

## **Synergy of STEM and Geography: Developing Critical Thinking Skills in High School Students for the Future**

### **Sinergi STEM dan Geografi: Membangun Keterampilan Kritis Siswa SMA untuk Masa Depan**

M. Rizqon Al Musafiri<sup>1</sup>, Alif Putra Lestari<sup>2</sup>  
Universitas Jember<sup>1,2</sup>

---

**Keywords :**

STEM; Geography; Critical Skills;  
Geography Education; 21st Century  
Learning; Curriculum Integration.

**Correspondensi Author**

M. Rizqon Al Musafiri  
Universitas Jember  
Email: rizqon@unej.ac.id

**History Artikel**

**Received:** 20-11-2025;

**Reviewed:** 22-11-2025

**Revised:** 24-11-2025

**Accepted:** 27-11-2025

**Published:** 28-11-2025

**Abstract.** The digital age and global challenges require young people to have strong critical thinking skills. Geography, as a discipline that studies the relationship between humans and their environment, plays an important role in shaping spatial, analytical, and problem-solving skills. However, the effectiveness of geography learning in developing critical skills can be significantly improved through integration with the Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) approach. This review article aims to comprehensively analyze the synergy between STEM and Geography in building critical skills in high school students. The literature search methodology was conducted through leading scientific databases with strict inclusion criteria to identify relevant studies published in the last five years. The main findings show that the integration of STEM in geography learning not only enriches the understanding of geographical concepts but also effectively trains students in spatial data analysis, modeling, information evaluation, and solving complex problems faced in the real world. This article outlines various innovative learning strategies and implementation challenges, as well as identifying existing research gaps. The results of this review are expected to provide practical guidance for high school geography students and teachers in designing curricula and teaching methods that combine the strengths of STEM to equip students with essential critical skills in facing a dynamic future.



## Pendahuluan

Pada abad ke-21 yang ditandai dengan perubahan cepat, globalisasi, dan kemajuan teknologi yang pesat, tuntutan terhadap individu untuk memiliki seperangkat keterampilan yang relevan dan adaptif semakin meningkat (Ariadila et al., 2023). Keterampilan berpikir kritis, kemampuan untuk menganalisis informasi secara objektif, mengevaluasi bukti, dan membuat keputusan yang beralasan, menjadi salah satu kompetensi fundamental yang krusial bagi keberhasilan baik dalam pendidikan, karier, maupun partisipasi aktif dalam Masyarakat (Sarifah & Nurita, 2023). Keterampilan kritis tidak hanya memungkinkan individu untuk memahami dunia di sekitar mereka dengan lebih baik, tetapi juga memberdayakan mereka untuk menavigasi informasi yang melimpah, mengidentifikasi bias, dan merumuskan solusi inovatif terhadap masalah yang kompleks (Anggraeni et al., 2022). Dalam konteks pendidikan, pengembangan keterampilan kritis tidak hanya membantu siswa dalam memahami materi pelajaran, tetapi juga membekali mereka untuk menghadapi kompleksitas dunia nyata dan berkontribusi secara konstruktif dalam masyarakat yang terus berubah (Fauzan et al., 2022). Tanpa keterampilan ini, siswa berisiko menjadi pasif dalam menerima informasi dan kurang mampu beradaptasi dengan tuntutan dunia pasca-pendidikan (Juliyantika & Batubara, 2022).

Geografi sebagai disiplin ilmu yang mengintegrasikan studi tentang fenomena fisik dan manusia di permukaan bumi serta hubungannya satu sama lain, secara inheren kaya akan potensi untuk menumbuhkan keterampilan berpikir kritis (Asep & Novio, 2024). Studi geografi menuntut siswa untuk berpikir secara spasial, memahami pola dan hubungan antar lokasi, menganalisis data geografis (seperti peta, citra satelit, dan statistik spasial), serta mengevaluasi dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan dan sebaliknya (Sejati et al., 2023). Materi geografi seringkali menghadirkan isu-isu kompleks yang memerlukan pemahaman mendalam, analisis multi-dimensi, dan kemampuan untuk melihat suatu fenomena dari berbagai perspektif (Alnursa et al., 2022). Misalnya, isu perubahan iklim tidak hanya melibatkan pemahaman ilmu atmosfer, tetapi juga analisis dampak sosial-ekonomi, migrasi manusia, dan kebijakan tata ruang (Termal, 2024). Dengan demikian, geografi dapat menjadi platform yang sangat efektif untuk melatih siswa dalam keterampilan kritis seperti analisis spasial, interpretasi data, evaluasi sumber informasi yang beragam, pemodelan skenario, dan pengambilan keputusan berbasis bukti (Syamsunardi et al., 2024). Kemampuan ini sangat esensial bagi generasi muda untuk menjadi warga negara yang bertanggung jawab dan mampu berkontribusi pada penyelesaian masalah lingkungan dan sosial global (Juliyantika & Batubara, 2022).

Namun, dalam beberapa dekade terakhir, telah terjadi pergeseran paradigma dalam pendidikan yang menekankan pentingnya integrasi berbagai disiplin ilmu untuk menciptakan pembelajaran yang lebih holistik, relevan, dan mempersiapkan siswa untuk tantangan abad ke-21 (Wahyuni, 2021). Salah satu pendekatan yang mendapatkan perhatian besar dan menjadi fokus global adalah integrasi pendekatan Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) (Arief, 2025). Pendekatan STEM berupaya menghubungkan keempat bidang ini, mendorong siswa untuk melihat bagaimana konsep-konsep ilmiah (Science) ditemukan dan dijelaskan, bagaimana teknologi (Technology) digunakan untuk memecahkan masalah dan menciptakan solusi, bagaimana rekayasa (Engineering) merancang dan membangun sistem atau produk, serta bagaimana matematika (Mathematics) menyediakan alat kuantitatif untuk analisis dan pemodelan. Integrasi STEM tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap mata pelajaran STEM itu sendiri, tetapi juga untuk mengembangkan keterampilan abad ke-21 seperti kolaborasi, kreativitas, komunikasi, inovasi, dan yang terpenting, keterampilan

berpikir kritis(Lestari et al., 2021a). Dengan melihat keterkaitan antar disiplin, siswa diharapkan dapat mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam dan kemampuan transfer pengetahuan yang lebih baik ke dalam konteks yang berbeda(Murtini et al., 2024).

Meskipun potensi sinergi antara geografi dan STEM sangat besar, integrasi yang efektif dalam konteks pendidikan geografi, khususnya di tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA), masih menjadi area yang memerlukan eksplorasi lebih lanjut(Putra et al., 2021). Banyak guru dan mahasiswa geografi mungkin belum sepenuhnya memahami bagaimana mengintegrasikan prinsip-prinsip STEM ke dalam kurikulum geografi mereka untuk secara langsung dan terarah membangun keterampilan kritis siswa(Alnursa et al., 2022). Ada kesenjangan antara potensi yang ditawarkan oleh kedua bidang ini dan implementasi praktisnya di ruang kelas(Putra et al., 2021). Kesenjangan ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk kurangnya pelatihan bagi guru, kurikulum yang belum terintegrasi secara memadai, atau keterbatasan sumber daya(Yana et al., 2024). Akibatnya, siswa mungkin tidak mendapatkan manfaat penuh dari pembelajaran geografi yang diperkaya oleh pendekatan STEM, dan pada gilirannya, kurang terlatih dalam keterampilan kritis yang sangat dibutuhkan di dunia modern(Salsabiela & Hanafi, 2024).

Artikel review ini bertujuan untuk menganalisis secara komprehensif literatur yang ada mengenai sinergi antara pendekatan STEM dan disiplin geografi dalam konteks pendidikan SMA. Secara spesifik, review ini akan menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut: (1) Bagaimana keterampilan kritis didefinisikan dan dikembangkan dalam konteks pembelajaran geografi, serta apa saja dimensi utamanya? (2) Bagaimana integrasi STEM, melalui konsep Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika, dapat berkontribusi dalam memperkaya pembelajaran geografi dan pemahaman siswa? (3) Bagaimana sinergi antara STEM dan geografi secara efektif dapat membangun dan meningkatkan keterampilan kritis siswa SMA, dilihat dari berbagai aspek seperti analisis data spasial, pemecahan masalah, dan evaluasi informasi? (4) Apa saja strategi pembelajaran inovatif, metode pengajaran, dan alat yang dapat diterapkan oleh guru untuk mewujudkan sinergi ini dan secara optimal mengembangkan keterampilan kritis siswa?

## Metode

Tinjauan ini mencakup literatur yang paling relevan, terkini, dan berkualitas tinggi terkait sinergi STEM dan Geografi dalam membangun keterampilan kritis siswa SMA, sebuah metodologi pencarian literatur yang sistematis telah diterapkan(Fajri et al., 2024). Proses ini dirancang untuk mengidentifikasi, menyeleksi, dan menganalisis studi-studi yang paling relevan dengan topik penelitian(Fauziah, 2022). Pencarian literatur dilakukan menggunakan beberapa basis data ilmiah terkemuka yang mencakup berbagai disiplin ilmu terkait pendidikan, geografi, dan STEM. Basis data utama yang digunakan meliputi Google Scholar. Selain itu, pencarian juga dilakukan melalui referensi dalam artikel-artikel kunci yang ditemukan menggunakan metode *snowballing* untuk mengidentifikasi studi-studi penting yang mungkin terlewatkan dalam pencarian awal(Ilhami et al., 2023).

Serangkaian kata kunci yang spesifik dan relevan dikembangkan untuk mengoptimalkan hasil pencarian. Kombinasi kata kunci ini digunakan dalam berbagai variasi, baik secara tunggal maupun digabungkan, untuk mencakup spektrum topik yang luas. Kata kunci utama yang digunakan meliputi "STEM" AND "Geography" AND "Critical Thinking", "STEM Education" AND "Geography Education" AND "High School", "Integrating STEM" AND "Geography" AND "Skills", "Science Technology Engineering Mathematics" AND "Geographic Skills" AND "Secondary Education", "Interdisciplinary approach" AND "STEM" AND "Geography" AND

"Critical Skills", serta "Problem-based learning" OR "Inquiry-based learning" AND "STEM" AND "Geography". Istilah-istilah seperti "critical thinking skills", "problem-solving", "spatial analysis", "21st century skills", dan "curriculum integration" juga digunakan dalam kombinasi dengan kata kunci utama untuk menyaring hasil yang lebih spesifik.

Untuk memastikan kualitas dan relevansi literatur yang dianalisis, kriteria inklusi dan eksklusi yang ketat diterapkan. Kriteria inklusi menetapkan bahwa artikel harus diterbitkan dalam bahasa Inggris atau Indonesia, merupakan publikasi ilmiah peer-reviewed (jurnal ilmiah, prosiding konferensi terkemuka), berfokus pada integrasi STEM dan Geografi atau pengembangan keterampilan kritis melalui salah satu atau kedua bidang tersebut, relevan dengan konteks pendidikan menengah (SMA atau setara), dan diterbitkan dalam rentang waktu 5 tahun terakhir (dari tahun 2020 hingga 2025) untuk memastikan kesegaran data dan relevansi dengan tren pendidikan terkini. Namun, beberapa artikel klasik yang sangat berpengaruh di luar rentang waktu tersebut dapat dipertimbangkan jika relevansinya sangat tinggi. Kriteria eksklusi mencakup artikel yang hanya membahas STEM atau Geografi secara terpisah tanpa ada unsur integrasi atau hubungan yang jelas dengan keterampilan kritis, artikel yang tidak berfokus pada pendidikan menengah, sumber non-akademik seperti blog atau opini umum, abstrak atau ringkasan tanpa akses ke teks lengkap, serta artikel yang tidak relevan dengan pengembangan keterampilan kritis.

Setelah tahap pencarian awal, judul dan abstrak dari setiap artikel yang ditemukan ditinjau. Artikel yang tampak relevan kemudian diunduh dan dibaca secara menyeluruh. Jika sebuah artikel memenuhi kriteria inklusi, maka artikel tersebut dimasukkan ke dalam kumpulan literatur untuk analisis lebih lanjut. Proses seleksi ini dilakukan secara independen oleh penulis untuk meminimalkan bias. Artikel yang terpilih kemudian dianalisis secara tematik untuk mengidentifikasi tema-tema berulang, temuan kunci, metodologi yang digunakan, serta kesenjangan penelitian. Data diekstraksi dari setiap artikel untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan penelitian yang telah ditetapkan dalam pendahuluan. Kumpulan literatur akhir kemudian digunakan sebagai dasar untuk menyusun pembahasan tematik dalam artikel review ini.

## **Hasil Dan Pembahasan**

### **Konsep Keterampilan Kritis dalam Konteks Pendidikan Geografi**

Keterampilan kritis merupakan salah satu kompetensi fundamental yang semakin ditekankan dalam kurikulum pendidikan abad ke-21 (Putra et al., 2021). Secara umum, keterampilan kritis merujuk pada kemampuan seseorang untuk berpikir secara jernih dan rasional tentang apa yang harus dilakukan atau apa yang harus dipercayai. Ini melibatkan serangkaian proses kognitif tingkat tinggi yang memungkinkan individu untuk menganalisis informasi secara mendalam, mengevaluasi bukti secara objektif, mengidentifikasi asumsi dan bias, menarik kesimpulan yang logis, dan membuat keputusan yang beralasan (Ariadila et al., 2023). Berbeda dengan berpikir sederhana yang bersifat mekanis, berpikir kritis bersifat reflektif, mandiri, dan bertujuan untuk mencapai pemahaman yang akurat serta solusi yang efektif (Fauzia et al., 2021). Keterampilan ini tidak hanya penting untuk keberhasilan akademis, tetapi juga untuk kewarganegaraan yang bertanggung jawab dan adaptasi dalam lingkungan profesional yang dinamis (Anggraeni et al., 2022).

Dalam konteks pendidikan geografi, pengembangan keterampilan kritis memiliki relevansi yang sangat kuat dan inheren (Asep & Novio, 2024). Geografi, dengan fokusnya pada studi tentang fenomena fisik dan manusia di permukaan bumi serta interaksi yang kompleks di antara keduanya, secara alami menuntut siswa untuk berpikir kritis (Listiono et al., 2021). Analisis spasial, misalnya,

adalah inti dari geografi yang mengharuskan siswa untuk memahami pola, hubungan, dan tren dalam data geografis (Sejati et al., 2023). Ini melibatkan kemampuan untuk menginterpretasikan peta, citra satelit, dan data statistik spasial, serta menghubungkannya dengan konteks dunia nyata. Siswa diajak untuk melihat bagaimana faktor-faktor seperti lokasi, distribusi, dan keterkaitan spasial memengaruhi berbagai fenomena, mulai dari pola pemukiman manusia, penyebaran penyakit, hingga dampak perubahan iklim (Sarifah & Nurita, 2023). Kemampuan ini melampaui sekadar menghafal fakta geografis; ia mendorong siswa untuk bertanya "mengapa" dan "bagaimana" di balik fenomena yang mereka pelajari (Anggraeni et al., 2022).

Lebih lanjut, pendidikan geografi seringkali menyajikan isu-isu yang bersifat multi-dimensi dan seringkali kontroversial, yang memerlukan evaluasi bukti dari berbagai sumber. Misalnya, ketika membahas isu deforestasi, siswa tidak hanya perlu memahami proses fisik penebangan hutan, tetapi juga dampak sosial-ekonomi terhadap masyarakat lokal, peran kebijakan pemerintah, serta tanggung jawab global (Wahyuni, 2021). Hal ini mengharuskan mereka untuk dapat membedakan antara informasi yang dapat dipercaya dan yang tidak, mengenali bias dalam sumber berita atau laporan, dan mengevaluasi argumen dari berbagai pemangku kepentingan. Proses ini secara langsung melatih kemampuan kritis dalam hal analisis sumber, sintesis informasi, dan pembentukan opini yang didukung oleh bukti (Arief, 2025).

Dimensi-dimensi keterampilan kritis yang relevan dalam geografi dapat dikategorikan lebih lanjut. Menurut taksonomi Bloom yang direvisi, keterampilan seperti *menganalisis* (memecah informasi menjadi bagian-bagian dan mengidentifikasi hubungan antar bagian), *mengevaluasi* (membuat penilaian berdasarkan kriteria dan standar), dan *menciptakan* (menyatukan elemen untuk membentuk keseluruhan yang baru dan koheren) sangat penting dalam studi geografi (Utari et al., 2011). Selain itu, kemampuan untuk *menafsirkan*, *menjelaskan*, dan *mengambil tindakan* juga menjadi bagian integral dari pemikiran kritis geografis (Lestari et al., 2021a). Sebagai contoh, seorang siswa yang menganalisis peta risiko bencana tidak hanya mengidentifikasi area yang berisiko, tetapi juga mengevaluasi faktor-faktor penyebab risiko tersebut, memprediksi potensi dampak, dan mengusulkan strategi mitigasi. Proses ini melibatkan penggunaan penalaran deduktif dan induktif, serta kemampuan untuk berpikir secara sistemik (Lestari et al., 2021b).

Oleh karena itu, pendidikan geografi memiliki potensi unik untuk secara eksplisit menumbuhkan keterampilan kritis. Dengan fokus pada pemahaman dunia nyata, analisis data spasial, dan isu-isu kompleks yang melibatkan interaksi manusia-lingkungan, geografi menyediakan "laboratorium" alami bagi siswa untuk melatih kemampuan berpikir kritis mereka (Alnursa et al., 2022). Tanpa penekanan yang disengaja pada pengembangan keterampilan ini, siswa mungkin hanya memperoleh pengetahuan geografis tanpa mampu menerapkannya secara efektif untuk memecahkan masalah atau membuat keputusan yang terinformasi. Penting bagi pendidik untuk secara sadar merancang pembelajaran yang mendorong siswa untuk lebih dari sekadar menerima informasi, melainkan aktif terlibat dalam proses berpikir kritis (Zulfiya et al., 2023).

### **Integrasi STEM dalam Pendidikan Geografi: Potensi dan Tantangan**

Integrasi pendekatan Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) dalam pendidikan geografi membuka peluang signifikan untuk memperkaya pemahaman siswa, meningkatkan keterlibatan mereka, dan yang terpenting, mengembangkan keterampilan berpikir kritis yang esensial untuk abad ke-21 (Murtini et al., 2024). Pendekatan STEM bukan sekadar

mengajar keempat disiplin ilmu secara terpisah, melainkan mencari koneksi dan sinergi di antara mereka untuk memecahkan masalah dunia nyata dan mendorong inovasi. Dalam konteks geografi, integrasi ini dapat diwujudkan dengan berbagai cara, memanfaatkan prinsip-prinsip sains untuk menjelaskan fenomena alam, teknologi untuk menganalisis data spasial, rekayasa untuk merancang solusi lingkungan, dan matematika untuk pemodelan kuantitatif (Putra et al., 2021).

Potensi utama dari integrasi STEM dalam pendidikan geografi terletak pada kemampuannya untuk membawa pembelajaran menjadi lebih konkret, relevan, dan aplikatif. Sains (misalnya, meteorologi, klimatologi, geologi, ekologi) menyediakan landasan ilmiah untuk memahami proses-proses fisik yang membentuk bumi dan mempengaruhi lingkungan (Yana et al., 2024). Ketika siswa mempelajari tentang siklus hidrologi, mereka dapat menerapkan prinsip-prinsip fisika dan kimia untuk memahami bagaimana air menguap, mengembun, dan jatuh sebagai presipitasi. Teknologi, terutama Sistem Informasi Geografis (GIS), penginderaan jauh (remote sensing), dan perangkat lunak pemodelan spasial, memberikan alat yang ampuh bagi siswa untuk memvisualisasikan, menganalisis, dan memanipulasi data geografis dalam skala yang belum pernah terjadi sebelumnya (Lenasari, 2024). Siswa dapat menggunakan GIS untuk memetakan pola persebaran penduduk, menganalisis risiko bencana, atau merencanakan rute transportasi yang efisien. Ini tidak hanya mengajarkan mereka tentang geografi itu sendiri, tetapi juga membekali mereka dengan keterampilan teknis yang sangat dicari di berbagai industri (Mangei et al., 2021).

Bidang teknik (Engineering) menawarkan kerangka kerja untuk memecahkan masalah melalui desain dan inovasi. Dalam geografi, ini bisa berarti merancang solusi untuk masalah lingkungan seperti erosi tanah, pengelolaan sumber daya air, atau pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan (Salsabiela & Hanafi, 2024). Siswa diajak untuk mengidentifikasi masalah, mencari solusi yang layak secara teknis dan ekonomis, serta mempertimbangkan dampak lingkungan dari desain mereka. Misalnya, dalam studi tentang pengelolaan banjir, siswa dapat ditantang untuk merancang sistem tanggul atau infrastruktur hijau yang efektif (Mangei et al., 2021). Sementara itu, matematika menyediakan bahasa universal untuk kuantifikasi, analisis, dan pemodelan. Penggunaan statistik, aljabar, kalkulus, dan geometri sangat penting dalam geografi untuk menganalisis tren data geografis, membangun model prediksi (misalnya, model pertumbuhan populasi, model penyebaran penyakit), dan memahami hubungan kuantitatif antar variabel spasial (Termal, 2024).

Manfaat langsung dari integrasi STEM dalam geografi meliputi peningkatan pemahaman konseptual yang lebih mendalam, karena siswa dapat melihat bagaimana prinsip-prinsip sains dan matematika diterapkan dalam konteks dunia nyata melalui teknologi dan rekayasa (Syamsunardi et al., 2024). Ini juga dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa, karena mereka dihadapkan pada tantangan praktis dan proyek-proyek yang meniru pekerjaan para profesional di bidang terkait. Lebih dari itu, integrasi STEM secara inheren mendorong pengembangan keterampilan berpikir kritis yang telah dibahas sebelumnya. Melalui pemecahan masalah yang kompleks, analisis data yang mendalam, dan proses desain yang iteratif, siswa dilatih untuk berpikir analitis, evaluatif, dan kreatif (Fauziah, 2022).

Namun, implementasi integrasi STEM dalam pendidikan geografi tidak lepas dari tantangan. Salah satu tantangan utama adalah kurangnya persiapan guru. Banyak guru geografi mungkin tidak memiliki latar belakang yang kuat dalam sains, teknologi, teknik, atau matematika, sehingga mereka ragu atau tidak mampu mengintegrasikan unsur-unsur STEM ke dalam pengajaran mereka (Salsabiela & Hanafi, 2024). Diperlukan program pelatihan dan pengembangan profesional yang memadai untuk membekali guru dengan pengetahuan dan keterampilan yang

diperlukan. Keterbatasan sumber daya dan infrastruktur juga menjadi kendala. Sekolah mungkin tidak memiliki akses ke teknologi yang memadai seperti perangkat lunak GIS, sensor, atau peralatan laboratorium yang diperlukan untuk proyek-proyek STEM. Selain itu, kurikulum yang kaku dan terfragmentasi seringkali menjadi penghalang, karena terlalu fokus pada mata pelajaran individual dan kurang memberikan ruang untuk pembelajaran interdisipliner (Arief, 2025).

Tantangan lain adalah kesulitan dalam merancang pengalaman belajar yang benar-benar terintegrasi. Seringkali, integrasi STEM hanya bersifat superficial, di mana unsur-unsur STEM ditambahkan tanpa benar-benar bersinergi dengan inti materi geografi. Penting untuk memastikan bahwa integrasi tersebut bermakna dan mendukung pencapaian tujuan pembelajaran geografi, bukan hanya sekadar "menempelkan" STEM (Lestari et al., 2021a). Penilaian juga menjadi tantangan; bagaimana cara mengukur keterampilan kritis yang dikembangkan melalui proyek-proyek STEM-Geografi secara efektif? Penilaian tradisional mungkin tidak memadai untuk menangkap kompleksitas keterampilan yang dipelajari. Akhirnya, persepsi siswa terhadap geografi sebagai mata pelajaran yang kurang menantang secara teknis dibandingkan STEM dapat menjadi hambatan awal, meskipun integrasi ini justru bertujuan untuk membuktikan sebaliknya. Mengatasi tantangan-tantangan ini memerlukan pendekatan yang holistik, kolaboratif, dan didukung oleh kebijakan pendidikan yang memadai (Wahyuni, 2021).

### **Sinergi STEM dan Geografi dalam Membangun Keterampilan Kritis Siswa SMA**

Sinergi antara Science, Technology, Engineering, dan Mathematics (STEM) dengan Geografi tidak hanya menciptakan pengalaman belajar yang lebih kaya dan relevan, tetapi juga menjadi katalisator yang kuat dalam membangun keterampilan kritis siswa SMA (Ariadila et al., 2023). Ketika kedua domain ini diintegrasikan secara efektif, mereka menciptakan lingkungan pembelajaran yang memungkinkan siswa untuk tidak hanya memahami konsep-konsep geografis, tetapi juga menerapkan prinsip-prinsip ilmiah, teknologi, teknik, dan matematika untuk menganalisis, mengevaluasi, dan memecahkan masalah geografis (Fauzia et al., 2021). Sinergi ini melampaui pembelajaran disiplin ilmu secara terpisah, mendorong siswa untuk berpikir secara interdisipliner dan holistik, yang merupakan inti dari pemikiran kritis.

Salah satu cara utama sinergi STEM dan Geografi membangun keterampilan kritis adalah melalui analisis data spasial yang mendalam. Teknologi seperti Sistem Informasi Geografis (GIS) dan penginderaan jauh (remote sensing) memungkinkan siswa untuk bekerja dengan data geografis yang besar dan kompleks (Fauzia et al., 2021). Dalam pembelajaran geografi tradisional, data seringkali disajikan dalam bentuk tabel atau peta statis. Namun, dengan alat STEM, siswa dapat secara aktif mengumpulkan, memproses, menganalisis, dan memvisualisasikan data ini. Misalnya, saat mempelajari tentang pola urbanisasi, siswa dapat menggunakan GIS untuk menganalisis citra satelit dari waktu ke waktu, mengidentifikasi tren pertumbuhan kota, dan memprediksi dampak urbanisasi di masa depan (Sarifah & Nurita, 2023). Proses ini memerlukan keterampilan kritis dalam menginterpretasikan data, memahami keterbatasan data, dan menarik kesimpulan yang divalidasi. Siswa harus mengevaluasi kualitas data spasial, memilih metode analisis yang tepat, dan mengkomunikasikan temuan mereka secara efektif. Keterampilan ini mencakup kemampuan untuk mengenali pola, mengidentifikasi outlier, dan memahami korelasi atau kausalitas dalam data spasial (Anggraeni et al., 2022).

Selanjutnya, integrasi STEM dalam geografi mendorong pemecahan masalah yang kompleks dan otentik. Banyak isu geografis di dunia nyata, seperti perubahan iklim, pengelolaan sumber daya alam, atau perencanaan tata ruang, tidak dapat diselesaikan hanya dengan satu disiplin ilmu (Arief, 2025). Pendekatan STEM-Geografi memungkinkan siswa untuk mendekati

masalah ini dari berbagai sudut pandang. Misalnya, untuk mengatasi masalah polusi sungai, siswa dapat menerapkan pemahaman sains tentang kualitas air dan ekosistem, menggunakan teknologi untuk memetakan sumber polusi dan mendeteksi kontaminan, menerapkan prinsip rekayasa untuk merancang sistem pengolahan air atau metode pencegahan polusi, dan menggunakan matematika untuk memodelkan dampak polusi serta efektivitas solusi yang diusulkan. Proses ini secara langsung melatih keterampilan kritis dalam mendefinisikan masalah, mengidentifikasi akar penyebabnya, mengembangkan berbagai solusi potensial, mengevaluasi pro dan kontra dari setiap solusi, dan memilih yang paling efektif berdasarkan bukti dan analisis(Lestari et al., 2021b).

Aspek evaluasi informasi dan sumber juga diperkuat melalui sinergi ini. Dalam era informasi yang melimpah, kemampuan untuk membedakan informasi yang akurat dari yang salah sangat penting(Alnursa et al., 2022). Pembelajaran geografi yang mengintegrasikan STEM seringkali melibatkan penggunaan sumber data yang beragam, termasuk data ilmiah, laporan teknis, peta digital, dan berbagai platform online. Siswa harus belajar mengevaluasi kredibilitas sumber-sumber ini, memahami metodologi di balik pengumpulan data (misalnya, bagaimana data citra satelit dikumpulkan dan diproses), dan mengidentifikasi potensi bias(Zulfiya et al., 2023). Misalnya, ketika menganalisis data iklim, siswa perlu memahami bagaimana model iklim dikembangkan (matematika dan sains), bagaimana data diukur (teknologi dan sains), dan bagaimana hasil interpretasinya dapat dipengaruhi oleh cara penyajiannya. Kemampuan untuk secara kritis menganalisis dan mensintesis informasi dari berbagai sumber adalah fondasi dari pemikiran kritis(Juliyantika & Batubara, 2022).

Selain itu, sinergi STEM dan Geografi menumbuhkan kemampuan berpikir sistemik dan interdisipliner. Geografi secara inheren bersifat interdisipliner, dan integrasi STEM semakin memperkuat dimensi ini(Salsabiela & Hanafi, 2024). Siswa belajar melihat bagaimana berbagai komponen – sistem alam, sistem sosial, teknologi, dan proses matematis – saling terkait dan memengaruhi satu sama lain. Misalnya, pemahaman tentang bagaimana teknologi komunikasi memengaruhi pola migrasi manusia, atau bagaimana model matematika dapat digunakan untuk memprediksi penyebaran penyakit yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan sosial(Wahyuni, 2021)Keterampilan ini mendorong siswa untuk melihat gambaran besar, memahami kompleksitas hubungan sebab-akibat, dan menghindari penyederhanaan yang berlebihan. Kemampuan untuk menghubungkan ide-ide dari domain yang berbeda dan menerapkannya dalam konteks baru adalah ciri khas pemikir kritis yang efektif(Sarifah & Nurita, 2023).

Terakhir, sinergi ini mendorong kreativitas dan inovasi dalam berpikir. Ketika siswa dihadapkan pada masalah geografis yang nyata dan diberi alat serta kerangka kerja dari STEM, mereka didorong untuk berpikir di luar kebiasaan. Mereka dapat menggunakan teknologi untuk memvisualisasikan solusi yang belum pernah terpikirkan sebelumnya, menerapkan prinsip-prinsip rekayasa untuk membuat prototipe, atau menggunakan analisis matematis untuk memvalidasi ide-ide kreatif mereka(Alnursa et al., 2022). Proses desain dalam rekayasa, misalnya, menuntut siswa untuk berulang kali bereksperimen, gagal, belajar, dan memperbaiki, yang merupakan siklus penting dalam pengembangan pemikiran kritis dan inovatif. Dengan demikian, integrasi STEM dan Geografi tidak hanya membekali siswa dengan pengetahuan dan keterampilan teknis, tetapi juga menumbuhkan pola pikir yang adaptif, analitis, dan inovatif, yang merupakan esensi dari keterampilan kritis yang dibutuhkan untuk masa depan(Anggraeni et al., 2022).

### **Strategi Pembelajaran Inovatif untuk Mengembangkan Keterampilan Kritis Melalui Sinergi STEM-Geografi**

Mengintegrasikan STEM dengan Geografi untuk menumbuhkan keterampilan kritis siswa

SMA memerlukan adopsi strategi pembelajaran yang inovatif dan berpusat pada siswa. Pendekatan tradisional yang berorientasi pada ceramah dan hafalan seringkali tidak memadai untuk mencapai tujuan ini (Lenasari, 2024). Sebaliknya, strategi yang mendorong keterlibatan aktif, eksplorasi mendalam, dan pemecahan masalah otentik menjadi kunci keberhasilan.

Salah satu strategi yang paling efektif adalah Pembelajaran Berbasis Proyek (Project-Based Learning - PjBL). Dalam PjBL, siswa dihadapkan pada masalah atau tantangan dunia nyata yang kompleks, yang kemudian mereka selesaikan melalui serangkaian proyek (Apriyani & Alberida, 2023). Ketika diterapkan dalam konteks sinergi STEM-Geografi, proyek-proyek ini dapat dirancang untuk menggabungkan berbagai disiplin ilmu. Contohnya, siswa dapat ditugaskan untuk merancang rencana pengelolaan sampah yang berkelanjutan untuk sekolah mereka (Lestari et al., 2021b). Proyek ini akan melibatkan pemahaman sains tentang komposisi sampah dan dampak lingkungannya, penggunaan teknologi seperti GIS untuk memetakan sumber sampah dan area pembuangan yang potensial, penerapan prinsip rekayasa untuk merancang sistem daur ulang atau kompos, serta penggunaan matematika untuk menghitung volume sampah, biaya operasional, dan efektivitas program (Lenasari, 2024). Selama proses pengerjaan proyek, siswa secara inheren menggunakan keterampilan kritis mereka dalam mendefinisikan masalah, mengumpulkan dan menganalisis data, mengevaluasi berbagai solusi, berkolaborasi dengan rekan tim, dan mempresentasikan temuan mereka. PjBL mendorong siswa untuk menjadi agen aktif dalam pembelajaran mereka, memupuk kemandirian, dan mengembangkan kemampuan berpikir kritis secara mendalam (Das et al., 2023).

Strategi inovatif lainnya adalah Pembelajaran Berbasis Inkuiri (Inquiry-Based Learning - IBL). IBL mendorong siswa untuk mengajukan pertanyaan, menyelidiki topik secara mandiri, dan menemukan jawaban melalui eksperimen atau penelitian (Connelly & Clandinin, 2012). Dalam konteks STEM-Geografi, guru dapat memfasilitasi pertanyaan-pertanyaan yang mengarahkan siswa untuk mengeksplorasi fenomena geografis menggunakan metode ilmiah dan alat teknologi. Misalnya, siswa dapat diajak untuk menyelidiki mengapa daerah tertentu memiliki tingkat curah hujan yang berbeda dengan menggunakan data cuaca historis (matematika dan sains) dan memvisualisasikannya menggunakan peta interaktif (teknologi) (Termal, 2024). Mereka dapat merumuskan hipotesis, merancang cara untuk menguji hipotesis tersebut (mungkin dengan simulasi atau analisis data tambahan), dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti yang mereka temukan. IBL sangat efektif dalam mengembangkan keterampilan kritis karena siswa didorong untuk berpikir kritis tentang pertanyaan mereka sendiri, merancang metode investigasi, dan mengevaluasi hasil dari penyelidikan mereka (Utari et al., 2011).

Pembelajaran Berbasis Masalah (Problem-Based Learning - PBL) juga merupakan pendekatan yang sangat relevan. Mirip dengan PjBL, PBL berfokus pada pemecahan masalah, namun seringkali dimulai dengan sebuah skenario masalah yang disajikan kepada siswa (Apriyani & Alberida, 2023). Misalnya, sebuah skenario tentang dampak kekeringan yang berkepanjangan di suatu wilayah dapat disajikan. Siswa kemudian ditugaskan untuk mengidentifikasi penyebab kekeringan (sains, geografi), menganalisis data hidrologi dan pola cuaca (matematika, teknologi), mengevaluasi solusi potensial seperti teknologi irigasi hemat air atau rekayasa penyimpanan air (teknik), dan mengusulkan rekomendasi kebijakan (geografi). PBL melatih siswa untuk berpikir kritis dalam mengidentifikasi apa yang perlu mereka ketahui untuk memecahkan masalah, mencari informasi yang relevan, dan menerapkan pengetahuan mereka secara efektif (Ilhami et al., 2023).

Selain ketiga strategi utama tersebut, penggunaan teknologi interaktif dan simulasi juga berperan penting. Platform simulasi berbasis komputer dapat memungkinkan siswa untuk

memanipulasi variabel dalam model geografis atau lingkungan, seperti memprediksi dampak kenaikan permukaan air laut di wilayah pesisir atau mensimulasikan penyebaran wabah penyakit menular (Fargher, 2018). Ini memungkinkan siswa untuk bereksperimen dengan skenario yang berbeda, mengamati konsekuensi dari tindakan yang berbeda, dan mengembangkan pemahaman yang lebih intuitif tentang sistem yang kompleks. Penggunaan peta digital interaktif, aplikasi GIS mobile, dan alat visualisasi data juga memberdayakan siswa untuk menjadi penjelajah aktif dan analisis data geografis (Fauzia et al., 2021).

Peran guru dalam menerapkan strategi-strategi ini sangat krusial. Guru bertindak sebagai fasilitator, pembimbing, dan pemberi umpan balik, bukan hanya sebagai penyampai informasi (Judrah et al., 2024). Mereka perlu merancang tugas-tugas yang menantang namun dapat dicapai, memfasilitasi diskusi kelompok, mendorong siswa untuk menjelaskan proses berpikir mereka, dan memberikan umpan balik yang konstruktif untuk membantu siswa mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan dalam keterampilan kritis mereka (Fauziah, 2022). Penilaian yang otentik, yang berfokus pada proses dan produk dari tugas-tugas pemecahan masalah dan proyek, juga penting untuk mengukur sejauh mana keterampilan kritis siswa telah berkembang. Dengan menerapkan strategi-strategi pembelajaran inovatif ini secara konsisten, pendidik dapat secara efektif memanfaatkan sinergi STEM dan Geografi untuk membekali siswa SMA dengan keterampilan kritis yang mereka butuhkan untuk sukses di masa depan (Fauziah, 2022).

#### **Evaluasi Keterampilan Kritis dalam Konteks Sinergi STEM-Geografi**

Evaluasi keterampilan kritis dalam konteks integrasi STEM dan Geografi merupakan aspek krusial yang seringkali menantang. Berbeda dengan penilaian pengetahuan faktual atau pemahaman konseptual dasar, keterampilan kritis bersifat dinamis dan kompleks, melibatkan proses kognitif tingkat tinggi yang tidak selalu mudah diukur dengan instrumen penilaian tradisional (Nurhaeni, 2004). Oleh karena itu, pendekatan evaluasi yang digunakan haruslah otentik, multidimensional, dan mampu menangkap kedalaman pemikiran siswa dalam menyelesaikan tugas-tugas geografis yang diperkaya oleh elemen STEM.

Salah satu metode evaluasi yang paling efektif adalah penilaian berbasis kinerja (*performance-based assessment*). Metode ini mengharuskan siswa untuk mendemonstrasikan keterampilan mereka melalui tugas-tugas yang menyerupai situasi dunia nyata (Juita et al., 2019). Dalam konteks sinergi STEM-Geografi, ini bisa berupa proyek penelitian mandiri, pengembangan model spasial menggunakan GIS, presentasi analisis data geografis, atau perancangan solusi teknis untuk masalah lingkungan (Zulfiya et al., 2023). Misalnya, siswa yang ditugaskan untuk menganalisis pola sebaran spesies invasif di suatu wilayah menggunakan GIS, akan dinilai tidak hanya pada ketepatan analisis mereka, tetapi juga pada kemampuan mereka untuk menginterpretasikan hasil, mengevaluasi implikasi ekologis, dan mengusulkan strategi mitigasi. Penilaian kinerja seringkali melibatkan penggunaan rubrik, yang menyediakan kriteria spesifik dan tingkatan kinerja untuk setiap dimensi keterampilan kritis yang dinilai (misalnya, analisis, evaluasi, sintesis, pemecahan masalah). Rubrik ini membantu memastikan objektivitas dan konsistensi dalam penilaian, serta memberikan umpan balik yang jelas kepada siswa mengenai area yang perlu ditingkatkan (Shobron & Suyanto, 2016).

Portofolio siswa juga merupakan alat evaluasi yang sangat berharga. Portofolio terdiri dari kumpulan karya siswa yang dikumpulkan dari waktu ke waktu, yang menunjukkan perkembangan keterampilan kritis mereka. Ini bisa mencakup laporan penelitian, entri jurnal reflektif, hasil analisis data, desain prototipe, atau rekaman video presentasi (Mangei et al., 2021). Dengan meninjau portofolio, guru dapat melacak kemajuan siswa dalam menerapkan keterampilan kritis

dalam berbagai konteks geografis dan STEM, serta mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan individual. Portofolio juga mendorong siswa untuk melakukan refleksi diri, sebuah komponen penting dari pemikiran kritis, di mana mereka diminta untuk mengevaluasi proses belajar mereka sendiri, mengidentifikasi tantangan yang dihadapi, dan merencanakan langkah selanjutnya (Lestari et al., 2021b).

Penilaian formatif memegang peranan penting dalam keseluruhan proses evaluasi. Berbeda dengan penilaian sumatif yang dilakukan di akhir pembelajaran, penilaian formatif dilakukan selama proses pembelajaran untuk memantau kemajuan siswa dan memberikan umpan balik yang dapat segera digunakan untuk meningkatkan pembelajaran (Hidayat et al., 2025). Ini bisa berupa diskusi kelas terpandu, pertanyaan lisan, kuis singkat, observasi guru terhadap aktivitas siswa, atau umpan balik tertulis pada draf awal proyek. Misalnya, saat siswa sedang mengerjakan proyek GIS, guru dapat melakukan observasi dan memberikan umpan balik tentang bagaimana siswa menggunakan alat analisis atau menginterpretasikan peta. Umpan balik formatif ini membantu siswa mengidentifikasi kesalahpahaman atau kesulitan dalam menerapkan keterampilan kritis mereka secara *real-time*, sehingga mereka dapat melakukan perbaikan sebelum penilaian akhir (Sarifah & Nurita, 2023).

Selain itu, penilaian diri (self-assessment) dan penilaian sejawat (peer assessment) dapat diintegrasikan untuk memberdayakan siswa dan mengembangkan keterampilan metakognitif mereka (Juita et al., 2019). Siswa dapat diminta untuk menilai pekerjaan mereka sendiri atau pekerjaan rekan mereka berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan (misalnya, rubrik). Proses ini tidak hanya melatih siswa untuk memahami standar kualitas, tetapi juga mendorong mereka untuk secara kritis mengevaluasi pekerjaan orang lain, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kemampuan mereka untuk mengevaluasi pekerjaan mereka sendiri.

Tantangan utama dalam mengevaluasi keterampilan kritis dalam sinergi STEM-Geografi adalah kompleksitas tugas yang dievaluasi dan sifat interdisipliner dari keterampilan yang dinilai (Fauzia et al., 2021). Penilai harus mampu memahami baik aspek geografis maupun aspek STEM dari tugas tersebut. Oleh karena itu, pengembangan rubrik penilaian yang jelas, spesifik, dan mencakup dimensi-dimensi keterampilan kritis yang relevan (misalnya, kemampuan menganalisis data spasial, mengevaluasi sumber informasi teknis, memecahkan masalah desain lingkungan, mengkomunikasikan temuan kompleks) sangatlah penting (Juita et al., 2019). Kombinasi berbagai metode penilaian, mulai dari penilaian berbasis kinerja, portofolio, hingga penilaian formatif yang berkelanjutan, akan memberikan gambaran yang paling komprehensif tentang sejauh mana siswa telah berhasil mengembangkan keterampilan kritis mereka melalui pengalaman belajar yang mengintegrasikan STEM dan Geografi.

## **Simpulan Dan Saran**

Tinjauan literatur ini menggarisbawahi pentingnya sinergi antara pendekatan Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) dengan Geografi untuk membangun keterampilan kritis siswa Sekolah Menengah Atas (SMA). Integrasi ini krusial untuk membekali siswa dengan kompetensi abad ke-21. Geografi, dengan fokus pada pemahaman spasial dan analisis lingkungan, secara alami mendukung pengembangan pemikiran kritis. Ketika diperkaya oleh elemen STEM (sains, teknologi, rekayasa, dan matematika) potensi ini meningkat signifikan. Temuan utama menunjukkan bahwa sinergi STEM-Geografi secara efektif meningkatkan keterampilan kritis siswa melalui analisis data spasial yang mendalam, pemecahan masalah geografis yang kompleks, evaluasi informasi yang akurat, dan pengembangan pemikiran sistemik.

Strategi pembelajaran inovatif seperti Pembelajaran Berbasis Proyek (PBL), Pembelajaran Berbasis Inkuiri (IBL), dan Pembelajaran Berbasis Masalah (PrBL) sangat efektif dalam memfasilitasi sinergi ini, mendorong keterlibatan aktif siswa. Meskipun tantangan implementasi seperti kurangnya persiapan guru dan keterbatasan sumber daya ada, penelitian masa depan diharapkan dapat mengatasi kesenjangan ini. Secara keseluruhan, integrasi STEM dan Geografi menawarkan jalur transformatif untuk pendidikan geografi, mempersiapkan siswa dengan keterampilan kritis yang mereka butuhkan untuk masa depan.

## Daftar Rujukan

- Alnursa, D. S., Lukman, S., & Abdullah, I. (2022). Pengaruh Sistem Pembelajaran Daring Terhadap Minat Belajar Mahasiswa Program Studi Pendidikan Geografi STKIP Kie Raha Pada Masa Pandemi Covid 19. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(1), 234–241.
- Anggraeni, N., Rustini, T., & Wahyuningsih, Y. (2022). Keterampilan berpikir kritis siswa sekolah dasar pada mata pelajaran ips di kelas tinggi. *Jurnal Review Pendidikan Dasar: Jurnal Kajian Pendidikan Dan Hasil Penelitian*, 8(1), 84–90.
- Apriyani, N. D., & Alberida, H. (2023). Pengaruh model problem based learning (PBL) terhadap keterampilan argumentasi peserta didik pada pembelajaran biologi: Literature review. *BIOCHEPHY: Journal Of Science Education*, 3(1), 40–48.
- Ariadila, S. N., Silalahi, Y. F. N., Fadiyah, F. H., Jamaludin, U., & Setiawan, S. (2023). Analisis pentingnya keterampilan berpikir kritis terhadap pembelajaran bagi siswa. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(20), 664–669.
- Arief, N. R. (2025). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah Dengan Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, And Mathematic) Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Geografi Siswa Kelas X Fase E SMAN 1 Pariangan. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(04), 289–303.
- Asep, A., & Novio, R. (2024). Analisis Sadar Bencana Melalui Pembelajaran Geografi: Studi Literatur. *JURNAL GEOGRAFI, LINGKUNGAN DAN KESEHATAN Учредителу: Universitas Pattimura*, 2(1), 40–46.
- Connelly, F. M., & Clandinin, D. J. (2012). Narrative inquiry. In *Handbook of complementary methods in education research* (pp. 477–487). Routledge.  
<https://api.taylorfrancis.com/content/chapters/edit/download?identifierName=doi&identifierValue=10.4324/9780203874769-30&type=chapterpdf>
- Das, S., Nandgaonkar, V., Eklarker, R., Balkhande, B. W., & Pande, S. D. (2023). Exploring the Dynamics of PBL-Based Learning: A Study on Collaboration, Reflection, Engagement, Critical Thinking, and Student Success. In K. Barua, N. Radwan, V. Singh, & R. Figueiredo (Eds.), *Advances in Higher Education and Professional Development* (pp. 146–158). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-9472-1.ch009>
- Fajri, N., Nursalim, M., & Masitoh, S. (2024). Systematic literature review: Dampak teknologi pendidikan terhadap pengembangan keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif pada pembelajaran matematika: systematic literature review: dampak teknologi pendidikan terhadap pengembangan keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif pada pembelajaran matematika. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 4(1), 11–24.
- Fargher, M. (2018). WebGIS for Geography Education: Towards a GeoCapabilities Approach. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(3), 111.  
<https://doi.org/10.3390/ijgi7030111>
- Fauzan, M. F., Nadhir, L. A., Kustanti, S., & Suciani, S. (2022). Pembelajaran Diskusi Kelompok Kecil: Seberapa Efektif kah dalam Meningkatkan Keterampilan Berfikir Kritis Pada Siswa? *Aksara: Jurnal Ilmu Pendidikan Nonformal*, 8(3), 1805–1814.
- Fauzia, A., Pawestri, D. A., Wahrudin, U., Rahmawati, S. N., Himayah, S., & Nandi, N. (2021). Analisis penentuan lokasi evakuasi bencana banjir dengan sistem informasi

- geografis dan metode simple additive wighting (studi kasus kecamatan cileungsi). *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 9(2), 121–132.
- Fauziah, F. M. (2022). Systematic Literature Review: Bagaimanakah Pembelajaran IPA Berbasis Keterampilan Proses Sains yang Efektif Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis? *Jurnal Pendidikan Mipa*, 12(3), 455–463.
- Hidayat, H. A., Zuniarti, A., Romdhoni, A., & Mulyadi, E. (2025). Peran Penilaian Kerja dan Kompensasi dalam Meningkatkan Kinerja Tutor di PKBM Prestasi Gemilang. *Jurnal Teknologi Dan Bisnis Cerdas*, 1(2), 102–112.
- Ilhami, A., Wahyuni, S., & Putra, N. D. P. (2023). Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa Melalui Model Pembelajaran Problem Based Learning: Sistemik Literatur Review: Improving Students' Science Process Skills Through Problem-Based Learning Models: Systematic Literature Review. *Edu-Sains: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 12(2), 8–15.
- Judrah, M., Arjum, A., Haeruddin, H., & Mustabsyirah, M. (2024). Peran Guru Pendidikan Agama Islam Dalam Membangun Karakter Peserta Didik Upaya Penguatan Moral. *Journal of Instructional and Development Researches*, 4(1), 25–37.
- Juita, E., Zulva, R., & Edial, H. (2019). Developing Assessment Devices On Disaster Geography Course To Improve Critical Thinking Ability. *Jurnal Kependidikan: Penelitian Inovasi Pembelajaran*, 3(1), 85–105. <https://doi.org/10.21831/jk.v3i1.18623>
- Juliyantika, T., & Batubara, H. H. (2022). Tren Penelitian Keterampilan Berpikir Kritis pada Jurnal Pendidikan Dasar di Indonesia. *Jurnal Basicedu*, 6(3), 4731–4744.
- Lenasari, S. N. (2024). *Pengembangan e-modul dengan menggunakan pendekatan stem pada materi mitigasi bencana alam klimatologis Kelas xi SMA pada pembelajaran geografi* [PhD Thesis, Universitas Negeri Malang]. <https://repository.um.ac.id/351849/>
- Lestari, N. A., Eraku, S. S., & Rusiyah, R. (2021a). Pengaruh Pembelajaran Berintegrasikan Science, Technology, Engineering, and Mathematics (Stem) Terhadap Hasil Belajar Geografi Di Sma Negeri 1 Gorontalo. *Jambura Geo Education Journal*, 2(2), 70–77.
- Lestari, N. A., Eraku, S. S., & Rusiyah, R. (2021b). Pengaruh Pembelajaran Project Based Learning Berintegrasikan Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) terhadap Hasil Belajar Geografi di SMA Negeri 1 Gorontalo. *Jambura Geo Education Journal*, 2(2), 70–77.
- Listiono, E. D., Surahman, A., & Sintaro, S. (2021). Ensiklopedia Istilah Geografi Menggunakan Metode Sequential Search Berbasis Android Studi Kasus: Sma Teladan Way Jepara Lampung Timur. *J. Teknol. Dan Sist. Inf*, 2(1), 35.
- Mangei, F. A., Komariyah, L., & Goma, E. I. (2021). Respon siswa kelas x ips sma negeri 2 sendawar terhadap penggunaan media pembelajaran online pada bidang studi geografi. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 9(3), 155–163.
- Murtini, S., Utami, W. S., & Widodo, B. S. (2024). Pengembangan Bahan Ajar Digital Berbasis STEM di Prodi Pendidikan Geografi. *JIIP-Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 7(11), 12530–12535.
- Nurhaeni, N. (2004). Evaluasi Pelaksanaan Program Kursus Bahasa Inggris Sanggar Kegiatan Belajar (SKB) di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Penelitian Dan Evaluasi Pendidikan*, 5(6). <http://journal.uny.ac.id/index.php/jpep/article/view/2060>
- Putra, A. K., Islam, M. N., & Prasetyo, E. B. (2021). Pengembangan Bahan Ajar Digital Mobilitas Penduduk dan Ketenagakerjaan Berbasis STEM. *ASANKA: Journal of Social Science And Education*, 2(2), 149–159.
- Salsabiela, T., & Hanafi, F. (2024). Perbedaan Hasil Belajar Siswa Antara Model PjBL Berbasis STEM dan PjBL Non STEM Pada Pembelajaran Geografi Kelas XII IPS MAN 2 Kudus. *Edu Geography*, 12(1), 38–49.

- Sarifah, F., & Nurita, T. (2023). Implementasi model pembelajaran inkuiri terbimbing untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi siswa. *PENSA: E-Jurnal Pendidikan Sains*, 11(1), 22–31.
- Sejati, A. E., Nasarudin, N., Abd Karim, A. T., Sugiarto, A., Harianto, E., & Sarwan, S. (2023). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Hasil Belajar Geografi secara Daring: Studi Siswa SMA Negeri 1 Samaturu, Sulawesi Tenggara. *Jambura Geo Education Journal*, 4(1), 68–76.
- Shobron, S., & Suyanto, S. (2016). Kinerja Guru Bersertifikasi Dalam Meningkatkan Manajemen Mutu Pendidikan Di Madrasah Ibtidaiyah Muhammadiyah Sudung Kedungtuban Blora Tahun 2015. *Profetika*, 17(01), 57–67.
- Syamsunardi, Ikhwana, N., & Syam, N. (2024). Studi pustaka tentang peran 10 konsep geografi dalam meningkatkan literasi spasial peserta didik. *KNOWLEDGE: Jurnal Inovasi Hasil Penelitian Dan Pengembangan*, 4(4), 173–178.
- Termal, K. (2024). *Studi Analisis Hubungan Iklim Mikro Terhadap Kondisi Kenyamanan Termal Ruang Kuliah Jurusan Geografi FMIPA Universitas Negeri Makassar*.  
[https://www.researchgate.net/profile/Nasrul-Nasrul/publication/382216582\\_Studi\\_Analisis\\_Hubungan\\_Iklim\\_Mikro\\_Terhadap\\_Kondisi\\_Kenyamanan\\_Termal\\_Ruang\\_Kuliah\\_Jurusan\\_Geografi\\_FMIPA\\_Universitas\\_Negeri\\_Makassar/links/6691f779af9e615a15e30a1b/Studi-Analisis-Hubungan-Iklim-Mikro-Terhadap-Kondisi-Kenyamanan-Termal-Ruang-Kuliah-Jurusan-Geografi-FMIPA-Universitas-Negeri-Makassar.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Nasrul-Nasrul/publication/382216582_Studi_Analisis_Hubungan_Iklim_Mikro_Terhadap_Kondisi_Kenyamanan_Termal_Ruang_Kuliah_Jurusan_Geografi_FMIPA_Universitas_Negeri_Makassar/links/6691f779af9e615a15e30a1b/Studi-Analisis-Hubungan-Iklim-Mikro-Terhadap-Kondisi-Kenyamanan-Termal-Ruang-Kuliah-Jurusan-Geografi-FMIPA-Universitas-Negeri-Makassar.pdf)
- Utari, R., Madya, W., & Pusdiklat, K. (2011). Taksonomi bloom. *Jurnal: Pusdiklat KNPk*, 766(1), 1–7.
- Wahyuni, T. W. (2021). *Pengaruh learning cyle 5e terintegrasi stem terhadap kemampuan berpikir spasial geografi dalam perspektif skemata siswa sma / Try Wahyuni* [PhD Thesis, Universitas Negeri Malang]. <https://repository.um.ac.id/161902/>
- Yana, Y., Handoyo, B., & Putra, A. K. (2024). Pengembangan buku ajar digital Geografi SMA berplatform aplikasi 3D Page Flip dengan pendekatan STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematic) materi keragaman budaya di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Geografi: Kajian, Teori, Dan Praktek Dalam Bidang Pendidikan Dan Ilmu Geografi*, 26(2), 4.
- Zulfiya, I., Sumarmi, S., Wagistina, S., & Rosyida, F. (2023). Pengembangan bahan ajar digital berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematic) pada sub materi mitigasi bencana alam di Indonesia. *Jurnal Integrasi Dan Harmoni Inovatif Ilmu-Ilmu Sosial*, 3(8), 828–848.