy and other natural resources in the manufacturing sector. *Energies*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/en14196305>
- Cai, Z., Song, G., & Li, W. (2024). Does digital economy promote urban land green use efficiency? *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05759-z>
- Cao, D., Li, J., Liu, G., & Mei, R. (2021). Can decentralization drive green innovation? A game theoretical analysis of manufacturer encroachment selection with consumer green awareness. *Processes*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/pr9060990>
- Cappellaro, F., D'Agosta, G., De Sabbata, P., Barroco, F., Carani, C., Borghetti, A., Lambertini, L., & Nucci, C. A. (2022). Implementing energy transition and SDGs targets throughout energy community schemes. *Journal of Urban Ecology*, 8(1). <https://doi.org/10.1093/jue/juac023>
- Casiano Flores, C., Tan, E., Buntinx, I., Cromptvoets, J., Stöcker, C., & Zevenbergen, J. (2020). Governance assessment of the UAVs implementation in Rwanda under the fit-for-purpose land administration approach. *Land Use Policy*, 99, 104725. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104725>
- Chanie Haile, D., Kebede Bizuneh, Y., Debele Bedhane, M., & Gelaw Mekonnen, A. (2024). Determinants of land management technology adoptions by rural households in the Goyrie watershed of southern Ethiopia: Multivariate probit modeling estimation. *Heliyon*, 10(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31894>
- Chhabra, V., Rajan, P., & Chopra, S. (2020). User acceptance of new technology in mandatory adoption scenario for food distribution in India. *International Journal on Food System Dynamics*, 11(2), 153–170.
- Chigbu, U. E., & Hayford, E. (2024). *Land Governance Requirements for Society 5.0* (pp. 87–112). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-7322-4.ch005>

- Choi, H. O. (2020). An evolutionary approach to technology innovation of cadastre for smart land management policy. *Land*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/land9020050>
- Cong, P., Zhang, D., & Yi, M. (2023). Application of ArcGIS 3D modeling technology in the study of land use policy decision making in China. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-47171-z>
- Dai, F. (2022). Analysis of Surveying and Mapping Method of Landownership and Environmental Resources Confirmation Based on GPS Technology. *Journal of Environmental and Public Health*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/8417692>
- Dai, Z.-Z., Chang, S., Zhu, Z.-Y., Duan, J.-J., Jiang, T.-Y., Wu, W.-Q., Feng, Y.-Z., Yang, G.-H., & Wang, X. (2024). Assessment and Multiscenario Simulation of Land Use and Ecosystem Services Interactions in Inner Mongolia. *Land Degradation and Development*, 35(18), 5611–5625. <https://doi.org/10.1002/ldr.5319>
- Ding, T., Yang, J., Wu, H., & Liang, L. (2022). Land use efficiency and technology gaps of urban agglomerations in China: An extended non-radial meta-frontier approach. *Socio-Economic Planning Sciences*, 79. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2021.101090>
- Dou, F., Li, X., Xing, H., Yuan, F., & Ge, W. (2021). 3D geological suitability evaluation for urban underground space development – A case study of Qianjiang Newtown in Hangzhou, Eastern China. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 115, 104052. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2021.104052>
- Drine, I. (2012). Institutions, governance and technology catch-up in North Africa. *Economic Modelling*, 29(6), 2155–2162. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.05.038>
- Dubey, P., Dubey, P., Agrawal, P. K., Chourasia, H., Nayak, M., & Gehani, H. (2023). Bibliometric Analysis of Data Science Research: A Decade of Insights from Web of Science. *Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Smart Technologies in Computing, Electrical and Electronics, ICSTCEE 2023*. <https://doi.org/10.1109/ICSTCEE60504.2023.10585030>
- ElObeidy, A. A. (2010). Towards bridging the technology gap in the Arab region. *International Journal of Technology, Policy and Management*, 10(3), 239. <https://doi.org/10.1504/IJTPM.2010.034512>
- Fan, P. (2024). GPS POSITIONING: A STUDY ON THE APPLICATION TO LAND SURVEYING AND MAPPING. *International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics*, 2024(15), 23–27. <https://doi.org/10.17683/ijomam/issue15.3>
- Fan, X., Zhang, W., Chen, W., & Chen, B. (2020). Land–water–energy nexus in agricultural management for greenhouse gas mitigation. *Applied Energy*, 265. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114796>
- Fan, Z., Yan, Z., & Wen, S. (2023). Deep Learning and Artificial Intelligence in Sustainability: A Review of SDGs, Renewable Energy, and Environmental Health. *Sustainability (Switzerland)*, 15(18). <https://doi.org/10.3390/su151813493>

- Feng, X., Zhou, D., & Hussain, T. (2024). An investigation of fintech governance, natural resources and government stability on sustainability: Policy suggestions under the SDGs theme. *Resources Policy*, 96. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105184>
- Fontes, C., Carpentras, D., & Mahajan, S. (2024). Human digital twins unlocking Society 5.0? Approaches, emerging risks and disruptions. *Ethics and Information Technology*, 26(3). <https://doi.org/10.1007/s10676-024-09787-1>
- Fróna, D., & Szenderák, J. (2024). Digitalization and digital technologies: The obstacles to adaptation among Hungarian farmers. *Equilibrium. Quarterly Journal of Economics and Economic Policy*, 19(3), 1075–1110. <https://doi.org/10.24136/eq.3237>
- Fukuyama, M. (2018). Society 5.0: Aiming for a new human-centered society. *Japan Spotlight*, 27(5), 47–50.
- Gao, F., & He, Z. (2024). Digital economy, land resource misallocation and urban carbon emissions in Chinese resource-based cities. *Resources Policy*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104914>
- Guleria, D., & Kaur, G. (2021). Bibliometric analysis of ecopreneurship using VOSviewer and RStudio Bibliometrix, 1989–2019. *Library Hi Tech*, 39(4), 1001–1024. <https://doi.org/10.1108/LHT-09-2020-0218>
- Haddow, G. (2018). Bibliometric research. In *Research Methods: Information, Systems, and Contexts: Second Edition* (pp. 241–266). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102220-7.00010-8>
- Haris, M. T. A. R., Sudirman, L., & Girsang, J. (2024). Urgensi Pembentukan Peradilan Khusus Pertanahan Terhadap Sengketa Pertanahan di Indonesia. *Morality: Jurnal Ilmu Hukum*, 10(1), 91–106.
- Home, R. (2021). History and prospects for african land governance: institutions, technology and ‘land rights for all.’ *Land*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/land10030292>
- Huan, Y., & Zhu, X. (2023). Interactions among sustainable development goal 15 (life on land) and other sustainable development goals: Knowledge for identifying global conservation actions. *Sustainable Development*, 31(1), 321–333. <https://doi.org/10.1002/sd.2394>
- Israel, D., & Tiwari, R. (2011). Empirical study of factors influencing acceptance of e-government services in India. *Proceedings of the 5th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*, 141–146. <https://doi.org/10.1145/2072069.2072093>
- Jin, T., Liang, F., Dong, X., & Cao, X. (2023). Research on land resource management integrated with support vector machine —Based on the perspective of green innovation. *Resources Policy*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104180>
- Kaldybekov, A., Bektanov, B., & Rsymbetov, B. (2020). Features of pasture land management and monitoring using remote sensing materials. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 11(5), 1269–1276. [https://doi.org/10.14505/jemt.v11.5\(45\).24](https://doi.org/10.14505/jemt.v11.5(45).24)

- Kane, T., Clatterbuck, W. K., Merry, K., Lee, T., & Bettinger, P. (2024). Technology to Assist Land Management: User Satisfaction with an Online Forest Management System. *Land*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/land13081247>
- Konsorsium Pembaruan Agraria. (2024). *Konflik Agraria di Indonesia Tertinggi dari Enam Negara Asia - Konsorsium Pembaruan Agraria - KPA*. <https://www.kpa.or.id/2024/02/27/konflik-agraria-di-indonesia-tertinggi-dari-enam-negara-asia/>
- Kwilinski, A., Lyulyov, O., & Pimonenko, T. (2023). The Effects of Urbanisation on Green Growth within Sustainable Development Goals. *Land*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/land12020511>
- Lähtinen, K., Kanninen, V., Bäcklund, P., Häyrynen, L., Koskivaara, A., & Malm, N. (2024). Land-use policy instruments for sustainable housing: insights from municipality planners in Finland. *Urban, Planning and Transport Research*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/21650020.2024.2319714>
- Lee, C.-C., Zeng, M., & Luo, K. (2023). Food security and digital economy in China: A pathway towards sustainable development. *Economic Analysis and Policy*, 78, 1106–1125. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eap.2023.05.003>
- Li, Y., You, X., Sun, X., & Chen, J. (2024). Dynamic assessment and pathway optimization of agricultural modernization in China under the sustainability framework: An empirical study based on dynamic QCA analysis. *Journal of Cleaner Production*, 479. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.144072>
- Liu, C., Zhang, Z., & Zhang, S. (2023). Smart Initiatives for Land Resource Management: Perspectives and Practices from China. *Journal of Urban Technology*, 30(1), 3–21. <https://doi.org/10.1080/10630732.2020.1813539>
- Lozano, S., Calzada-Infante, L., Adenso-Díaz, B., & García, S. (2019). Complex network analysis of keywords co-occurrence in the recent efficiency analysis literature. *Scientometrics*, 120(2), 609–629. <https://doi.org/10.1007/s11192-019-03132-w>
- Manakane, S. E., Latue, P. C., & Rakuasa, H. (2023). Integrating Geospatial Technology in Learning: An Innovation to Improve Understanding of Geography Concepts. *Sinergi International Journal of Education*, 1(2), 60–74. <https://doi.org/10.61194/EDUCATION.V1i2.70>
- Mayarni, M., Syahza, A., Siregar, S. H., Khoiri, A., Hariyani, E., Nasution, M. S., & Sulistyani, A. (2023). The influence of community economic development and peat area governance on Society 5.0. *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, 7(2), 1843. <https://doi.org/10.24294/jipd.v7i2.1843>
- Mohsin, M., & Jamaani, F. (2023). Unfolding impact of natural resources, economic growth, and energy nexus on the sustainable environment: Guidelines for green finance goals in 10 Asian countries. *Resources Policy*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.104238>

- Mondal, S., Singh, S., & Gupta, H. (2023). Green entrepreneurship and digitalization enabling the circular economy through sustainable waste management - An exploratory study of emerging economy. *Journal of Cleaner Production*, 422. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138433>
- Mongeon, P., & Paul-Hus, A. (2016). The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. *Scientometrics*, 106(1), 213–228. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1765-5>
- Mukherjee, D., Lim, W. M., Kumar, S., & Donthu, N. (2022). Guidelines for advancing theory and practice through bibliometric research. *Journal of Business Research*, 148, 101–115. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.04.042>
- Munziri, C. P., Mufid, F., Syahrizal, S., & Setiawan, E. (2024). Analisis Analisis Perkembangan Politik Hukum Agraria/Pertanahan Pada Era Orde Baru di Indonesia. *Jurnal Perspektif Administrasi Dan Bisnis*, 5(1), 51–60.
- Nurahmani, A. (2023). Revitalisasi Kebijakan Reforma Agriaria Dalam Rangka Penguatan Hak Perekonomian Rakyat. *Majalah Hukum Nasional*, 53(2), 296–320.
- Nurdin, M. (2018). Akar Konflik Pertanahan di Indonesia. *Jurnal Hukum Positum*, 3(2), 126–141.
- Nzyoka, J., Minang, P. A., Wainaina, P., Duguma, L., Manda, L., & Temu, E. (2021). Landscape governance and sustainable land restoration: Evidence from Shinyanga, Tanzania. *Sustainability (Switzerland)*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/su13147730>
- Opitz, R., De Smedt, P., Mayoral-Herrera, V., Campana, S., Vieri, M., Baldwin, E., Perna, C., Sarri, D., & Verhegge, J. (2023). Practicing Critical Zone Observation in Agricultural Landscapes: Communities, Technology, Environment and Archaeology. *Land*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/land12010179>
- Oukes, P., Andel, M. van, Folmer, E., Bennett, R., & Lemmen, C. (2021). Domain-Driven Design applied to land administration system development: Lessons from the Netherlands. *Land Use Policy*, 104, 105379. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105379>
- Page, M. J., Moher, D., & McKenzie, J. E. (2022). Introduction to PRISMA 2020 and implications for research synthesis methodologists. *Research Synthesis Methods*, 13(2), 156–163. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jrsm.1535>
- Pak, D. N. B., Kırılöğlu, O. S., Kayalık, M., & Polat, Z. A. (2023). The transformation from e-government to e-land administration in Türkiye: A SWOT-based assessment analysis. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 8(3), 290–300. <https://doi.org/10.26833/ijeg.1152715>
- Park, J., Choi, W., Jeong, T., & Seo, J. (2023). Digital twins and land management in South Korea. *Land Use Policy*, 124, 106442. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106442>
- Patel, A., Kethavath, A., Kushwaha, N. L., Naorem, A., Jagadale, M., Sheetal, K. R., & Renjith, P. S. (2023). Review of artificial intelligence and internet of things technologies in land and water management research during 1991–2021: A bibliometric analysis.

- Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 123. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106335>
- Prathap, G. (2017). A three-dimensional bibliometric evaluation of recent research in India. *Scientometrics*, 110(3), 1085–1097. <https://doi.org/10.1007/s11192-016-2181-1>
- Qu, X., Zhou, W., He, J., & Xu, D. (2023). Land Certification, Adjustment Experience, and Green Production Technology Acceptance of Farmers: Evidence from Sichuan Province, China. *Land*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/land12040848>
- Rashid, M. R. A., Rafi, A. A., Islam, M. A., Sharkar, S. U., Rafi, Z. H., Hasan, M., Ali, M. S., & Khan, M. S. H. (2025). Enhancing land management policy in Bangladesh: A blockchain-based framework for transparent and efficient land management. *Land Use Policy*, 150. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2024.107436>
- Rethlefsen, M. L., & Page, M. J. (2022). PRISMA 2020 and PRISMA-S: common questions on tracking records and the flow diagram. *Journal of the Medical Library Association*, 110(2), 253–257. <https://doi.org/10.5195/jmla.2022.1449>
- Sadiq, S. M., Singh, I. P., Ahmad, M. M., & Usman, U. N. (2023). *Society 5.0: The Game Changer for Achieving SDGs and the Green New Deal* (pp. 17–51). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-0338-2.ch002>
- Soria, K. Y., Palacios, M. R., & Morales Gomez, C. A. (2020). Governance and policy limitations for sustainable urban land planning. The case of Mexico. *Journal of Environmental Management*, 259. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109575>
- Soubry, I., Doan, T., Chu, T., & Guo, X. (2021). A Systematic Review on the Integration of Remote Sensing and GIS to Forest and Grassland Ecosystem Health Attributes, Indicators, and Measures. *Remote Sensing*, 13(16), 3262. <https://doi.org/10.3390/rs13163262>
- Sulistio, M. (2020). Politik Hukum Pertanahan Di Indonesia. *Jurnal Education and Development*, 8(2), 105.
- Thakur, V., Doja, M. N., Dwivedi, Y. K., Ahmad, T., & Khadanga, G. (2020). Land records on Blockchain for implementation of Land Titling in India. *International Journal of Information Management*, 52. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.04.013>
- Tuleyeva, D., Shaimerdenova, A., Tesalovsky, A., Leontyev, V., Turutina, T., Shoykin, O., Gorovoy, S., & Dmitrieva, O. (2024). GIS TECHNOLOGY ROLE IN THE MANAGEMENT OF ARABLE LANDS IN KAZAKHSTAN. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*, 56(6), 2441–2450. <https://doi.org/10.54910/sabrao2024.56.6.25>
- Vacchio, E. Del, & Bifulco, F. (2022). Blockchain in Cultural Heritage: Insights from Literature Review. *Sustainability*, 14(4), 2324. <https://doi.org/10.3390/su14042324>
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2022). VOSviewer Manual. In *Manual for VOSviewer version 1*. (Vol. 1, Issue 0). Universiteit Leiden. vosviewer.com/documentation/Manual_VOSviewer_1.6.18.pdf
- Van Son, R., Jaw, S. W., Yan, J., Khoo, V., Loo, R., Teo, S., & Schrotter, G. (2018). A framework for reliable three-dimensional underground utility mapping for urban planning. *The*

International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 42, 209–214.

- Wang, X., Zhao, H., Qian, J., Li, X., Cao, C., Feng, Z., & Cui, Y. (2024). Sustainable Land Use Diagnosis Based on the Perspective of Coupling Socioeconomy and Ecology in the Xiongan New Area, China. *Land*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/land13010092>
- Wong, D. (2018). VOSviewer. *Technical Services Quarterly*, 35(2), 219–220. <https://doi.org/10.1080/07317131.2018.1425352>
- Xia, H., Liu, Z., Efremochkina, M., Liu, X., & Lin, C. (2022). Study on city digital twin technologies for sustainable smart city design: A review and bibliometric analysis of geographic information system and building information modeling integration. *Sustainable Cities and Society*, 84, 104009. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104009>
- Xu, J., Barrett, B., & Renaud, F. G. (2022). Ecosystem services and disservices in the Luanhe River Basin in China under past, current and future land uses: implications for the sustainable development goals. *Sustainability Science*, 17(4), 1347–1364. <https://doi.org/10.1007/s11625-021-01078-8>
- Yan, J., Van Son, R., & Soon, K. H. (2021). From underground utility survey to land administration: An underground utility 3D data model. *Land Use Policy*, 102, 105267. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105267>
- Youssef, A. M., Mahdi, A. M., Al-Katheri, M. M., Pouyan, S., & Pourghasemi, H. R. (2023). Multi-hazards (landslides, floods, and gully erosion) modeling and mapping using machine learning algorithms. *Journal of African Earth Sciences*, 197, 104788. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2022.104788>
- Yu, X., Sheng, G., Sun, D., & He, R. (2024). Effect of digital multimedia on the adoption of agricultural green production technology among farmers in Liaoning Province, China. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-64049-w>
- Zeng, H., Chen, J., & Gao, Q. (2024). The Impact of Digital Technology Use on Farmers' Land Transfer-In: Empirical Evidence from Jiangsu, China. *Agriculture (Switzerland)*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/agriculture14010089>
- Zhang, J., Yong, H., & Lv, N. (2023). Balancing Productivity and Sustainability: Insights into Cultivated Land Use Efficiency in Arid Region of Northwest China. *Journal of the Knowledge Economy*. <https://doi.org/10.1007/s13132-023-01652-8>
- Zhang, X., Huang, J., & Ning, T. (2023). Progress and Prospect of Cultivated Land Extraction from High-Resolution Remote Sensing Images. *Wuhan Daxue Xuebao (Xinxi Kexue Ban)/Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 48(10), 1582–1590. <https://doi.org/10.13203/j.whugis20230114>
- Zhao, Y., Peng, S., Zhang, Q., Wang, Y., Gong, C., & Lu, X. (2024). Land Finance, Local Government Debt and Economic Green Transformation. *Land*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/land13070975>
- Zhen, T., & Rahman, M. M. (2024). Greening Emerging Economies: Enhancing Environmental, Social, and Governance Performance through Environmental Management Accounting

and Green Financing. *Sustainability* (Switzerland), 16(11).
<https://doi.org/10.3390/su16114753>