



PERKEMBANGAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE* (AI) DALAM PEMECAHAN MASALAH LINGKUNGAN DAN PENDIDIKAN: A SYSTEMATIC REVIEW

Indri Shaheda^{1(*)}, Nursida Arif², Eko Budiyo³, Nofriansyah⁴

Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia¹²³

Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia⁴

indrishaheda.2024@student.uny.ac.id¹, nursida.arif@uny.ac.id², ekobudiyo@uny.ac.id³,
nofriansyah10@upi.edu⁴

Abstract

Received: 30 Agustus 2025
Revised: 28 Oktober 2025
Accepted: 29 Oktober 2025

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif dengan metode bibliometrik untuk menganalisis tren publikasi terkait kecerdasan buatan (AI) dan permasalahan lingkungan selama periode 2009-2024. Proses pengumpulan data dilakukan melalui empat tahap utama, yaitu: (1) Identifikasi, (2) Penyaringan, (3) Kelayakan, dan (4) Inklusi. Dari total 905 artikel yang dianalisis menggunakan perangkat lunak VosViewer, data kemudian dianalisis dengan menggunakan bagan PICO yang terdiri dari: 1) Populasi, 2) Intervensi, 3) Perbandingan, dan 4) Hasil. Temuan penelitian ini mengungkapkan adanya peningkatan signifikan dalam jumlah publikasi mengenai AI dan isu lingkungan dalam 15 tahun terakhir, dengan dominasi kontribusi dari negara-negara di kawasan Asia, khususnya Tiongkok dan Iran. Bidang kajian yang paling banyak berkontribusi dalam topik ini meliputi ilmu komputer, teknik, dan ilmu lingkungan, yang menunjukkan bahwa penerapan AI dalam bidang ini bersifat multidisipliner. AI berperan penting dalam mitigasi bencana, konservasi sumber daya alam, dan pengelolaan keberlanjutan. Implikasi dari penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi AI sangat penting dalam pendidikan, terutama dalam memperkuat kemampuan analisis spasial, pengambilan keputusan berbasis data, dan literasi teknologi terkait lingkungan.

Keywords: *Artificial Intelligence*; Bibliometric; Lingkungan; Pendidikan

(*) Corresponding Author: Shaheda, indrishaheda.2024@student.uny.ac.id

How to Cite: Shaheda, I., Arif, N., Budiyo, E., & Nofriansyah, N. (2025). PERKEMBANGAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE* (AI) DALAM PEMECAHAN MASALAH LINGKUNGAN DAN PENDIDIKAN: A SYSTEMATIC REVIEW. *Research and Development Journal of Education*, 11(2), 1337-1347.

INTRODUCTION

Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan *Artificial Intelligence* (AI) dengan ilmu lingkungan telah menghasilkan kemajuan signifikan dalam pemantauan lingkungan dan analisis data. Teknologi ini menawarkan kekuatan dan alat yang berguna untuk mengatasi tantangan lingkungan yang kompleks dengan memungkinkan lebih banyak tindakan prediksi kurator, pemantauan waktu nyata, dan kemampuan untuk menganalisis kumpulan data besar yang tidak dapat dikelola secara efisien oleh metode tradisional (Athanasoulas, 2024; Riyadi et al., 2025).

Tantangan lingkungan seperti perubahan iklim, penggundulan hutan polusi laut, dan hilangnya keanekaragaman hayati merupakan ancaman signifikan terhadap ekosistem global dan kesehatan manusia. Perkebunan sebagai pendorong utama keanekaragaman hayati menciptakan kerugian dan emisi karbon juga telah dipantau secara ekstensif

menggunakan model AI yang menganalisis citra satelit telah mendeteksi aktivitas penebangan liar secara real-time (Ren et al., 2024). AI telah digunakan untuk memodelkan dampak perubahan iklim seperti kenaikan suhu global, meningkatnya frekuensi cuaca ekstrem, juga kenaikan muka air laut yang mengancam populasi dan ekosistem pesisir (Zhong, 2021).

Tantangan lingkungan ini menyoroti kebutuhan mendesak akan solusi inovatif, dan teknik AI menyediakan layanan yang otomatis, efisien, dan terukur untuk penanganan solusi, misalnya, model AI dapat memproses volume data besar dari sumber seperti citra satelit, sensor jaringan, dan kumpulan data historis, menawarkan wawasan yang sebelumnya tidak diketahui. Selain itu, melalui aplikasi AI dalam identifikasi spesies otomatis dan pemantauan ekosistem menyediakan data penting untuk upaya konservasi (Rana et al. 2023).

Rasional untuk studi ini bermula dari semakin banyaknya literatur yang menunjukkan potensi transformatif AI dalam mengatasi tantangan lingkungan yang kompleks ini. Tujuan utama studi ini adalah melakukan analisis bibliometrik terhadap penelitian tentang teknik AI dalam pemantauan lingkungan dan analisis data dengan tujuan spesifik: (1) mengidentifikasi dan menganalisis tren utama dalam publikasi artikel penelitian terkait AI dalam pemantauan lingkungan, (2) mengidentifikasi distribusi geografis negara dan wilayah terkemuka yang berkontribusi pada bidang ini, (3) memetakan jaringan kolaborasi guna memahami dinamika pola kemitraan penelitian, (4) analisis kata kunci untuk mengidentifikasi istilah yang paling sering digunakan dan topik yang sedang berkembang dalam literatur. Hal ini akan membantu dalam memahami area fokus dan perkembangan tema penelitian dari waktu ke waktu, (5) membahas implikasi temuan untuk penelitian dan praktik pemantauan lingkungan di masa mendatang.

Mengingat kemajuan pesat dan meningkatnya volume penelitian di bidang ini, maka sangat penting untuk secara sistematis menganalisis literatur yang ada untuk mengidentifikasi tren, kesenjangan, dan arah masa depan. Analisis bibliometrik, yang melibatkan penilaian kuantitatif literatur akademis, menyediakan metodologi yang kuat untuk mencapai tujuan ini. Dengan memeriksa pola publikasi, jaringan kutipan, dan tren kata kunci, kita dapat memperoleh pemahaman yang komprehensif tentang lanskap penelitian dan kontribusi berbagai peneliti, lembaga, dan negara.

METHODS

Untuk analisis bibliometrik ini, Scopus dipilih sebagai sumber data utama karena memiliki cakupan yang komprehensif. Rata-rata literatur yang ditinjau sejawat di berbagai disiplin ilmu, termasuk ilmu pendidikan geografi, ilmu lingkungan, dan ilmu komputer. Scopus terkenal dengan database nya yang luas, yang mengindikasikan berbagai jurnal prosiding konferensi, dan bahan-bahan ilmiah lainnya, sehingga ideal untuk studi bibliometrik yang terperinci. Untuk memastikan dalam tinjauan literatur yang komprehensif, kami menggunakan kata kunci pencarian yang dirancang untuk menangkap makalah pada Domain AI dan pemantauan lingkungan/analisis data. Kata kunci ini dibuat untuk menyertakan makalah yang ditulis menyebutkan kecerdasan buatan, pembelajaran mesin, atau istilah terkait, serta makalah yang berfokus pada kecerdasan buatan, pemantauan perkembangan Geografi atau untuk analisis data, tanpa mengharuskan kedua topik muncul bersama dalam judul, abstrak, atau kata kunci

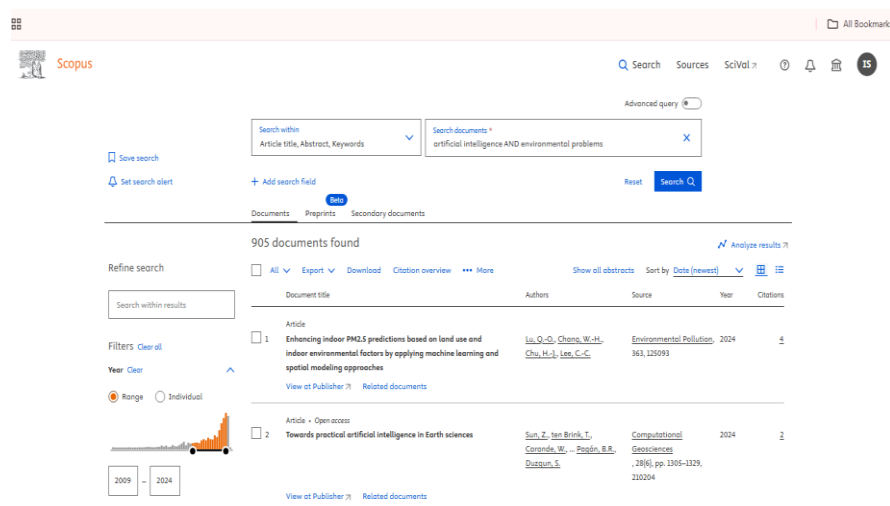
Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif menggunakan metode bibliometric dengan Pengumpulan data dilakukan melalui 4 tahap: (1) identifikasi: dimana tema dimasukkan dalam bentuk kata kunci di Scopus untuk mendapatkan penelitian yang

relevan, data yang di dapat masih bersifat umum dari tahun 2009 – 2024; (2) penyaringan: dilakukan dengan melihat data penelitian dari tahun 2009 – 2024 atau sekitar 15 tahun terakhir. Pada tahap ini data akan dipersempit pada penelitian dalam bentuk artikel dan conference paper serta penelitian dalam bidang geografi; (3) kelayakan: dilakukan dengan memeriksa judul, abstrak dan kata kunci. Penelitian dibatasi pada bidang *Artificial Intelligence* (AI) and Environmental Problems; (4) Inklusi: data yang diperoleh kemudian menjadi data akhir yang akan diikutsertakan menggunakan perangkat lunak VosViewer. Proses bibliometric digambarkan dalam bentuk VosViewer akan dianalisis menggunakan bagan PICO yaitu : (1) population, yaitu fokus pada area penelitian tersebar di wilayah/negara mana saja; (2) intervention, yaitu keberhasilan penelitian yang dilakukan.; (3) comparation, tipe AI dan masalah lingkungan yang ada dalam artikel; (4) outcome, kesimpulan secara region untuk masukan di penelitian selanjutnya.

RESULTS & DISCUSSION

Results

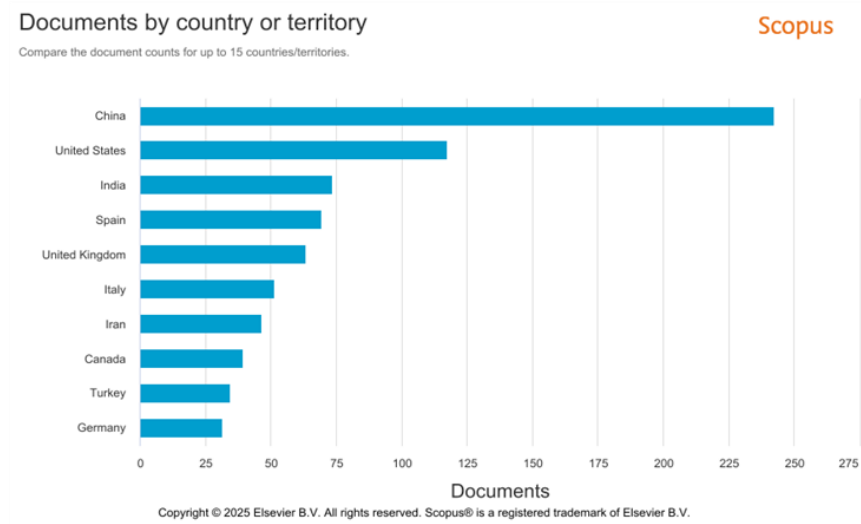
Tren Publikasi Umum



Gambar 1.
Jumlah Data Hasil Inklusi Scopus
Sumber: Hasil Analisis Scopus (2025)

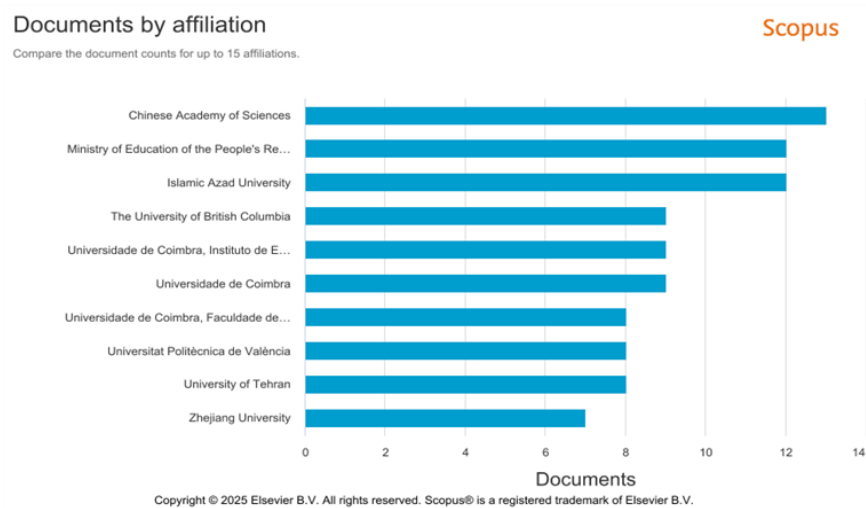
Berdasarkan hasil identifikasi hingga tahap inklusi, tren publikasi mengenai “*Artificial Intelligence* and Environmental Problems” menunjukkan perkembangan yang cukup signifikan dalam kurun waktu 2009–2024. Pada tahap awal identifikasi ditemukan sebanyak 3.339 artikel yang menunjukkan bahwa topik ini telah menarik perhatian luas di berbagai bidang ilmu. Setelah dilakukan penyaringan berdasarkan jenis dokumen dan bidang kajian, jumlah publikasi yang relevan menyempit menjadi 2.656 artikel, menandakan fokus penelitian yang lebih spesifik pada bidang geografi dan lingkungan. Selanjutnya, tahap kelayakan yang meninjau kesesuaian judul, abstrak, dan kata kunci menghasilkan 905 artikel yang benar-benar relevan dengan tema AI dan permasalahan lingkungan. Data akhir ini menjadi dasar untuk analisis lebih lanjut menggunakan

perangkat lunak VOSviewer, yang secara umum mencerminkan bahwa penelitian di bidang ini mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, sejalan dengan meningkatnya peran kecerdasan buatan dalam mendukung solusi terhadap isu-isu lingkungan global.



Gambar 2.
Persebaran Artikel Berdasarkan Negara
Sumber: Hasil Analisis Scopus (2025)

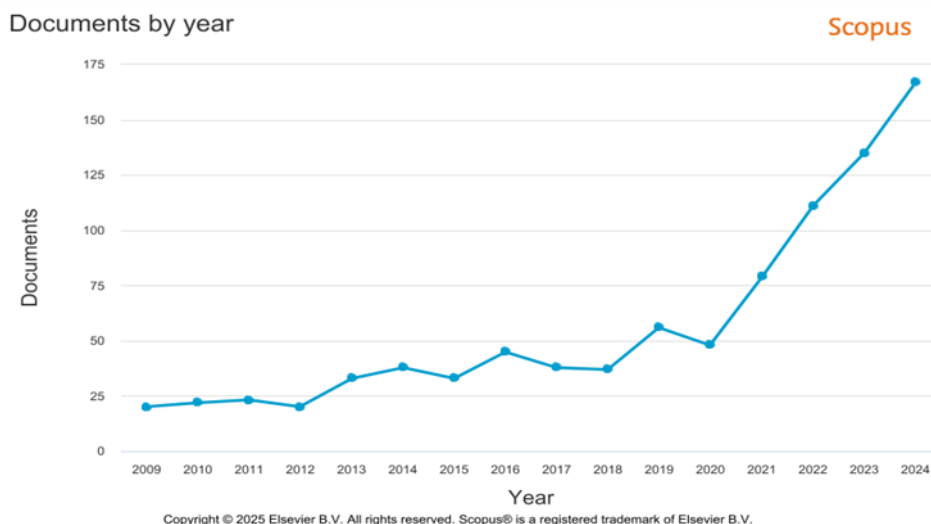
Berdasarkan fokus area penelitian berikut persebaran 10 penulisan negara terbanyak yakni terdapat di Negara Cina sebanyak 829 artikel, India 432 artikel, Amerika Serikat 406 artikel, Inggris 179 artikel, Spanyol sebanyak 155 artikel, Itali sebanyak 150 artikel, Jerman 113 artikel, Australia 112 artikel, Canada 105 artikel dan Iran sebanyak 100 artikel. Selain 10 negara diatas masih ada beberapa lainnya seperti Rusia, Korea Selatan, Arab Saudi, Brazil, Jepang, Polandia, Mesir, Mexico, dan Belanda dimana dari semua benua.



Gambar 3.
Persebaran Artikel Berdasarkan Lembaga Penerbit
Sumber: Hasil Analisis Scopus (2025)

Berdasarkan hasil analisis data Scopus pada topik “*Artificial Intelligence and Environmental Problems*”, grafik Documents by Affiliation menunjukkan bahwa kontribusi penelitian terbesar berasal dari Chinese Academy of Sciences, disusul oleh Ministry of Education of the People’s Republic of China, dan Islamic Azad University. Hal ini menunjukkan bahwa Tiongkok memiliki dominasi yang kuat dalam penelitian yang mengaitkan kecerdasan buatan dengan isu lingkungan, baik melalui lembaga penelitian maupun dukungan langsung dari kementerian pendidikan. Dominasi ini mencerminkan strategi nasional Tiongkok dalam mengintegrasikan teknologi canggih untuk mendukung pembangunan berkelanjutan dan mitigasi dampak perubahan iklim. Selain itu, partisipasi universitas dari Iran seperti Islamic Azad University dan University of Tehran juga menunjukkan peningkatan perhatian terhadap pemanfaatan AI untuk mengatasi tantangan lingkungan di kawasan Timur Tengah.

Kontribusi lembaga pendidikan dari kawasan lain seperti The University of British Columbia (Kanada), Universidade de Coimbra (Portugal), Universitat Politècnica de València (Spanyol), dan Zhejiang University (Tiongkok) menunjukkan bahwa penelitian tentang AI dan lingkungan bersifat global serta lintas disiplin. Keberagaman afiliasi ini menggambarkan kolaborasi ilmiah internasional yang semakin kuat, di mana lembaga pendidikan dan riset dari berbagai negara berperan aktif dalam mengembangkan solusi cerdas terhadap permasalahan lingkungan. Secara keseluruhan, tren ini menegaskan bahwa topik integrasi kecerdasan buatan dalam bidang lingkungan telah menjadi fokus riset global yang penting, dengan kontribusi yang merata dari berbagai kawasan dunia, khususnya Asia dan Eropa.

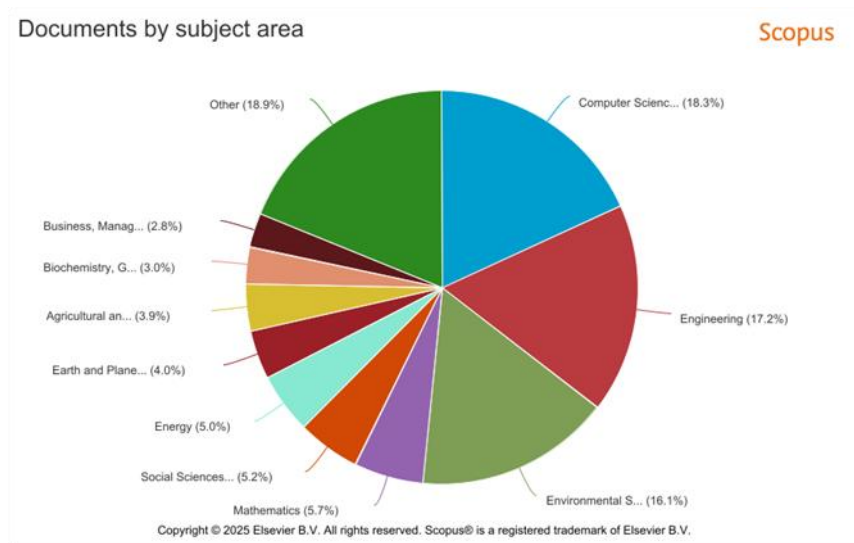


Gambar 4.
Keberhasilan Penelitian 15 Tahun Terakhir
Sumber: Hasil Analisis Scopus (2025)

Berdasarkan grafik Documents by Year dari data Scopus pada topik “*Artificial Intelligence and Environmental Problems*”, terlihat adanya peningkatan yang signifikan dalam jumlah publikasi dari tahun 2009 hingga 2024. Pada periode awal (2009–2016), jumlah publikasi masih relatif rendah dan fluktuatif, dengan kisaran antara 20 hingga 45 dokumen per tahun. Hal ini menunjukkan bahwa pada masa tersebut, penggunaan kecerdasan buatan dalam konteks permasalahan lingkungan masih berada pada tahap awal pengembangan dan belum menjadi fokus utama penelitian global. Namun, mulai

tahun 2018 terjadi peningkatan yang lebih konsisten, yang kemudian melonjak tajam sejak tahun 2021. Penelitian kini menekankan pentingnya kolaborasi interdisipliner dan penerapan praktis teknologi ini.

Kenaikan drastis yang terlihat setelah tahun 2020 hingga mencapai puncaknya pada tahun 2024 dengan lebih dari 170 publikasi menunjukkan adanya lonjakan perhatian akademik dan praktis terhadap integrasi AI dalam pemecahan isu-isu lingkungan. Peningkatan ini kemungkinan dipicu oleh perkembangan teknologi machine learning, big data, dan remote sensing, serta meningkatnya urgensi global terhadap perubahan iklim dan keberlanjutan lingkungan. Secara keseluruhan, tren ini mencerminkan bahwa dalam satu dekade terakhir, penelitian mengenai kecerdasan buatan untuk solusi lingkungan telah mengalami akselerasi pesat dan menjadi salah satu bidang interdisipliner yang paling berkembang di era transformasi digital dan krisis ekologi global.



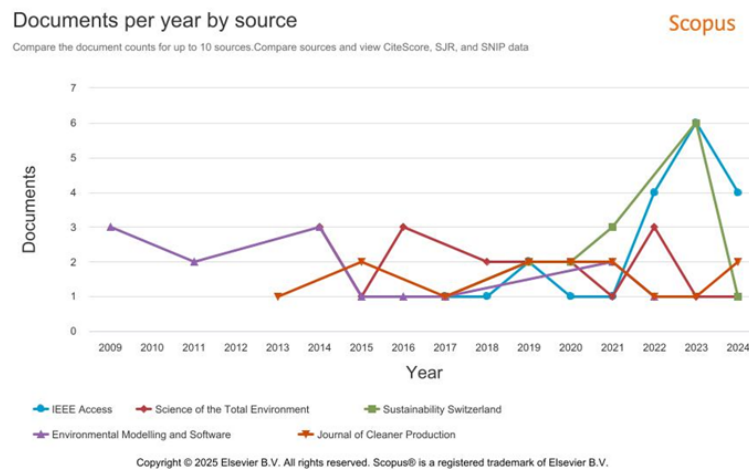
Gambar 5.
Subject Area

Sumber: Hasil Analisis Scopus (2025)

Berdasarkan grafik Documents by Subject Area dari data Scopus mengenai topik “*Artificial Intelligence and Environmental Problems*”, dapat diketahui bahwa penelitian pada bidang ini bersifat multidisipliner, dengan kontribusi terbesar berasal dari ilmu komputer (18,3%), teknik atau engineering (17,2%), dan ilmu lingkungan (16,1%). Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan dan penerapan kecerdasan buatan dalam konteks permasalahan lingkungan sangat bergantung pada kolaborasi antara aspek teknologi, rekayasa sistem, serta pemahaman ilmiah terhadap isu lingkungan. Dominasi tiga bidang ini mencerminkan bahwa AI tidak hanya digunakan untuk komputasi data, tetapi juga untuk perancangan solusi teknis dan pemodelan lingkungan yang kompleks.

Selain itu, bidang lain seperti matematika (5,7%), ilmu sosial (5,2%), energi (5,0%), serta ilmu kebumih dan planet (4,0%) juga berkontribusi secara signifikan, menandakan pendekatan lintas disiplin dalam memahami dan menyelesaikan masalah lingkungan menggunakan AI. Disiplin seperti pertanian (3,9%), biokimia dan genetika (3,0%), serta bisnis dan manajemen (2,8%) turut menunjukkan bahwa penerapan AI mulai meluas ke berbagai sektor, termasuk ketahanan pangan dan manajemen sumber daya. Adapun kategori “lainnya” sebesar 18,9% menggambarkan adanya keterlibatan berbagai bidang lain yang lebih spesifik namun tetap relevan. Secara keseluruhan,

distribusi ini memperlihatkan bahwa penelitian mengenai AI dan lingkungan tidak hanya bersifat teknologis, tetapi juga melibatkan pendekatan ilmiah, sosial, dan manajerial dalam menciptakan solusi berkelanjutan bagi planet ini.

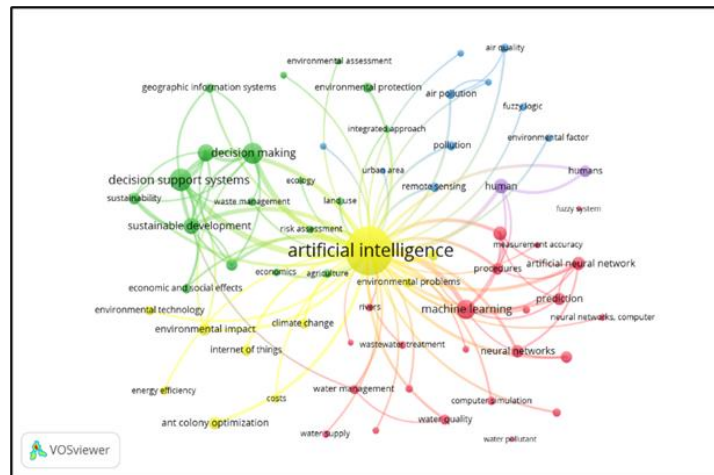


Gambar 6.
Topik Penelitian
Sumber: Hasil Analisis Scopus (2025)

Pada periode 2009–2014, jurnal *Environmental Modelling and Software* mendominasi publikasi dengan fokus pada pengembangan model lingkungan berbasis komputasi konvensional. Setelah 2015, peran jurnal ini menurun, sementara *Science of the Total Environment* dan *Journal of Cleaner Production* mulai aktif dengan topik keberlanjutan dan efisiensi energi. Pada 2021–2023, jurnal *IEEE Access* dan *Sustainability Switzerland* mencatatkan puncak publikasi tertinggi, menunjukkan pergeseran riset menuju penerapan kecerdasan buatan (AI) untuk solusi nyata dalam keberlanjutan dan mitigasi dampak lingkungan. Tahun 2024 menunjukkan penurunan publikasi, namun minat terhadap topik AI dan lingkungan tetap tinggi, menandakan integrasi teknologi, kebijakan, dan lingkungan yang semakin interdisipliner. Tren riset ini mencerminkan peralihan dari model komputasi tradisional ke penerapan machine learning, deep learning, dan decision support systems dalam analisis lingkungan, dengan dominasi jurnal teknologi seperti *IEEE Access*. Kolaborasi riset lintas negara, terutama di Asia Tenggara dan Eropa, membuka peluang bagi negara berkembang untuk berkontribusi melalui aplikasi AI dalam mitigasi isu lingkungan lokal.

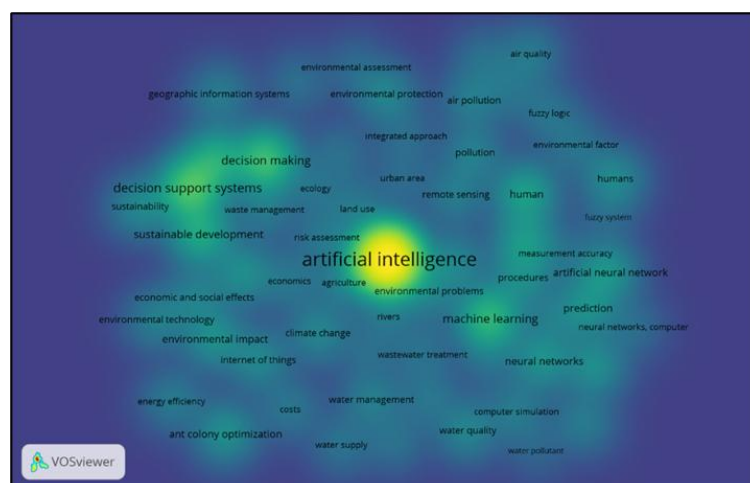
Berdasarkan analisis bibliometrik dari data Scopus mengenai topik "*Artificial Intelligence and Environmental Problems*" selama periode 2009–2024, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini menunjukkan tren global yang semakin meningkat dan tersebar tidak merata antar wilayah. Kawasan Asia, terutama Tiongkok dan Iran, mendominasi publikasi ilmiah dengan kontribusi besar dari lembaga seperti Chinese Academy of Sciences, mencerminkan komitmen kuat dalam penerapan AI untuk solusi lingkungan. Eropa juga menunjukkan partisipasi signifikan, terutama melalui universitas seperti Universidade de Coimbra dan Universitat Politècnica de València, yang fokus pada pengelolaan sumber daya alam dan sistem berbasis data. Amerika Utara, dengan kontribusi dari The University of British Columbia, menonjol dalam pendekatan ilmiah berbasis kebijakan dan keberlanjutan. Sementara itu, Timur Tengah, terutama Iran, mulai menunjukkan pertumbuhan dalam penerapan AI untuk konservasi energi dan manajemen lingkungan. Hasil ini menunjukkan bahwa riset AI dan masalah lingkungan bergerak

menuju kolaborasi multidisipliner, dengan setiap wilayah memiliki kekuatan unik, dan pentingnya kolaborasi lintas regional, terutama antara negara berkembang dan maju, untuk memperkuat penerapan AI dalam mitigasi bencana, perubahan iklim, dan pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan.



Gambar 7.
Network Visualization
Sumber: Hasil Analisis (2025)

Berdasarkan analisis menggunakan VOSviewer terhadap 905 publikasi dari Google Scholar dengan kata kunci “*Artificial Intelligence and Environmental Problems*”, diperoleh lima kluster utama yang digambarkan dengan warna merah, hijau, biru, kuning, dan ungu. Masing-masing kluster merepresentasikan tema penelitian seperti pengelolaan limbah, manajemen air, polusi udara, perencanaan lingkungan, serta faktor manusia dan lingkungan. Garis penghubung antarkata kunci menunjukkan keterkaitan yang kuat antara topik-topik tersebut, di mana semakin banyak hubungan yang muncul, semakin tinggi tingkat kolaborasi dan integrasi konsep di bidang *Artificial Intelligence* dan permasalahan lingkungan.



Gambar 8.
Density Visualization
Sumber: Hasil Analisis (2025)

Gambar 8 menampilkan peta kepadatan penelitian yang menunjukkan bahwa topik dengan aktivitas tertinggi berada pada bidang decision making dan machine learning, ditandai dengan warna kuning terang. Semakin cerah warna pada visualisasi, semakin intens penelitian dilakukan pada area tersebut. Sebaliknya, tema seperti kawasan perkotaan, polusi air, serta penilaian dan perlindungan lingkungan masih relatif jarang dikaji. Kondisi ini membuka peluang besar bagi penelitian lanjutan yang berfokus pada isu-isu lingkungan yang belum banyak mendapat perhatian.

Discussion

Integrasi kecerdasan buatan (AI) dengan teknologi-teknologi baru, seperti Internet of Things (IoT), kendaraan udara nirawak (UAV), dan platform big data, telah membuka kemungkinan baru dalam pemantauan lingkungan dan manajemen bencana. Penggabungan AI dengan teknologi-teknologi canggih ini memungkinkan penilaian lingkungan yang lebih komprehensif dan real-time, memungkinkan pemantauan yang lebih efisien terhadap kualitas lingkungan di berbagai skala. Aplikasi ini menggabungkan kekuatan AI dan machine learning (ML) dengan teknologi pengumpulan dan pemrosesan data yang lebih canggih, memberi peluang untuk deteksi lebih cepat terhadap perubahan kondisi lingkungan. Asha et al. (2022) menekankan bahwa AI dan IoT bisa bekerja bersama untuk memberikan solusi pemantauan waktu nyata, yang berkontribusi pada pengelolaan bencana yang lebih baik dan respons yang lebih cepat terhadap masalah lingkungan.

Salah satu contoh konkret dari integrasi ini adalah pengembangan model Toksikologi Lingkungan untuk Pemantauan Polusi Udara dengan Teknik Kecerdasan Buatan (ETAPM-AIT) berbasis IoT. Model ini menggabungkan sensor IoT dengan algoritma AI untuk memantau kualitas udara dan mendeteksi polutan beracun secara waktu nyata. Menurut Tamiminia et al. (2021), sistem ini memberikan peringatan kepada fasilitas industri dan instansi pemerintah, yang memungkinkan mereka untuk merespons dengan cepat terhadap kejadian polusi udara. Dengan kemampuan untuk mengintegrasikan sensor IoT dan AI, model ini menawarkan solusi yang dapat diskalakan untuk kota dan industri yang berfokus pada pengurangan dampak polusi udara, memberikan gambaran tentang bagaimana AI dapat digunakan untuk mengatasi tantangan lingkungan yang kompleks.

Selain itu, platform big data seperti Google Earth Engine (GEE) semakin digunakan dalam aplikasi penginderaan jauh untuk pemantauan lingkungan. Tamiminia et al. (2021) mengeksplorasi penggunaan GEE untuk analisis big data, dengan memanfaatkan AI dan ML untuk memproses data citra satelit skala besar. Hasilnya adalah klasifikasi tutupan lahan dan analisis iklim yang lebih akurat dan real-time. Penggunaan platform ini menandai peran penting big data dalam riset lingkungan, dengan AI yang digunakan untuk menganalisis data geospasial dalam jumlah besar dengan efisiensi yang lebih tinggi. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa pengembangan lebih lanjut dalam penggunaan AI/ML dapat mempercepat analisis dan pengambilan keputusan dalam pemantauan perubahan iklim.

Meskipun aplikasi interdisipliner ini menunjukkan kemajuan yang signifikan, masih terdapat tantangan yang perlu diatasi, terutama dalam hal integrasi AI/ML dengan teknologi yang sedang berkembang. Salah satu tantangan utama adalah memastikan bahwa model AI yang dikembangkan dapat diimplementasikan secara skala besar tanpa mengorbankan kualitas atau ketahanan sistem. Beberapa sistem AI memerlukan data dalam jumlah besar dan berkualitas tinggi, yang mungkin sulit didapatkan, terutama di wilayah dengan sumber daya terbatas. Oleh karena itu, penelitian ke depan perlu fokus

pada pengembangan model AI yang lebih adaptif dan tangguh, yang dapat berfungsi dengan baik meskipun dalam kondisi yang kurang ideal atau terbatas.

Selain itu, tantangan lainnya adalah terkait dengan aspek etika dan regulasi dalam penerapan sistem berbasis AI untuk pemantauan lingkungan. Keamanan data, privasi, dan potensi bias algoritmik menjadi isu penting yang harus dihadapi. Penelitian lebih lanjut harus mengeksplorasi bagaimana menjaga integritas data dan memastikan bahwa sistem AI berfungsi secara transparan dan adil. Untuk itu, perlu ada kolaborasi antara pihak akademik, pemerintah, dan industri untuk menetapkan standar yang jelas tentang penggunaan AI dalam pemantauan lingkungan yang menjaga aspek keamanan dan keadilan, serta memastikan bahwa teknologi ini dapat digunakan untuk kepentingan yang lebih luas dan berkelanjutan (Chisom et al., 2024).

CONCLUSION

Berdasarkan hasil analisis bibliometrik terhadap publikasi internasional dalam kurun waktu 2009–2024, dapat disimpulkan bahwa penelitian mengenai *Artificial Intelligence* (AI) dalam pemecahan masalah lingkungan menunjukkan tren peningkatan yang signifikan dan bersifat multidisipliner. Penerapan AI telah berkembang dari tahap awal yang berfokus pada pemodelan dan komputasi lingkungan menuju pemanfaatan teknologi machine learning, deep learning, dan big data analytics untuk mendukung keberlanjutan, mitigasi bencana, dan pengelolaan sumber daya alam secara efisien. Secara regional, Asia, terutama Tiongkok dan Iran, menjadi pusat kontribusi utama dalam publikasi ilmiah dengan dukungan kuat dari lembaga penelitian dan kebijakan nasional. Eropa menunjukkan keunggulan dalam riset berbasis kebijakan dan tata kelola lingkungan, sedangkan Amerika Utara lebih menekankan pada pendekatan ilmiah dan keberlanjutan berbasis teknologi. Hasil ini menegaskan bahwa kolaborasi internasional dan lintas disiplin menjadi faktor kunci dalam kemajuan riset AI untuk isu lingkungan global.

Dari perspektif pendidikan, penelitian ini memiliki implikasi penting bagi pengembangan pendidikan geografi berbasis teknologi, di mana pemanfaatan AI dapat digunakan untuk memperkaya analisis spasial, pengamatan lingkungan, serta pengambilan keputusan berbasis data. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar fokus diarahkan pada integrasi AI dengan kebijakan lingkungan, etika data, serta konteks pendidikan dan geospasial di negara berkembang, sehingga dapat memperkuat peran kecerdasan buatan sebagai alat strategis dalam mendukung pembangunan berkelanjutan dan literasi lingkungan global.

REFERENCES

- Asha, P., Natrayan, L. B. T. J. R. R. G. S., Geetha, B. T., Beulah, J. R., Sumathy, R., Varalakshmi, G., & Neelakandan, S. (2022). IoT enabled environmental toxicology for air pollution monitoring using AI techniques. *Environmental research*, 205, 112574.
- Athanasoulas, S., Guasselli, F., Doulamis, N. et al. 2024. The Plegma dataset: Domestic appliance-level and aggregate electricity demand with metadata from Greece. *Sci Data* 11, 376. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03208-0>
- Chisom, O. N., Biu, P. W., Umoh, A. A., Obaedo, B. O., Adegbite, A. O., & Abatan, A. (2024). Reviewing the role of AI in environmental monitoring and conservation: A

- data-driven revolution for our planet. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(1), 161-171.
- Rana, R., Kalia, A., Boora, A., Alfaisal, F. M., Alharbi, R. S., Berwal, P., ... & Qamar, O. (2023). Artificial intelligence for surface water quality evaluation, monitoring and assessment. *Water*, 15(22), 3919.
- Ren, H., Xia, M., Weng, L., Hu, K., & Lin, H. (2024). Dual-attention-guided multiscale feature aggregation network for remote sensing image change detection. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 17, 4899-4916.
- Riyadi, S., Budiyanto, E., Hastuti, H., & Nofriansyah, N. (2025). Pemanfaatan Chatbot Ai Untuk Meningkatkan Kemandirian Belajar Siswa: Systematic Literature Review. *Research and Development Journal of Education*, 11(2), 1106-1114.
- Zhong, S., Zhang, K., Bagheri, M., Burken, J. G., Gu, A., Li, B., ... & Zhang, H. 2021. Machine learning: new ideas and tools in environmental science and engineering. *Environmental science & technology*, 55(19), 12741-12754.