



Kemampuan penalaran matematis ditinjau pendekatan steam berbantuan *virtual reality*

Ahmad Ijlal Abdika^{1*}, Arief Agoestanto², Scolastika Mariani³

^{1*,2,3}Pendidikan Matematika, Universitas Negeri Semarang, Jawa Tengah, Indonesia

^{1*}ahmadijlal34@gmail.com

*Email Correspondence

© The Author(s) 2025

DOI: <https://doi.org/10.31980/pme.v4i1.2634>

Submission Track:

Received: 14-12-2024 | Final Revision: 12-01-2025 | Available Online: 28-02-2025

How to Cite:

Abdika, A. J., Agoestanto, A., & Mariani, S. (2025). Kemampuan penalaran matematis ditinjau pendekatan steam berbantuan *virtual reality*. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Matematika: PowerMathEdu (PME)*, 4(1), 113-122.

Abstract

Technological advances and the demands of 21st century competencies require students to have high-level thinking skills, one of which is mathematical reasoning. Several studies have shown that students' mathematical reasoning abilities are still relatively low. The application of the STEAM approach supported by Virtual Reality (VR) presents an innovative strategy that can be applied in learning activities. This study aims to describe and examine the impact of the STEAM approach integrated with Virtual Reality (VR) technology in improving students' mathematical reasoning abilities. The method used is Systematic Literature Review by identifying 15 international articles from the Google Scholar database that meet certain selection criteria. The results of the analysis show that the application of VR in the STEAM approach creates an interactive and immersive learning environment, supporting students' understanding of abstract mathematical concepts such as geometry, algebra, and statistics. The integration of Virtual Reality (VR) in learning allows students to visualize abstract concepts concretely and interactively, facilitating logical thinking, evidence construction, and drawing conclusions. In addition, this approach increases learning motivation, information retention, and student engagement in the mathematics learning process.

Keywords: Mathematical reasoning ability; STEAM; Virtual Reality

Abstrak

Perkembangan teknologi dan kebutuhan kompetensi abad ke-21 menuntut siswa untuk memiliki kemampuan berpikir tingkat tinggi, salah satunya adalah kemampuan penalaran matematis. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kemampuan penalaran matematis siswa masih tergolong rendah. Penerapan pendekatan STEAM berbantuan *Virtual Reality* (VR) merupakan inovasi yang dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan dan mengetahui pengaruh pendekatan STEAM berbantuan teknologi *Virtual Reality* (VR) dalam meningkatkan kemampuan penalaran matematis siswa. Metode yang digunakan adalah metode Systematic Literature Review dengan mengidentifikasi 15 artikel internasional dari database Google Scholar yang memenuhi kriteria seleksi tertentu. Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan VR dalam pendekatan STEAM mampu menciptakan lingkungan belajar yang interaktif dan imersif, yang mendukung pemahaman konsep matematika yang abstrak, seperti geometri, aljabar, dan



statistika. Integrasi *Virtual Reality* (VR) dalam pembelajaran memungkinkan siswa untuk memvisualisasikan konsep abstrak secara nyata dan interaktif, sehingga mempermudah proses berpikir logis, penyusunan bukti, serta penarikan kesimpulan. Selain itu, pendekatan ini juga meningkatkan motivasi belajar, retensi informasi, dan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran matematika.

Kata Kunci: Kemampuan penalaran matematis; STEAM; Virtual Reality

Pendahuluan

Perkembangan zaman yang terus terjadi menuntut siswa di sekolah untuk menguasai berbagai kompetensi dengan tujuan untuk menghadapi berbagai tantangan dan masalah yang terus berkembang. Salah satu kompetensi siswa yang perlu dikuasai dan dikembangkan lebih lanjut terutama dalam pembelajaran matematika adalah kemampuan penalaran matematis (Ariati & Juandi, 2022). Penalaran matematis mencakup kemampuan menarik kesimpulan berdasarkan pernyataan yang kebenarannya diketahui serta merumuskan strategi pemecahan masalah (Hudiria & Haji, 2022; Maulandani & Afriansyah, 2024). Kemampuan ini berperan penting dalam membentuk pola pikir siswa dan mendukung proses belajar matematika di semua jenjang pendidikan (Suanto dkk., 2024). Adapun indikator kemampuan penalaran matematis meliputi beberapa aspek, di antaranya: (1) melakukan perhitungan berdasarkan aturan atau rumus tertentu, (2) memperkirakan jawaban dan memilih cara yang tepat (membuat dugaan), (3) memberikan alasan atau bukti untuk menunjukkan bahwa solusi yang diberikan benar, (4) menarik kesimpulan dari beberapa pernyataan (Elfariana dkk., 2024).

Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa kemampuan penalaran matematis siswa masih tergolong rendah (Indah & Nuraeni, 2021; Rahmawati & Astusi, 2022; Sari dkk., 2024). Siswa mengalami kesulitan terutama dalam memahami maksud dari soal cerita dan mengubahnya ke dalam bentuk matematika (Husniah & Azka, 2022; Cahyani, Oktaviyanthi, & Khotimah, 2024). Mereka juga tidak bisa menarik kesimpulan dari suatu masalah dan kesulitan menyelesaikan soal yang menggunakan banyak rumus (Elfariana dkk., 2024). Sejalan dengan itu Nurfitriyanti dkk. (2020) juga menyatakan bahwa siswa yang tidak mampu memahami permasalahan dengan baik, maka proses penyelesaian soal akan menjadi sulit dan rentan terhadap kesalahan. Tingkat pemahaman terhadap masalah yang rendah secara tidak langsung juga akan berdampak pada kesalahan penerapan prosedur penyelesaian masalah serta ketidakmampuan siswa dalam menarik kesimpulan yang tepat sesuai dengan permasalahan yang diberikan (Marfu'ah dkk., 2022; Arnandi dkk., 2023). Selain itu rendahnya kemampuan penalaran matematis disebabkan juga karena pembelajaran yang dilakukan masih berpusat pada guru dan kurangnya partisipasi aktif siswa dalam proses pembelajaran (Eliza dkk., 2023). Oleh karena itu, peran pendidik dalam



menentukan model pembelajaran yang tepat sangatlah diperlukan dengan tujuan untuk mendukung pengembangan kemampuan berpikir siswa.

Strategi inovatif yang dapat diterapkan dalam pembelajaran matematika adalah pendekatan STEAM berbantuan teknologi *Virtual Reality* (VR). STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) merupakan pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu disertai dengan teknologi untuk mengembangkan keterampilan berpikir siswa. Penerapan teknologi pada pendekatan STEAM dapat memudahkan siswa dalam memperoleh berbagai informasi terkait dengan pembelajaran (Januardi & Susiaty, 2023). Pendekatan STEAM yang didukung teknologi VR dapat menciptakan lingkungan belajar yang interaktif, sehingga mempermudah siswa dalam memahami konsep yang abstrak dan kompleks (Mubarok dkk., 2024). VR memungkinkan siswa untuk mengalami visualisasi abstrak dari konsep matematis secara langsung, seperti eksplorasi bentuk geometri tiga dimensi, pemecahan masalah berbasis simulasi, serta penerapan aljabar dalam dunia nyata. Siswa dapat meningkatkan daya nalar dan keterampilan berpikir logisnya melalui pengalaman belajar yang lebih nyata (Rahmawati dkk., 2023).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penerapan VR dalam pembelajaran STEAM memberikan dampak positif terhadap siswa. Adapun dampak penggunaan VR dalam pembelajaran yang mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu yaitu dapat membantu siswa memahami konsep-konsep yang sulit, kemudian meningkatkan motivasi, serta memperbaiki retensi informasi (Sovann dkk., 2024). Studi oleh Cao dkk. (2024) juga menunjukkan bahwa penggunaan VR dalam pembelajaran sains di sekolah dapat meningkatkan kinerja dan keaktifan belajar siswa terutama dalam memecahkan suatu permasalahan. Selain itu penerapan VR dalam pembelajaran matematika juga menghadapi tantangan, seperti biaya pengadaan perangkat, kesiapan infrastruktur sekolah, serta keterampilan guru dalam mengoperasikan teknologi ini. Melalui pemanfaatan teknologi yang tepat, siswa dapat lebih mudah memahami konsep matematika secara mendalam serta mengembangkan keterampilan berpikir. Sejalan dengan Mubarok dkk. (2024) pembelajaran yang mengimplementasikan STEAM berbantuan VR menyajikan pembelajaran yang imersif dan efektif terutama dalam membantu mempermudah pemahaman konsep serta meningkatkan ketertarikan siswa untuk mengikuti kegiatan pembelajaran.

Berdasarkan uraian yang telah dituliskan mengenai kemampuan penalaran matematis, STEAM, *Virtual Reality* maka gagasan utama yang dikembangkan adalah pengintegrasian pendekatan STEAM berbantuan VR untuk meningkatkan kemampuan penalaran matematis. Sedangkan tujuan penelitian ini yaitu untuk mendeskripsikan dan mengetahui efektivitas pendekatan STEAM berbantuan VR untuk meningkatkan kemampuan penalaran matematis siswa.



Metode

Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review. dengan tujuan untuk mengidentifikasi jurnal secara sistematis serta menyajikan fakta yang lebih komprehensif dan menyeluruh (Rahmawati & Juandi, 2022). Tahap identifikasi awal dilakukan dengan mengumpulkan artikel-artikel internasional berkaitan dengan kemampuan penalaran matematis, STEAM, dan VR dengan database utama dari Google Scholar. Kemudian setelah mendapatkan artikel dilanjutkan dengan proses seleksi yang mana proses seleksi menggunakan beberapa kriteria. Adapun kriteria yang dipakai untuk menyeleksi artikel adalah artikel ditulis dalam bahasa inggris, artikel terindeks scopus, dan terdapat kesesuaian antara judul dan abstrak artikel. Setelah melakukan proses seleksi diperoleh 15 artikel yang sesuai dengan topik penelitian untuk ditinjau dan dianalisis lebih lanjut.

Hasil

Diperoleh 15 artikel yang relevan serta memenuhi kriteria seleksi. Selanjutnya artikel-artikel yang relevan dengan permasalahan dikaji dan dianalisis secara mendalam. Adapun data hasil penelitian yang dimuat dalam artikel ini disajikan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Penelitian Terkait Kemampuan Penalaran Matematis, STEAM dan VR

Sumber	Penulis (Tahun)	Nama Jurnal	Hasil Penelitian
Google Scholar	Rosemary Callingham, Dianne Siemon (2021)	The Journal of Mathematical Behavior	Analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa hipotesis tentang hubungan kuat antara pemikiran perkalian dan penalaran matematika dalam domain aljabar, geometri, dan statistika valid. Dengan demikian, skala Penalaran Perkalian yang baru memberikan bukti pemikiran siswa yang mencakup konten dari domain angka
Google Scholar	Elizabeth M. Hughes, Paul J. Riccomini, Joo-Young Lee (2020)	The Journal of Mathematical Behavior	Penelitian menunjukkan bahwa siswa memiliki kesempatan untuk mengembangkan penalaran matematika melalui tulisan. Melalui tulisan siswa menjelaskan pengetahuan prosedural mereka dalam memecahkan masalah secara lebih efektif.
Google Scholar	Amy Ellis, Elise Lockwood, Aytug Ozaltun-Celik (2022)	The Journal of Mathematical Behavior	Melalui rekonseptualisasi empiris, kami menemukan bahwa siswa dapat memanfaatkan penyelidikan dan generalisasi empiris mereka ke dalam bentuk penalaran yang lebih kuat, yang mendukung proses verifikasi, membenaran, dan pembentukan wawasan.
Google Scholar	Paul Christian Dawkins, Anderson Norton (2022)	The Journal of Mathematical Behavior	Logika, seperti pembuktian, harus merupakan reorganisasi tentang cara siswa berpikir tentang hubungan matematika dan terlibat dalam penalaran matematika. Kami berpendapat bahwa hal ini dapat difasilitasi secara produktif dengan membantu siswa menyempurnakan keempat tindakan mental (populating, inferring, expanding, and negating) ini, yang memungkinkan siswa untuk menyajikan bagian-bagian bahasa matematika sebagai benar-benar



Sumber	Penulis (Tahun)	Nama Jurnal	Hasil Penelitian
			bersifat matematika (pengelompokan tindakan yang dapat dibalik dan disusun
Google Scholar	Steven R. Jones, Nicholas E. Long & Jeremy J. Becnel (2023)	Research in Mathematics Education	Siswa lebih mudah memahami konsep melalui animasi yang menunjukkan bagaimana suatu elemen berubah dibandingkan hanya melihat grafik statis.
Google Scholar	Esra Kızılay, Nagihan Tanık Önal & Asli Saylan Kırmızıgül (2024)	Science Activities	Dalam konteks pendidikan STEM, Pendekatan desain rekayasa (Engineering Design Process, EDP) dapat membantu siswa memahami proses berpikir ilmiah dan teknis, serta mendorong kreativitas, kolaborasi, dan pemecahan masalah dengan cara yang inovatif. Selain itu Integrasi VR dalam proses pembelajaran semakin memperkaya pengalaman belajar, karena memungkinkan visualisasi konsep yang sulit divisualisasikan dalam dunia nyata. Pendekatan EDP (Ask, Imagine, Plan, Create, Test, Improve)
Google Scholar	Pavel Smutny (2023)	Interactive Learning Environments	Carousel Learning Stations membantu mengatasi keterbatasan jumlah perangkat VR di kelas dengan sistem rotasi aktivitas. Sedangkan Google Cardboard adalah solusi VR murah dan fleksibel untuk sekolah yang memiliki anggaran terbatas tetapi ingin memanfaatkan teknologi VR dalam pembelajaran.
Google Scholar	T. Lee, Y. Wen, M. Y. Chan, A. B. Azam, C. K. Looi, S. Taib, C. H. Ooi, L. H. Huang, Y. Xie & Y. Cai (2024)	Interactive Learning Environments	VR digunakan untuk menciptakan pengalaman pembelajaran yang lebih mendalam dan interaktif, terutama dalam bidang STEM. Selain itu VR juga memungkinkan eksplorasi konsep-konsep yang sulit divisualisasikan dalam lingkungan belajar tradisional.
Google Scholar	Erni Yulianti, Nor Farahwahidah Abdul Rahman, Hadi Suwono & Fatin Aliah Phang (2025)	Research in Science & Technological Education	Pendekatan STEAM transdisipliner digunakan untuk menghubungkan konsep abstrak ke dunia nyata sehingga memudahkan siswa untuk memahami konsep secara mendalam. Selain itu Integrasi seni dalam pembelajaran mampu meningkatkan kreativitas dan pemecahan masalah siswa.
Google Scholar	Ahmet Erol, Mustafa Erol & Mustafa Başaran (2023)	European Early Childhood Education Research Journal	STEAM berbasis dongeng bisa menjadi metode pembelajaran inovatif untuk mengajarkan keterampilan abad ke-21 utamanya adalah kreativitas dan keterampilan pemecahan masalah. Selain itu integrasi seni dalam pembelajaran sains dan teknologi dapat meningkatkan pemahaman konsep dan motivasi siswa.
Google Scholar	Shereen El Bedewy, Zsolt Lavicza & Irina Lyublinskaya (2024)	Journal of Mathematics and the Arts	Pembelajaran STEAM berbasis museum mengubah cara siswa memahami matematika dan arsitektur dengan cara yang lebih visual, interaktif, dan aplikatif. Pemodelan arsitektur museum dengan GeoGebra meningkatkan keterampilan pemecahan masalah. GeoGebra memungkinkan eksperimen visual dan interaktif, di mana siswa dapat memodifikasi bentuk bangunan dan melihat bagaimana perubahan tersebut



Sumber	Penulis (Tahun)	Nama Jurnal	Hasil Penelitian
			mempengaruhi struktur. Selain itu teknologi seperti AR dan pencetakan 3D dapat membantu menghubungkan teori matematika dengan dunia nyata.
Google Scholar	Zerrin Mercan & Adalet Kandir (2024)	Education 3-13	Makerspace sebagai lingkungan belajar yang fleksibel dapat meningkatkan kreativitas anak-anak melalui eksplorasi dan eksperimen langsung. Makerspace sendiri adalah ruang belajar interaktif yang memungkinkan siswa untuk menciptakan, bereksperimen, dan mengeksplorasi konsep STEAM melalui proyek langsung. dengan menggunakan berbagai alat dan bahan untuk mengembangkan kreativitas, keterampilan pemecahan masalah, dan inovasi teknologi.
Google Scholar	Zeynep Temiz & Mustafa Çevik (2024)	Early Years	Anak-anak yang terlibat dalam aktivitas STEAM menunjukkan peningkatan kreativitas, keterampilan pemecahan masalah, dan pemahaman ilmiah. Selain itu kegiatan berbasis desain dapat meningkatkan eksplorasi dan rasa ingin tahu anak-anak
Google Scholar	Jiahong Su, Iris Heung Yue Yim, Rupert Wegerif & Samuel Kai Wah Chu (2024)	Research in Science & Technological Education	Pembelajaran STEAM berdampak pada peningkatan pengetahuan anak dalam matematika, pemrograman, dan algoritma. Selain itu dampak lainnya adalah pengembangan keterampilan kognitif dan sosial, termasuk berpikir spasial, kreativitas, dan pemecahan masalah melalui kegiatan eksplorasi dan permainan, dengan menekankan pengalaman belajar yang interaktif dan menyenangkan.
Google Scholar	Naomi Thompson (2024)	Research in Mathematics Education	Program STEAM dapat membantu anak mengembangkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kreativitas sejak usia dini. Selain itu dengan menggunakan pendekatan berbasis proyek, eksplorasi digital, dan eksperimen fisik, anak-anak dapat mengembangkan keterampilan penalaran visual-spasial yang lebih baik.

Pembahasan

Integrasi VR dalam pembelajaran memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi konsep abstrak secara konkret dan interaktif, sehingga mendukung pemahaman dalam berbagai domain matematika seperti aljabar, geometri, dan statistika. Bertrand (2024) menunjukkan bahwa pemanfaatan VR dan Augmented Reality (AR) dalam pendidikan matematika meningkatkan penalaran spasial, visualisasi konsep, serta kemampuan siswa dalam membuktikan hubungan matematika.

Pendekatan Engineering Design Process (EDP) dalam pembelajaran STEAM, yang mencakup tahapan *Ask, Imagine, Plan, Create, Test, Improve*, membantu siswa dalam menyusun bukti serta memberikan alasan terhadap argumen matematis (Kızılay dkk., 2024). Selain itu, metode ini mendorong kreativitas, kolaborasi, dan pemecahan masalah



berbasis logika. Penelitian oleh Ozkan dan Umdü Topsakal (2021) menemukan bahwa penerapan EDP secara signifikan meningkatkan kemampuan siswa dalam melakukan manipulasi matematik serta menarik kesimpulan yang logis.

Untuk mengatasi keterbatasan jumlah perangkat VR di kelas, metode Carousel Learning Stations memungkinkan penggunaan VR secara bergilir, sehingga setiap siswa dapat menggunakan visualisasi interaktif untuk mendukung pemahaman dalam mengajukan dugaan dan melakukan manipulasi matematis. Alternatif seperti Google Cardboard menawarkan solusi VR yang ekonomis bagi sekolah dengan anggaran terbatas (Smutny, 2023). Studi meta-analisis oleh Soomro (2025) menegaskan bahwa penggunaan VR dan AR dalam pendidikan STEAM berkontribusi terhadap peningkatan keterampilan berpikir logis dan argumentasi matematis. Selain itu, teknologi seperti GeoGebra, AR, dan pencetakan 3D membantu siswa menyusun bukti dan mengembangkan alasan matematis melalui eksperimen visual dan interaktif (El Bedewy dkk., 2024). Haas (2023) menyatakan bahwa integrasi teknologi ini memperkuat kemampuan siswa dalam membangun argumen berbasis data matematis.

Dengan demikian, penerapan VR dalam pendekatan STEAM memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan mendalam, memungkinkan siswa mengembangkan indikator utama penalaran matematis secara lebih optimal, terutama dalam hal mengajukan dugaan, melakukan manipulasi matematik, menyusun bukti, memberikan alasan terhadap argumen, dan menarik kesimpulan secara logis.

Kesimpulan

Pendekatan STEAM berbantuan teknologi Virtual Reality (VR) mampu memfasilitasi pengembangan kemampuan penalaran matematis siswa. Integrasi VR dalam pembelajaran memungkinkan siswa untuk memvisualisasikan konsep abstrak secara nyata dan interaktif, sehingga mempermudah proses berpikir logis, penyusunan bukti, serta penarikan kesimpulan. Selain itu, pendekatan ini juga meningkatkan motivasi belajar, retensi informasi, dan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran matematika. Tantangan seperti keterbatasan perangkat dan kesiapan guru dapat diatasi melalui strategi pembelajaran inovatif dan alternatif teknologi yang terjangkau. Oleh karena itu, penggunaan VR dalam pembelajaran STEAM merupakan solusi potensial untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan penalaran matematis siswa secara optimal.



Konflik Kepentingan

Tidak terdapat konflik kepentingan terkait dengan publikasi manuskrip ini. Selain itu, isu-etika, termasuk plagiarisme, pelanggaran etika, fabrikasi dan/atau pemalsuan data, publikasi dan/atau pengiriman ganda, serta duplikasi telah sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Referensi

- Ariati, C., & Juandi, D. (2022). Kemampuan Penalaran Matematis: Systematic Literature Review. *Jurnal Lemma*, 8(2), 61–75. <https://doi.org/10.22202/jl.2022.v8i2.5745>
- Arnandi, F., Yusmin, E., Ahmad, D., Rif'at, M., & Siregar, N. (2023). Identifikasi Kemampuan Penalaran Matematis Peserta Didik dalam Menyelesaikan Soal TIMSS Konten Geometri. *Plusminus: Jurnal Pendidikan Matematika*, 3(3), 371–384. <https://doi.org/10.31980/plusminus.v3i3.1502>
- Bertrand, M. G., Sezer, H. B., & Namukasa, I. K. (2024). Exploring AR and VR Tools in Mathematics Education Through Culturally Responsive Pedagogies. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 462–486. <https://doi.org/10.1007/s40751-024-00152-x>
- Cahyani, A. S., Oktaviyanti, R., & Khotimah. (2024). Development Worksheets with an Intuition-Based Concrete-Representational-Abstract Approach to Facilitate Students' Mathematical Reasoning. *Plusminus: Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(1), 1–16. <https://doi.org/10.31980/plusminus.v4i1.1462>
- Cao, S., Chu, J., Zhang, Z. C., & Liu, L. (2024). The effectiveness of VR environment on primary and secondary school students' learning performance in science courses. *Interactive Learning Environments*. <https://doi.org/10.1080/10494820.2024.2312921>
- El Bedewy, S., Lavicza, Z., & Lyublinskaya, I. (2024). STEAM practices connecting mathematics, arts, architecture, culture and history in a non-formal learning environment of a museum. *Journal of Mathematics and the Arts*. <https://doi.org/10.1080/17513472.2024.2321563>
- Elfariana, R., Aisyah, N., & Susanti, E. (2024). Development of Interactive Electronic Student Worksheets on Pythagorean Theorem Material to Support Students' Mathematical Reasoning in Junior High Schools. 15(1), 306–318. <https://journal.unnes.ac.id/journals/kreano>
- Eliza, R., Sepriyanti, N., & Husniyah Ulfah. (2023). Penerapan Pendekatan Berpikir Metaforis Terhadap Kemampuan Penalaran Matematis Siswa. *Mathema Journal*, 5(2), 82–92.
- Indah, P., & Nuraeni, R. (2021). Perbandingan kemampuan penalaran deduktif matematis melalui Model PBL dan IBL berdasarkan KAM. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(1), 165–176. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v10i1.650>
- Haas, B., Lavicza, Z., Houghton, T., & Kreis, Y. (2023). Can you create? Visualising and modelling real-world mathematics with technologies in STEAM educational settings. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 52(January 2022), 101297. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2023.101297>
- Hudiria, I., & Haji, S. (2022). Mathematical disposition dan self-concept terhadap



- kemampuan penalaran matematis mahasiswa pada masa pandemi Covid-19. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 11(3), 435-446. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v11i3.734>
- Husniah, A., & Azka, R. (2022). Modul matematika dengan model pembelajaran problem based learning untuk memfasilitasi kemampuan penalaran matematis siswa. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 11(2), 327-338. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v11i2.724>
- Januardi, A., & Susiaty, U. D. (2023). Peningkatan Kemampuan Matematis Siswa dengan Pendekatan STEAM pada Open Class Materi Pola Bilangan. *Juwara Jurnal Wawasan Dan Aksara*, 3(1), 20–29. <https://doi.org/10.58740/juwara.v3i1.60>
- Kızılay, E., Tanık Önal, N., & Saylan Kırızigül, A. (2024). A rollercoaster STEM activity involving virtual reality. *Science Activities*, 61(2), 95–105. <https://doi.org/10.1080/00368121.2024.2308793>
- Maulandani, S., & Afriansyah, E. A. (2024). Mathematical Reasoning Skills Review of Student Self-Regulated Learning in Number Pattern. *Plusminus: Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(1), 27-46. <https://doi.org/10.31980/plusminus.v4i1.1685>
- Marfu'ah, S., Zaenuri, Masrukan, & Walid. (2022). Model Pembelajaran Matematika untuk Meningkatkan Kemampuan Penalaran Matematis Siswa. *Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 5, 50–54. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/prisma/>
- Mubarak, W. K., Surabaya, U. N., Anugrah, S., & Surabaya, U. N. (2024). Analisis Media Pembelajaran Berbasis Virtual Reality Melalui Pendekatan Steam Guna Meningkatkan. *AL-IRSYAD: Journal of Psysics Educations*, 3(2), 57–68.
- Nurfitriyanti, M., Kusumawardani, R., & Lestari, I. (2020). Kemampuan Representasi Matematis Peserta Didik Ditinjau Penalaran Matematis pada Pembelajaran Berbasis Masalah. *Jurnal Gantang*, 5(1), 19–28. <https://doi.org/10.31629/jg.v5i1.1665>
- Ozkan, G., & Umdü Topsakal, U. (2021). Exploring the effectiveness of STEAM design processes on middle school students' creativity. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(1), 95–116. <https://doi.org/10.1007/s10798-019-09547-z>
- Rahmawati, K. D., & Astuti, D. (2022). Kemampuan penalaran matematis siswa SMA pada materi pertidaksamaan dua variabel. *Plusminus: Jurnal Pendidikan Matematika*, 2(2), 187-200.
- Rahmawati, I., Anwar, M. S., Saputra, A. A., & Fauza, M. R. (2023). Implementasi Pendidikan Karakter Dalam Proses Pembelajaran Matematika Kelas X MA Ma'arif Roudlotut Tholibin Kota Metro. *Jurnal Penelitian Tindakan Kelas*, 1(2), 91–105. <https://doi.org/10.61650/jptk.v1i2.160>
- Rahmawati, L., & Juandi, D. (2022). Pembelajaran Matematika Dengan Pendekatan Stem: Systematic Literature Review. *Teorema: Teori Dan Riset Matematika*, 7(1), 149. <https://doi.org/10.25157/teorema.v7i1.6914>
- Sari, N., Sukmaningthias, N., Nuraeni, Z., & Rosyada, A. (2024). Development of Mathematical Literacy Tests to Measure Student's Reasoning and Representation Skills. *Plusminus: Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(3), 437-452. <https://doi.org/10.31980/plusminus.v4i3.2367>
- Smutny, P. (2023). Learning with virtual reality: a market analysis of educational and training applications. *Interactive Learning Environments*, 31(10), 6133–6146. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2028856>



- Soomro, R. B. K., Soomro, A. B., Shah, S. T. A., & Memon, I. (2025). Integration of Virtual Reality and Augmented Reality into STEAM Education: A Meta-Analysis. *Journal of Advance Research in Social Science and Humanities*, 10(9), 71–85. <https://doi.org/10.61841/ameexk04>
- Sovann, D., Chan, S., & Lay, M. (2024). *Integrating Virtual Reality in STEM Education: Enhancing Engagement and Learning Outcomes*. 1, 22–26.
- Suanto, E., Rianti, E., Zulnaldi, H., Studi, P., Matematika, P., & Riau, U. (2024). Development of Student Worksheets on Pythagorean Theorem Content Based on Creative Problem Solving to Facilitate Mathematical Reasoning Ability. 15(2), 463–480.

