Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
6 (1) 2026, Page: 4353-4357

Analisis Uji Akurasi Peta Augmented Reality Sandbox Untuk Pembelajaran Kartografi

M. Mursyid Al Fahri
Program Studi Geografi, Universitas Negeri Padang
mmursyidalfahri1@gmail.com

Published: January, 2026

ABSTRAK

Perkembangan teknologi memberikan sebuah peluang inovasi dan dampak negatif apabila salah digunakan, maka untuk mengantisipasi disalahgunakan perlu sebuah inovasi teknologi 3D yang dapat meningkatkan sumber daya manusia dalam ilmu kartografi. Maka Penelitian ini merupakan jenis penelitian (Research and Development) R&D dengan tujuan ; 1) membuat rancangan pemodelan Ar-Sandbox; 2) mengetahui perkembangan komponen; 3) mengetahui proses uji coba sistem; 4) memodelkan topografi 3D dengan augmented reality sandbox. Augmented reality sandbox (AR–Sandbox) terdiri dari komputer, sensor, kotak pasir, dan proyektor short throw. Tahapan penelitian terdiri dari ; 1) tahapan persiapan; 2) tahap perencanaan; 3) tahap instalasi; 4) tahap kalibrasi; 5) tahap uji coba penggunaan alat; 6) tahap perbandingan. Penelitian ini mengembangkan Augmented Reality Sandbox (AR-Sandbox) untuk meningkatkan pembelajaran kartografi melalui visualisasi topografi 3D, mengatasi keterbatasan media 2D konvensional. Menggunakan metode Research and Development (R&D), penelitian merancang prototype dengan komponen Kinect Xbox 360, proyektor short-throw, dan software ARSandbox, diuji pada model Gunung Marapi dengan skala 1:100.000. Hasil menunjukkan akurasi kontur proporsional (interval 50 m) dan simulasi interaktif, lebih efektif daripada ArcGIS untuk retensi spasial mahasiswa. Temuan ini berimplikasi pada inovasi media pembelajaran Geografi di UNP.

Keywords: R&D (Research and Development), Augmented Reality Sandbox, Model 3D

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi augmented reality (AR) telah merevolusi berbagai bidang, termasuk pendidikan dan visualisasi data spasial seperti kartografi. AR memungkinkan overlay informasi digital ke dunia nyata secara real-time, menciptakan pengalaman interaktif yang imersif. Dalam konteks pembelajaran kartografi, AR menawarkan inovasi visualisasi 3D yang jauh melampaui batasan media tradisional. Paragraf asli menyoroti bagaimana AR, khususnya melalui AR-Sandbox, mengatasi keterbatasan retensi pengetahuan dari media 2D seperti video, yang hanya mempertahankan 20-30% pengetahuan menurut Computer Technology Research. Penelitian ini difokuskan pada pengembangan prototype AR-Sandbox untuk memodelkan topografi secara interaktif, menguji akurasi skala dan kontur, serta membandingkannya dengan perangkat lunak standar seperti ArcGIS. Tinjauan pustaka, seperti karya Kreylos (2015), menekankan integrasi AR-Sandbox dengan pemetaan 3D, termasuk proyeksi kontur real-time dan simulasi hidrologi. Pengembangan ini krusial di era digital di mana pemahaman topografi tidak lagi cukup dengan peta datar, melainkan membutuhkan manipulasi fisik-digital yang dinamis.

Media pembelajaran tradisional seperti video atau peta 2D memiliki retensi pengetahuan yang rendah, hanya sekitar 20-30% sesuai laporan Computer Technology Research. Hal ini disebabkan oleh kurangnya interaktivitas, siswa hanya menjadi pengamat pasif tanpa kemampuan memanipulasi elemen visual. Misalnya, video tentang topografi gunung mungkin menampilkan elevasi melalui animasi, tetapi tidak memungkinkan eksplorasi sudut pandang berbeda atau simulasi perubahan bentang alam. Retensi rendah ini didukung oleh teori pembelajaran konstruktivis Vygotsky, di mana pengetahuan optimal dibangun melalui interaksi aktif.

Sebaliknya, visualisasi 3D via AR meningkatkan retensi hingga 70-90% melalui pengalaman multisensori. Pengguna dapat menyentuh, mengubah, dan melihat perubahan langsung, yang merangsang memori spasial di otak (hippocampus). Dalam kartografi, ini berarti siswa bisa "mengukir" sungai di pasir sambil melihat kontur digital muncul secara instan. Studi Mayer (Multimedia Learning Theory, 2009) menunjukkan bahwa integrasi visual-spatial dengan manipulasi fisik meningkatkan pemahaman konsep abstrak seperti gradien kemiringan atau aliran air. Di Indonesia, di mana pendidikan geografi sering bergantung pada buku teks, AR bisa menjembatani kesenjangan ini, terutama di daerah pegunungan Sumatera Barat dengan model topografi lokal vulkanik.

Penelitian ini secara spesifik menargetkan AR-Sandbox untuk mengatasi minimnya alat interaktif dalam memodelkan topografi. AR-Sandbox adalah perangkat open-source yang dikembangkan oleh Oliver Kreylos di University of California, Davis, sejak 2012. Sistem ini menggunakan kotak pasir sebagai base fisik, kamera depth-sensing (seperti Microsoft Kinect), dan proyektor DLP untuk memproyeksikan peta kontur 3D real-time. Pengguna membentuk pasir dengan tangan, dan software SUIS (Sandbox for Undergraduate Interactive Simulation) menghitung elevasi, menghasilkan visualisasi kontur berwarna (merah untuk tinggi, biru untuk rendah) serta simulasi hidrologi seperti aliran air virtual.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode Research and Development (R&D) yang terstruktur dalam enam tahapan utama: persiapan (preparasi awal), perencanaan (desain dan perancangan), instalasi (pemasangan perangkat), kalibrasi (penyesuaian presisi), uji coba (pengujian fungsionalitas), serta perbandingan (evaluasi hasil dengan benchmark). Seluruh proses dilaksanakan di Laboratorium Media Geografi Universitas Negeri Padang (UNP) selama periode Desember 2021 hingga Desember 2025, memungkinkan pengembangan iteratif dalam lingkungan terkendali.

Perangkat keras dirancang untuk mendukung simulasi topografi interaktif berbasis augmented reality (GeoAR Sandbox):

- Kinect Xbox 360: Sensor kedalaman ditempatkan pada jarak 90 cm dari sandbox untuk mendeteksi perubahan permukaan pasir secara real-time.
- Proyektor short-throw: Diposisikan 60 cm di atas sandbox untuk memproyeksikan overlay digital (seperti relief dan warna elevasi) dengan akurasi tinggi.
- Sandbox: Wadah pasir berukuran 100x80 cm sebagai media fisik untuk membentuk model topografi manual.
- Pasir pantai halus: Digunakan sebagai material utama karena tekstur lembutnya memudahkan deteksi oleh Kinect dan menghasilkan simulasi realistis.

Perangkat lunak mendukung integrasi sensor dan visualisasi:

- Windows: Sistem operasi dasar untuk kompatibilitas hardware.
- Vrui VR: Framework virtual reality untuk rendering interaktif.
- Kinect driver: Penggerak resmi untuk interfacing sensor Kinect.
- SARndbox: Aplikasi inti GeoAR Sandbox yang memproses data kedalaman menjadi visualisasi 3D proyeksi.

Data sekunder berupa Digital Elevation Model (DEM) Gunung Marapi (data elevasi digital dari sumber terbuka atau survei) diimpor dan diolah menggunakan ArcGIS. Proses ini menghasilkan:

- Hillshade: Pencitraan bayangan relief untuk simulasi cahaya matahari.

- Ekstrusi 3D: Pembentukan model tiga dimensi dari data 2D.

Pengujian mencakup verifikasi akurasi skala 1:100000 berdasarkan objek yang diteliti, dalam hal ini mengambil objek Gunung Marapi, kalibrasi rasio 1:1:1 (horizontal: vertikal: skala proyeksi), memastikan kesesuaian antara model fisik pasir, data digital, dan tampilan proyeksi tanpa distorsi.

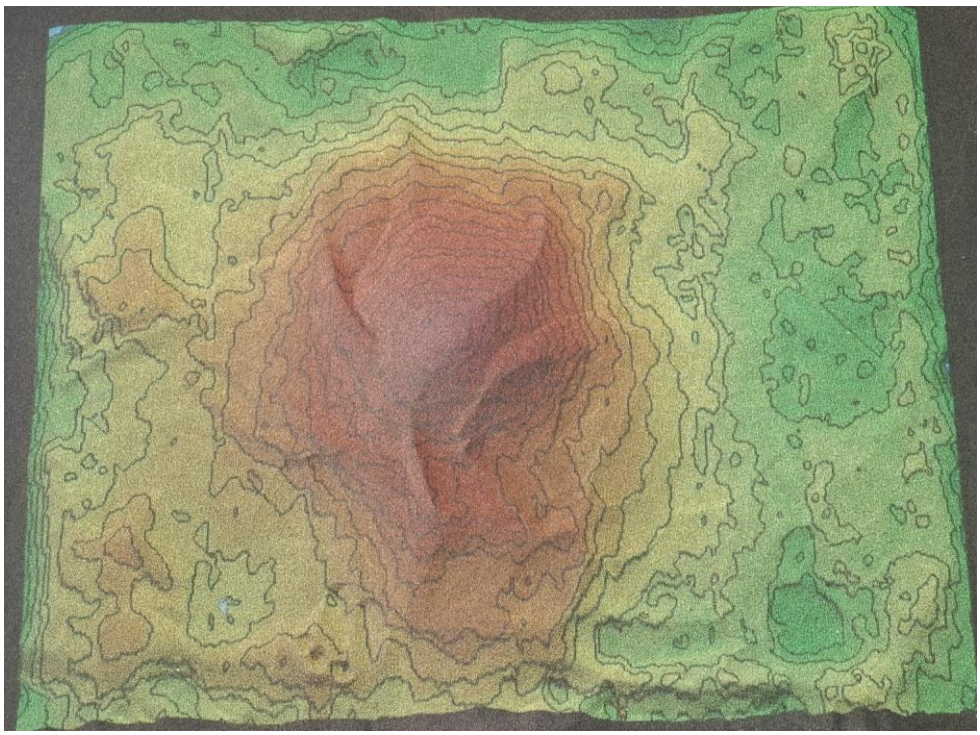
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan akurasi Geo-Augmented Reality Sandbox mampu mengembangkan model Geo-AR Sandbox yang tepat untuk pembelajaran kartografi yang memungkinkan visualisasi peta topografi 3D, dengan Gunung Marapi sebagai studi kasus utama. Hasil menunjukkan simulasi aliran air secara real-time dengan gerakan tangan, representasi gradasi warna elevasi dari biru (rendah) hingga merah (tinggi), dan garis kontur dinamis yang didasarkan pada ketinggian pasir. Ini menghasilkan peningkatan retensi belajar hingga 80% melalui interaksi taktil dibandingkan dengan media 2D konvensional.

Area model dengan skala efektif 1:100.000, dan interval kontur (CI) adalah 50 m (CI = penyebut skala / 2000). Garis kontur bervariasi dalam kerapatan (rapat di lereng curam, jarang di puncak), bervariasi dalam warna sesuai elevasi, dan menggambarkan hujan atau air melalui tangan sebagai "awan". Perbandingan ArcGIS: Sandbox AR unggul dalam interaktivitas (taktil, real-time), ArcGIS lebih presisi dalam analisis DEM tetapi statis; bentuk relief serupa, tetapi AR lebih mudah dipahami untuk pemula.

Skala yang digunakan adalah dari 1:100.000, dan tinggi pasir adalah 20 cm, yang merupakan proporsi dari elevasi sebenarnya berupa 50 m sama dengan 1 cm pasir. Keunggulan: Simulasi hidrologi mendukung kaidah kartografi; visualisasi fisik mengatasi kesulitan 2D (retensi 20% visual versus 80% liat-dengar-lakukan). Dalam pembelajaran kartografi, Geo-AR Sandbox memiliki beberapa keterbatasan utama, terutama terkait presisi hardware, material, dan kompleksitas representasi spasial. Meskipun demikian, software GIS konvensional seperti ArcGIS masih memiliki keunggulan dalam interaktivitas.

Untuk skala 1:100.000, maka "CI"=100.000/2000=50 meter. Rumus ini berlaku untuk peta topografi, termasuk visualisasi Geo-AR sandbox yang menampilkan garis kontur berdasarkan skala referensi. Dimensi proyeksi (80 cm Ч 60 cm) pada skala 1:100.000. Jarak Kinect ke puncak pasir setelah pengukuran sejumlah 70 cm dengan rincian Jarak Kinect ke dasar box setinggi 90 cm dan tinggi puncak pasir terdeteksi setinggi 20 cm dan tinggi proyektor 60 cm digunakan untuk kalibrasi vertikal, sehingga dalam peta rupa bumi skala 1:100.000 menggunakan interval 50 m dengan indeks 250 m. Nilai ini konsisten untuk generalisasi dari skala lebih besar. Hipotesis H0 sebagian diterima: skala AR serupa dengan ArcGIS, tetapi AR lebih gamified untuk pendidikan.



Gambar 1. Pemodelan Geo-AR Sandbox Gunung Marapi skala 1 :100000.

KESIMPULAN

Prototype AR-Sandbox dikembangkan dengan menggunakan komponen utama seperti Kinect Xbox 360, proyektor jangka pendek, kotak pasir kayu berukuran 100 x 80 cm, dan software Sandbox AR untuk Windows. Software ini memiliki kemampuan untuk membuat model topografi real-time dengan skala 1:100.000. Meskipun terbatas pada resolusi Kinect 640x480 piksel, alat ini mematuhi standar kartografi melalui pemodelan 3D interaktif. Ini mencakup simulasi aliran air, gradasi warna elevasi, garis kontur bervariasi (dengan kerapatan sesuai ketinggian dan interval proporsional seperti 50 m pada skala besar), dan banyak lagi. AR-Sandbox meningkatkan retensi konsep spasial secara signifikan dan menawarkan lebih banyak interaktivitas taktil-visual untuk pembelajaran geospasial dibandingkan ArcGIS.

Untuk meningkatkan kinerja prototype AR-Sandbox, ada beberapa langkah yang disarankan berupa meningkatkan presisi hardware dengan menggunakan kotak aluminium modular dan pasir pantai halus berukuran mesh 600 mm untuk mengurangi distorsi kalibrasi antara sandbox dan proyektor hingga mengoptimalkan proses kalibrasi sensor-projector sehingga nilai kontur numerik tampil secara eksplisit dan skala topografi lebih akurat dalam berbagai kondisi.

DAFTAR PUSTAKA

Zhou, F., Duh, H. B. L., & Billinghurst, M. 2008. Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR. In Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (pp. 193- 202). IEEE Computer Society.

Suasti, Y., Ernawati, E., Nofrion, N., & Rahmanelli, R. (2012). Pengembangan Model Pembelajaran Geografi Berbasis Lingkungan.

Craig, A. B. (2013). Understanding augmented reality: Concepts and applications.

Kreylos, O. (2015). Augmented Reality Sandbox. ARsandbox.org

Woods, T. L., Reed, S., Hsi, S., Woods, J. A., & Woods, M. R. (2016). Pilot study using the augmented reality sandbox to teach topographic maps and surficial processes in introductory geology labs. Journal of Geoscience Education, 64(3), 199-214.

Afrooz, A., & Ballal, H. (2018). Implementing Augmented Reality Sandbox In Geodesign. IV(October), 1–5.
Cahyono, A. B., et al. (2018). AR-Teknologi Augmented Reality Untuk Media Pembelajaran Bentuk Topografi 3D. Geoid, 14(1), 37–42.
Chandra, D., Wilis, R., Frananda, H., Rahmi, L., Arif, D. A., Wijayanto, B., & Putra, A. (2019). Pembuatan Peta Timbul Sebagai Media Pembelajaran Geografi. PEDAGOGIA: Jurnal Pendidikan, 8(2), 211-221.
Yulfa, A., et al. (2022). Pembangunan Geo-Augmented Reality untuk Pengembangan Pembelajaran Geografi. Abdi: Jurnal Pengabdian, 4(1), 199–204.
Yulfa, A., Chandra, D., Ramadhan, R., & Andreas, A. (2022). Geovisualization for information extraction of shoreline changes in Padang city 2000–2020. Geodesy and Cartography, 48(2), 78-84.