

## Penguatan Kompetensi Penelitian Geospasial Melalui Integrasi *Artificial Intelligence* (AI) di Jurusan Pendidikan Geografi

Andi Sulia Sudirman<sup>1\*</sup>, Rahmawati Nurkarima<sup>1</sup>, Tahir Tahir<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Pendidikan Geografi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Halu Oleo, Kendari

<sup>2</sup>Jurusan Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo, Kendari

\*Koresponden: [andisulia@uho.ac.id](mailto:andisulia@uho.ac.id)

### Informasi Artikel

**Diterima:**  
27 – Oktober – 2025

**Disetujui:**  
25 – November – 2025

**Dipublikasikan:**  
01 – Desember – 2025

### Abstract

*Training in geospatial technology integrated with artificial intelligence (GeoAI) has become an essential need for enhancing research capabilities among geography education students in the digital era. This community service activity aims to strengthen students' competencies in understanding GeoAI concepts, conducting spatial data analysis using Google Earth Engine, and visualizing demographic data with Tableau. The method used was practice-based mentoring with a pre-test and post-test design to measure participants' competency development, along with a mini project assessment and training satisfaction evaluation. The results show an improvement in student competencies across all assessment aspects, especially in technical skills related to using GeoAI platforms and communicating spatial information through interactive dashboards. The average post-test score increased to 82.3, indicating a 32-point improvement compared to the pre-test score of 50.3. The mini project outputs produced by participants also demonstrated good quality and were applicable as thematic mapping tools based on data. Students responded positively to the relevance of the materials, clarity of delivery, and usefulness of the activity, indicating that the training aligns with their research needs. Therefore, this program contributes to improving GeoAI literacy and preparing students to develop modern geospatial research. Moving forward, more intensive and sustainable follow-up programs are needed to strengthen technological mastery and expand its implementation in geography learning.*

**Keywords:** *GeoAI; Google Earth Engine; Tableau; Geospatial Research Competency*

### Abstrak

Pelatihan teknologi geospasial yang terintegrasi dengan kecerdasan buatan (GeoAI) menjadi salah satu kebutuhan penting dalam meningkatkan kemampuan penelitian mahasiswa pendidikan geografi pada era digital. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan menguatkan kompetensi mahasiswa dalam memahami konsep GeoAI, analisis data spasial berbasis Google Earth Engine, dan visualisasi data kependudukan menggunakan Tableau. Metode yang digunakan adalah pendampingan berbasis praktik dengan desain pre-test dan post-test untuk mengukur perkembangan kompetensi peserta, serta penilaian mini project dan evaluasi kepuasan pelatihan. Hasil kegiatan menunjukkan adanya peningkatan kompetensi mahasiswa pada seluruh aspek penilaian, terutama pada keterampilan teknis pemanfaatan platform GeoAI dan komunikasi informasi spasial melalui dashboard interaktif. Rata-rata skor post-test meningkat menjadi 82,3 atau naik 32 poin dibandingkan skor pre-test sebesar 50,3. Produk mini project yang dihasilkan peserta juga menunjukkan kualitas yang baik dan mampu digunakan sebagai media pemetaan tematik berbasis data. Mahasiswa memberikan respons positif terhadap kesesuaian materi, kejelasan penyampaian, dan kebermanfaatannya sehingga pelatihan dinilai relevan dengan kebutuhan penelitian mereka. Dengan demikian, kegiatan ini berkontribusi pada peningkatan literasi GeoAI dan kesiapan mahasiswa dalam mengembangkan penelitian geospasial modern. Ke depan, dibutuhkan program lanjutan yang lebih intensif dan berkelanjutan untuk memperkuat penguasaan teknologi dan memperluas implementasinya dalam pembelajaran geografi.

Copyright (c) 2025 by the authors. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



**Kata kunci:** *GeoAI; Google Earth Engine; Tableau; Kompetensi Penelitian Geospasial*

## PENDAHULUAN

Mahasiswa jurusan Pendidikan Geografi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Halu Oleo, sering kali belum mencapai pemahaman dan keterampilan yang optimal dalam penelitian geospasial. Hal ini tampak dari hasil pemantauan pada mata kuliah terkait seperti Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh, serta hasil observasi dosen saat pembimbingan tugas akhir, dimana mahasiswa masih mengalami kesulitan pada analisis data spasial berbasis *cloud* dan penggunaan GeoAI. Studi oleh Purnomo dkk, (2021) pada mahasiswa Universitas Negeri Semarang, menunjukkan bahwa meskipun pengetahuan visualisasi informasi geospasial tergolong tinggi, keterbatasan teknologi dan akses menyebabkan keterampilan tersebut hanya berada dikategori menengah (59,9%), sehingga diperlukan upaya peningkatan lewat implementasi yang lebih sistematis dan berkelanjutan. Kondisi serupa diperkuat temuan yang menunjukkan bahwa materi ajar *Geographic Information System* di beberapa konteks masih kurang menuntut penalaran spasial tingkat lanjut sehingga berdampak pada kompetensi praktis mahasiswa (Ridha dkk, 2024; Safriani dkk, 2023).

Sementara itu, integrasi teknologi geospasial dalam pembelajaran pendidikan geografi level Sekolah Menengah Atas dan perguruan tinggi telah terbukti memperkuat pemahaman konseptual dan kemampuan *spatial thinking* (Lasulika & Lukum, 2024). Penelitian lapangan menunjukkan bahwa penggunaan Web-GIS dan media pembelajaran berbasis *Geographic Information System* meningkatkan *spatial thinking* dan motivasi belajar siswa, serta dapat meningkatkan *self-efficacy* mahasiswa dalam konteks pengajaran coding dan pengolahan citra satelit ketika

diterapkan secara terstruktur (Nyokro dkk, 2023; Azzahra dkk, 2023; Callejas-Aguilera dkk, 2023). Temuan oleh Schulze dkk, (2021) menegaskan bahwa integrasi *Geographic Information System* dalam pembelajaran geografi secara signifikan meningkatkan hasil belajar, keterlibatan dan pemecahan masalah spasial mahasiswa diberbagai negara. Di tingkat perguruan tinggi, praktik laboratorium menggunakan *Google Earth Engine* (GEE) juga terbukti memperluas kemampuan analisis mahasiswa (Feig, 2022). Namun, tantangan nyata tetap ada, seperti keterbatasan akses infrastruktur, kurangnya pelatihan intensif bagi pengajar, dan keterbatasan integrasi kurikulum yang menekankan aplikasi praktis (Dahlan & Maulidiah, 2024). Contoh nyata dari keterbatasan tersebut terlihat pada praktik pembelajaran yang masih yang bergantung pada perangkat lunak desktop. Arcgis sebenarnya diajarkan dalam praktikum, tetapi sering terkendala isu lisensi, sehingga dosen lebih banyak beralih menggunakan QGIS yang bersifat open source. Akibatnya, mahasiswa belum mendapatkan pengalaman terstruktur pada platform berbasis *cloud* seperti *Google Earth Engine* dan belum tersentuh pada praktik GeoAI. Kondisi ini memperlihatkan adanya kesenjangan antara perkembangan teknologi geospasial modern dengan kompetensi teknis yang diperoleh mahasiswa.

Dalam konteks jurusan Pendidikan Geografi di Universitas Halu Oleo, integrasi teknologi geospasial terutama GeoAI, juga belum optimal. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti masih minimnya pengalaman mahasiswa dalam praktik *coding* diplatform berbasis *cloud*, penggunaan *Google Earth Engine* yang belum sering dibimbing secara langsung, serta pembelajaran *Geographic Information*

*System* yang sebagian besar masih berfokus pada perangkat lunak desktop. Kondisi ini membuat mahasiswa kurang terbiasa bekerja dengan data spasial berukuran besar, analisis otomatis berbasis AI, dan tampilan data melalui dashboar interaktif. Oleh karena itu, diperlukan pelatihan yang lebih praktis dan terarah untuk membantu mahasiswa mengejar kebutuhan kompetensi penelitian geospasial modern.

Penelitian geospasial yang lebih lanjut, munculnya *Geospatial Artificial Intelligence* (GeoAI) membuka peluang besar untuk meningkatkan kapabilitas mahasiswa dalam menemukan pola spasial dan melakukan prediksi dari data berskala besar. Studi-studi terbaru menunjukkan keberhasilan aplikasi GeoAI pada berbagai masalah lingkungan dan agraria, misalnya untuk prediksi sifat fisik tanah atau pemantauan kualitas air yang membuktikan kapasitas GeoAI untuk mengolah big geodata secara efisien (Hosseini dkk, 2023; Hu, 2024). Liwan dkk, (2024) juga melaporkan penggunaan GeoAI pada *Google Earth Engine* untuk memetakan perubahan suhu permukaan daratan di Kota Kupang (2018–2023), yang menggaris bawahi relevansi GeoAI pada isu perubahan lanskap pesisir dan urbanisasi. Namun, temuan-temuan tersebut belum sepenuhnya tercermin pada mahasiswa pendidikan geografi di lingkungan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan (LPTK), termasuk di Universitas Halu Oleo. Penerapan GeoAI dalam pembelajaran dan praktik mahasiswa masih sangat terbatas, karena kegiatan perkuliahan umumnya berfokus pada *Geographic Information System* konvensional dan belum memberikan pengalaman langsung pada analisis berbasis AI maupun *platform cloud* seperti *Google Earth Engine*. Keterbatasan inilah yang menciptakan kesenjangan antara kemajuan penelitian GeoAI di tingkat nasional

dan internasional dengan kompetensi mahasiswa di Jurusan Pendidikan Geografi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Halu Oleo.

Secara keseluruhan, penggabungan AI dan teknologi geospasial membuka dimensi baru bagi kemampuan analitis dan prediktif mahasiswa Pendidikan Geografi. Namun, penerapannya dilingkungan pendidikan tinggi khususnya jurusan Pendidikan Geografi masih sangat terbatas. Mayoritas program masih berfokus pada teknik pengolahan konvensional dan belum memasukkan praktik coding di *cloud platforms* (GEE) yang *reliable* (Hu, 2024). Akibat keterbatasan ini, mahasiswa masih mengolah citra dan data spasial secara manual, belum mampu mengoptimisasi analisis, serta belum memiliki keterampilan untuk melakukan pemodelan atau prediksi spasial-temporal yang menjadi keunggulan utama GeoAI.

Adapun tujuan dari pengabdian ini yaitu menguatkan kompetensi mahasiswa dalam penelitian geospasial berbasis GeoAI, melalui pelatihan dan praktik langsung analisis spasial menggunakan platform seperti *Google Earth Engine* dan *Tableau*. Kegiatan pengabdian ini secara langsung mendukung visi misi jurusan Pendidikan Geografi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Halu Oleo, dalam pengembangan *pedagogical content knowledge* (PCK) mahasiswa, karena tidak hanya mempelajari teori geospasial dan AI tetapi juga diarahkan untuk menyusun bahan ajar berbasis teknologi GeoAI. Fokus pada wilayah pesisir, kelautan, dan pedesaan sangat sesuai dengan aplikasi GeoAI dalam konteks lokal. Dengan begitu, pengabdian ini menjembatani kemampuan teknis GeoAI dan penerapan pedagogis di masyarakat dan sekolah, menjadikan mahasiswa sebagai agen

perubahan dalam pendidikan geografi yang unggul dan kontekstual.

## **METODE**

Kegiatan pengabdian ini menggunakan metode partisipatif edukatif dengan pendekatan eksperimen pre-test dan post-test *design* untuk mengukur peningkatan kompetensi penelitian geospasial mahasiswa setelah pelatihan berbasis GeoAI. Sasaran kegiatan adalah 30 mahasiswa jurusan Pendidikan Geografi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Halu Oleo, yang dipilih secara *purposive sampling*, dengan kriteria telah menempuh mata kuliah Sistem Informasi Geografis, Penginderaan Jauh, atau sedang menyusun tugas akhir. Peserta wajib memiliki akun *Google* aktif dan perangkat laptop yang mendukung akses *Google Earth Engine* (GEE). Sebelum pelaksanaan, peserta diberikan penjelasan mengenai tujuan kegiatan, mekanisme pelatihan, serta menyatakan kesediaan berpartisipasi. Kegiatan ini dilaksanakan atas izin jurusan dan termasuk dalam program resmi pengabdian masyarakat dosen Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Halu Oleo, sehingga seluruh prosedur telah memenuhi pertimbangan etis internal kampus.

Instrumen pengumpulan data terdiri dari: (1) tes tertulis pre-test dan post-test, (2) rubrik penilaian mini project, (3) kuesioner evaluasi kepuasan peserta. Adapun tes tertulis berisi 10 soal pilihan ganda, untuk mengukur empat aspek utama, yaitu: (a) pemahaman konsep *artificial intelligence* dan teknologi geospasial, (b) keterampilan penggunaan aplikasi *Google Earth Engine* (GEE), (c) kemampuan analisis dan interpretasi data spasial, (d) kemampuan visualisasi data menggunakan *Tableau*. Sementara itu, rubrik

mini project digunakan untuk menilai hasil karya peserta dalam menganalisis studi kasus kemudian divisualisasikan menggunakan aplikasi. Kuisisioner evaluasi berisi 10 pertanyaan berskala *likert* 1-5 yang mencakup kesesuaian materi, kejelasan penyampaian, efektivitas metode, dan ketersediaan sarana pelatihan.

Prosedur kegiatan dimulai dari identifikasi kebutuhan peserta dan perancangan modul pelatihan, dilanjutkan dengan pelaksanaan workshop intensif selama dua hari. Pelatihan dilaksanakan di ruang kuliah jurusan Pendidikan Geografi, Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Halu Oleo dengan durasi kegiatan setiap hari berlangsung sejak pukul 08.00 hingga 13.00 WITA. Sesi pertama difokuskan pada pengenalan konsep GeoAI dan praktik dasar GEE, sedangkan sesi kedua visualisasi data menggunakan *Tableau*. Setelah pelatihan, peserta mengikuti post-test dan mengumpulkan mini project. Salah satu contoh mini project yang dikerjakan ialah visualisasi studi kasus data kependudukan melalui pemetaan persebaran penduduk menggunakan *dashboar* interaktif di *Tableau*. Data hasil kegiatan dianalisis secara deskriptif, dengan menyajikan persentase ketercapaian, rata-rata peningkatan skor mahasiswa, dan tingkat kepuasan peserta terhadap pelaksanaan kegiatan.

## **HASIL**

Pelaksanaan pelatihan bertujuan untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan mahasiswa dalam penelitian geospasial berbasis teknologi. Evaluasi hasil dilakukan berdasarkan tiga indikator utama, yaitu peningkatan kompetensi sebelum dan sesudah pelatihan kualitas mini project yang dihasilkan peserta serta tingkat kepuasan mahasiswa terhadap pelaksanaan kegiatan.

### 1. Peningkatan Kompetensi Mahasiswa

Efektivitas pelatihan penguatan kompetensi penelitian geospasial melalui integrasi *artificial intelligence* (AI), dilakukan melalui perbandingan hasil pre-test dan post-test mahasiswa. Evaluasi dilakukan untuk mengukur kemampuan awal peserta, kemudian dianalisis kembali setelah pelatihan berakhir.

Penilaian mencakup empat kemampuan utama, yaitu pemahaman konsep AI, penggunaan *Google Earth Engine* (GEE), analisis dan interpretasi data spasial, serta visualisasi data menggunakan *Tableau*. Hasil penilaian kompetensi dari 30 responden disajikan pada tabel 1 berikut:

**Tabel 1.** Hasil Uji Kompetensi Mahasiswa

No	Aspek Penilaian	Pre-Test	Post-Test	Perbandingan (%)
1	Pemahaman konsep	55,6	83,3	+27,7
2	Penggunaan <i>google earth engine</i> (GEE)	48,0	81,0	+33,0
3	Analisis & interpretasi data spasial	51,2	84,5	+33,3
4	Visualisasi data <i>tableau</i>	46,5	80,2	+33,7
<b>Rata-rata</b>		<b>50,3</b>	<b>82,3</b>	<b>+32,0</b>

*Sumber: Data Primer, Diolah Tahun 2025.*

Berdasarkan tabel 1 di atas, secara deskriptif hasil tersebut memperlihatkan adanya peningkatan kompetensi pada semua indikator penilaian. Peningkatan rata-rata sebesar 32% menunjukkan

bahwa pelatihan ini efektif dalam memperkuat pemahaman teoritis sekaligus keterampilan teknis mahasiswa dalam penelitian geospasial.



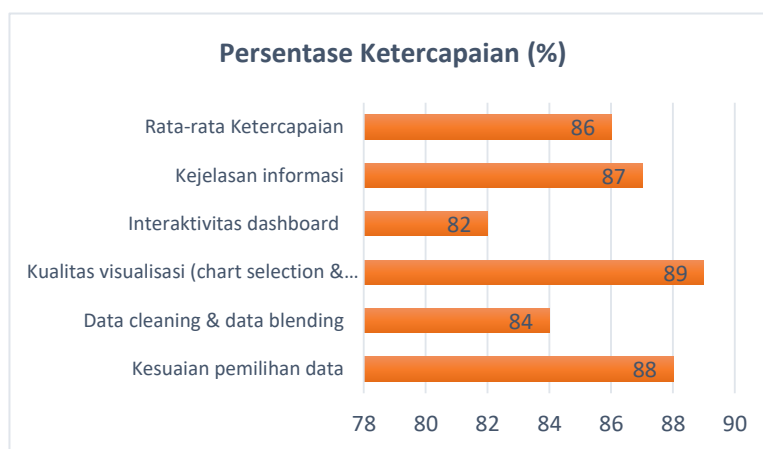
**Gambar 1.** Kegiatan Pelatihan Menggunakan *Google Earth Engine* (GEE)

*Sumber: Dokumentasi Langsung Penulis, 2025*

## 2. Kualitas Mini Project

Selain peningkatan kompetensi melalui pelatihan, mahasiswa juga diberikan tugas mini project untuk menilai kemampuan mereka dalam mengolah data kependudukan dan menyajikannya melalui visualisasi interaktif menggunakan *Tableau*. Pada tugas ini, mahasiswa memilih satu wilayah studi kasus dan mengatur data penduduk dalam format tabular yang sesuai untuk pemetaan. Selanjutnya, mahasiswa membuat peta digital

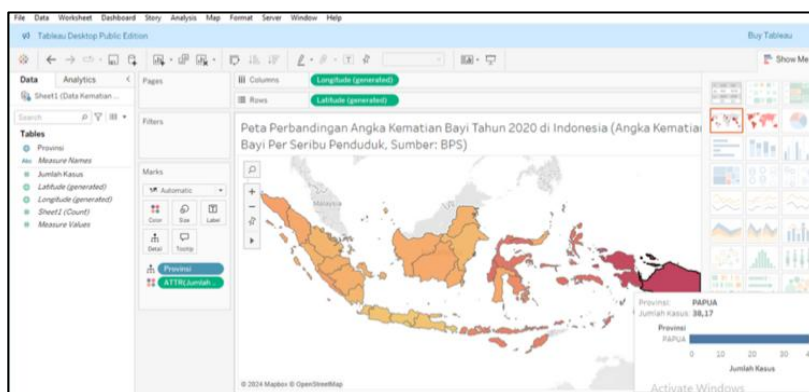
sebaran penduduk dan dashboard interaktif untuk menampilkan informasi secara lebih komunikatif. Mini project ini bertujuan untuk menilai keterampilan mahasiswa dalam mengelola data geospasial berbasis tabel, menyajikan pola distribusi penduduk dan menginterpretasikan hasil visualisasi sebagai bagian dari kemampuan penelitian geospasial. Hasil penilaian mini project akan ditunjukkan pada gambar 2 berikut.



**Gambar 2.** Hasil Ketercapaian Mini Project  
*Sumber: Data Primer, Diolah Tahun 2025.*

Mini project ini mengukur keterampilan mahasiswa dalam menyiapkan data kependudukan sebagai sumber analisis spasial, memilih jenis visualisasi yang tepat, mengembangkan dashboard interaktif, serta menyajikan informasi secara

komunikatif. Berdasarkan gambar 2 di atas, secara keseluruhan, capaian mahasiswa berada pada kategori baik-sangat baik dengan rata-rata ketercapaian sebesar 86%.



**Gambar 3.** Hasil Mini Project Menggunakan *Tableau*

### 3. Evaluasi Kepuasan Peserta

Selain aspek kompetensi, dilakukan pula evaluasi terhadap persepsi mahasiswa mengenai kualitas pelatihan. Sebanyak 30 responden memberikan penilaian pada beberapa dalam

pelaksanaan pelatihan seperti: 1) efektifitas pembelajaran, 2) penyampaian materi, dan 3) ketersediaan sarana ditampilkan. Selanjutnya akan disajikan pada tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** Hasil Evaluasi Kepuasan Mahasiswa

No	Aspek Penilaian	Mean	Kategori
1	Kesesuaian materi	4,8	Sangat baik
2	Kejelasan penyampaian fasilitator	4,7	Sangat baik
3	Efektivitas metode pelatihan	4,6	Baik
4	Ketersediaan sarana pelatihan	4,4	Baik
Rata-rata keseluruhan		4,6	Baik

*Sumber: Data Primer, Diolah Tahun 2025.*

berdasarkan hasil evaluasi pada tabel 2 di atas, diperoleh informasi bahwa tingkat kepuasan mahasiswa terhadap kegiatan pelatihan berada pada kategori baik dengan nilai rata-rata 4,6. Aspek dengan penilaian tertinggi adalah kesesuaian materi sebesar 4,8 dan aspek terendah pada aspek ketersediaan sarana pelatihan sebesar 4,4. Namun secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa pelatihan diterima dengan positif dan dianggap mendukung peningkatan motivasi serta pemahaman mahasiswa dalam mempelajari teknologi GeoAI.

### PEMBAHASAN

Peningkatan kompetensi mahasiswa dalam pemanfaatan GeoAI pada penelitian geospasial menunjukkan bahwa pelatihan yang diberikan efektif untuk memperkuat pemahaman konsep dan keterampilan teknis. Sebelum pelatihan, kemampuan mahasiswa berada pada level menengah dan didominasi oleh pemahaman teoritis tanpa banyak pengalaman praktik, dengan rata-rata skor pre-test 50,3 namun setelah pelatihan mahasiswa menunjukkan peningkatan pada seluruh aspek kompetensi, terutama dalam penggunaan

*Google Earth Engine (GEE)* dan interpretasi data spasial, yang tercermin dari rata-rata skor post-test yang naik menjadi 82,3 atau meningkat sekitar 32 poin. Hal ini sejalan dengan temuan Duarte dkk, (2022) yang menyatakan bahwa pengalaman praktik langsung dalam teknologi geospasial dapat meningkatkan kemampuan berpikir spasial dan analitis mahasiswa di perguruan tinggi.

Sementara itu hasil mini project berada dalam kategori baik hingga sangat baik, dengan rata-rata ketercapaian 86%. Hasil ini menunjukkan bahwa mahasiswa tidak hanya menjadi pengguna teknologi, tetapi mampu menjadi *data communicator*. Kemampuan dalam mengolah dan memvisualisasikan data secara interaktif pada *tableau* mendukung literasi geospasial modern. Hal ini sesuai dengan pendapat Alamri dkk, (2023) bahwa *Geospatial Artificial Intelligence (GeoAI)* memberikan peluang besar dalam mengonversi *big data* menjadi informasi yang komunikatif melalui integrasi analisis spasial dan kecerdasan buatan. Selanjutnya, tingkat kepuasan peserta yang tinggi menunjukkan bahwa metode pelatihan berbasis praktik langsung sesuai dengan kebutuhan

mahasiswa menghadapi perkembangan teknologi geospasial dengan skor rata-rata kepuasan 4,6 dari 5 atau setara dengan 92%. Keterbatasan akses dan pendampingan pada pembelajaran sebelumnya teratasi melalui pendekatan pelatihan interaktif dan aplikatif, sehingga meningkatkan motivasi dan kepercayaan diri mahasiswa dalam menerapkan GeoAI. Keadaan ini mempertegas bahwa hambatan awal mahasiswa dalam penguasaan teknologi bukan karena kurangnya minat, tetapi karena keterbatasan akses, pengalaman, dan pendampingan.

Jika dibandingkan dengan pelaksanaan pembelajaran geospasial konvensional yang lebih menekankan teori dan perangkat lunak desktop, penggunaan GeoAI pada *platform cloud* memberikan keunggulan dalam keterbaruan teknologi dan aksesibilitas. Hasil kegiatan pengabdian ini menunjukkan keunikan pada pendekatannya yang memberikan mahasiswa pengalaman langsung terhadap teknologi yang sedang berkembang pesat dalam industri geospasial. Dengan demikian, kegiatan ini menjawab tantangan transformasi digital dalam pendidikan geografi serta mendorong mahasiswa menjadi lebih adaptif terhadap perkembangan riset spasial modern. Ke depannya, direkomendasikan adanya pelatihan lanjutan yang berfokus pada praktik *coding* GeoAI ditingkat lanjut, integrasi *Google Earth Engine* ke dalam kurikulum praktikum Sistem Informasi Geografis, serta penyediaan sesi pendampingan rutin agar mahasiswa dapat menerapkan analisis spasial dan visualisasi data secara lebih mendalam dan berkelanjutan. Namun demikian, kegiatan ini masih memiliki keterbatasan dalam durasi pelatihan yang singkat dan tidak menjangkau seluruh mahasiswa. Selain itu, disparitas perangkat dan koneksi internet

antar peserta mempengaruhi kualitas praktik. Sehingga, diperlukan pelatihan lanjutan yang lebih intensif dan berkelanjutan agar peningkatan kompetensi dapat berkembang secara menyeluruh dan merata.

## KESIMPULAN

Kegiatan pelatihan GeoAI yang dilaksanakan telah berhasil meningkatkan kompetensi mahasiswa dalam penelitian geospasial yang mencakup pemahaman konsep, keterampilan analisis spasial, serta kemampuan visualisasi data berbasis dashboard interaktif. Mahasiswa menunjukkan perkembangan yang baik dalam mengoperasikan *Google Earth Engine* dan *Tableau* sebagai teknologi utama dalam analisis dan komunikasi informasi spasial, yang ditandai dengan peningkatan skor rata-rata dari pre-test sebesar 50,3 menjadi 82,3 pada post test, atau naik sebesar 32 poin. Selain itu, pelatihan ini dinilai sangat relevan dan membantu mahasiswa dalam mempersiapkan penelitian tugas akhir yang lebih inovatif dan berbasis data digital. Saran dari hasil kegiatan ini adalah perlunya pelatihan lanjutan dengan cakupan materi yang lebih luas dan waktu pendampingan yang lebih panjang, sehingga peningkatan kompetensi GeoAI dapat semakin komprehensif dan berkelanjutan serta mampu diterapkan dalam pembelajaran geografi di sekolah maupun riset terapan lainnya. Secara praktis, direkomendasikan pelaksanaan GeoAI *Clinic* minimal satu kali setiap semester sebagai forum pendampingan *coding Google Earth Engine* dan analisis data lanjutan, khususnya bagi mahasiswa semester akhir yang sedang menyusun tugas akhir/skripsi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alamri, S., Adhinugraha, K., Allheeb, N., & Taniar, D. (2023). GIS Analysis of Adequate Accessibility to Public Transportation in Metropolitan Areas. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(5), 180.
- Azzahra, R., Muryani, C. & Tjahjono, G. A. (2023). Development Of Gis-Based Learning Multimedia to Improve Spatial Thinking Ability of Social Students in High School. *GeoEco*, 9(2), 242-255.
- Callejas, I. A., Huang, L., Cira, M., Croze, B., Lee, C. M., Cason, T. & Jay, J. A. (2023). Use of Google Earth Engine for teaching coding and monitoring of environmental change: A case study among STEM and Non-STEM students. *Sustainability*, 15(15), 11995.
- Dahlan, T., & Maulidiah, D. N. (2024). Integrasi Teknologi Gis Dalam Pengajaran Pendidikan Geografi: Meningkatkan Pemahaman Konsep Dan Keterampilan Spasial. *Gletser Ilmu: Jurnal Ilmiah Pendidikan Geografi dan Geografi Murni*, 1(01), 1-5.
- Duarte, L., Teodoro, A. C. & Gonçalves, H. (2022). Evaluation of Spatial Thinking Ability Based on Exposure to Geographical Information Systems (GIS) Concepts in the Context of Higher Education. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(8), 417.
- Feig, A. D., & Zheng, T. (2015). Using Google Earth Engine laboratory exercises in a college-level introductory physical geography course Part 1: Development.
- Hosseini, F. S., Seo, M. B., Razavi-Termeh, S. V., Sadeghi-Niaraki, A., Jamshidi, M. & Choi, S. M. (2023). Geospatial artificial intelligence (GeoAI) and satellite imagery fusion for soil physical property predicting. *Sustainability*, 15(19), 14125.
- Hu, Y., Goodchild, M., Zhu, A. X., Yuan, M., Aydin, O., Bhaduri, B. & Newsam, S. (2024). A five-year milestone: reflections on advances and limitations in GeoAI research. *Annals of GIS*, 30(1), 1-14.
- Lasulika, C. T. & Lukum, A. (2025). Integrasi Teknologi Geospasial Dalam Pembelajaran Kontekstual Geografi di Tingkat SMA. *Jurnal Pendidikan Sang Surya*, 11(1), 682-689.
- Liwan, S. & Latue, P. C. (2023). Analisis Spasial Perubahan Suhu Permukaan Daratan Kota Kupang Menggunakan Pendekatan Geospasial Artificial Intelligence (GeoAI). *Buana Jurnal Geografi, Ekologi Dan Kebencanaan*, 1(1), 14-20.
- Nyokro, M., Lusi, S., Risklaritas, S., Muhammad, F. & Dedy Miswar, D. M. (2023). Teaching geography using Web-GIS to improve students' spatial thinking ability. *Cendikia: Media Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 14(1), 38-46.
- Purnomo, E., Juhadi, J. & Hardati, P. (2021). Pengaruh Pengetahuan dan Kendala terhadap Keterampilan dalam Pembuatan Media Pembelajaran Geografi Visualisasi Informasi Geospasial Pada Mahasiswa Pendidikan Geografi Universitas Negeri Semarang. *Edu Geography*, 9(3), 175-186.
- Ridha, S., Utaya, S., Bachri, S. & Handoyo, B. (2019). Students' geographic skills in Indonesia: Evaluating learning material questions about GIS using taxonomy of spatial thinking. *Journal of Social Studies Education Research*, 10(4), 266-287.
- Schulze, U. (2021). "GIS works!"—But why, how, and for whom? Findings from a systematic review. *Transactions in GIS*, 25(2), 768-804.
- Safriani, E. W., Setiawan, I. & Trianawati, N. (2023). A Systematic Literature Review: Utilization of Geographic Information Systems (GIS) in Geography Education in the 21st Century. *The Eurasia Proceedings of Educational and Social Sciences*, 33, 96-103.