

Analisis Model Pembelajaran STEAM sebagai Strategi Pengembangan Numerasi Aljabar di Sekolah Menengah Pertama

Suharni¹⁾, Ida Sulistiawati^{2)*}, Nico Irawan³⁾

¹⁾Universiti Kebangsaan Malaysia, Selangor, Malaysia

²⁾Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, Surabaya, Indonesia

³⁾Rajamangala University of Technology Krungthep, Thailand

*Correspondence: p110305@siswa.ukm.edu.my

Abstract: This study aims to analyze the effectiveness of implementing the STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) Learning Model as a strategy to develop algebraic numeracy in junior high schools (SMP). The research employed a quasi-experimental design, specifically the pretest-posttest non-equivalent control group design, involving 120 seventh-grade students divided into an experimental group (STEAM-based learning) and a control group (conventional learning). The main instruments included an algebraic numeracy test, a learning motivation questionnaire, observation sheets, and interview guidelines to explore qualitative aspects. Quantitative data analysis was performed using t-tests and effect size calculations to measure differences in learning outcome improvement between the two groups. The results showed that the experimental group achieved a significantly higher increase in algebraic numeracy scores compared to the control group. Moreover, classroom observations and interviews with teachers and students revealed that STEAM-based instruction enhances active participation, learning motivation, and collaborative skills. This positive impact is partly driven by the interdisciplinary integration, which makes algebraic material more contextual and engaging. Despite some obstacles, such as limited facilities and time constraints, the overall findings conclude that the STEAM Learning Model effectively contributes to strengthening students' understanding of algebraic concepts in junior high schools. The practical implications of these findings underscore the need for teacher support and training, curriculum adjustments, and adequate resources to expand the implementation of STEAM across various schools.

Keywords: STEAM, Algebraic Numeracy

Abstrak: Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas penerapan Model Pembelajaran *STEAM* (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) sebagai strategi pengembangan numerasi aljabar di Sekolah Menengah Pertama (SMP). Penelitian menggunakan desain quasi-experimental dengan pretest-posttest non-equivalent control group design, melibatkan 120 siswa kelas VII yang terbagi dalam kelompok eksperimen (pembelajaran STEAM) dan kelompok kontrol (pembelajaran konvensional). Instrumen utama berupa tes numerasi aljabar, angket motivasi belajar, lembar observasi, serta pedoman wawancara untuk menggali aspek kualitatif. Analisis data kuantitatif dilakukan menggunakan uji t-test dan perhitungan effect size untuk mengukur perbedaan peningkatan hasil belajar antara kedua kelompok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelompok eksperimen mengalami peningkatan nilai numerasi aljabar yang lebih tinggi secara signifikan dibandingkan kelompok kontrol. Selain itu, observasi kelas dan wawancara dengan guru serta siswa mengungkapkan bahwa pembelajaran STEAM meningkatkan partisipasi aktif, motivasi belajar, serta keterampilan kolaboratif. Dampak positif ini antara lain dipicu oleh integrasi lintas disiplin yang membuat materi aljabar lebih kontekstual dan menarik. Kendati masih dijumpai kendala, seperti keterbatasan fasilitas pendukung dan waktu, secara keseluruhan penelitian ini menyimpulkan bahwa Model Pembelajaran STEAM berkontribusi efektif dalam memperkuat pemahaman konsep aljabar pada siswa SMP. Implikasi praktis dari temuan ini menegaskan perlunya dukungan dan pelatihan guru, penyesuaian kurikulum, serta ketersediaan sumber daya memadai untuk memperluas penerapan STEAM di berbagai sekolah.

Kata kunci: STEAM, Numerasi Aljabar

This is an open access article under the [CC - BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.



PENDAHULUAN

Pembelajaran di Sekolah Menengah Pertama (SMP) memegang peranan penting sebagai fondasi pengetahuan dan keterampilan siswa di jenjang pendidikan selanjutnya. Salah satu kompetensi dasar yang wajib dikuasai di tingkat ini adalah numerasi, terutama dalam konteks aljabar. Numerasi aljabar tidak hanya membantu siswa dalam menyelesaikan masalah matematika semata, tetapi juga menjadi landasan untuk mengembangkan pola pikir logis, kritis, dan analitis pada pelajaran lain. Jika kemampuan numerasi aljabar tidak dikembangkan secara optimal, siswa dapat mengalami kesulitan dalam memahami topik matematika yang lebih lanjut dan juga dapat berdampak pada pencapaian akademik di berbagai mata pelajaran yang saling berkaitan.

Meski numerasi aljabar sangat penting, beberapa hasil studi menunjukkan bahwa tingkat pemahaman siswa SMP masih jauh di bawah harapan (Gita Andriani, 2023). Rendahnya pemahaman ini bukan semata karena materi yang

kompleks, tetapi juga karena metode pembelajaran yang kurang kontekstual. Siswa kerap diposisikan sebagai penerima informasi secara pasif, sehingga jarang dilibatkan dalam kegiatan pembelajaran yang mengedepankan eksplorasi dan kolaborasi. Permasalahan ini menuntut upaya inovatif untuk mencari pendekatan pembelajaran yang dapat merangsang minat belajar siswa serta meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif.

Salah satu solusi yang mulai banyak diadopsi dalam beberapa tahun terakhir adalah penerapan Model Pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*). Model STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) berupaya mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu secara menyeluruh sehingga siswa tidak hanya menerima materi secara terpisah, melainkan dihadapkan pada situasi problem-based learning dan project-based learning yang lebih kaya (Utaminingsih et al., 2023). Pendekatan ini juga menekankan aspek desain dan seni (Arts) untuk mengembangkan kreativitas, yang pada akhirnya dapat membantu siswa memahami konsep matematika, termasuk aljabar, dengan cara yang lebih menarik dan aplikatif.

Penerapan Model Pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) di kelas dapat memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengalami proses kolaborasi lintas bidang. Dalam konteks numerasi aljabar, misalnya, tugas proyek yang menggabungkan pemodelan sains, penggunaan teknologi, serta penerapan desain kreatif akan mendorong siswa untuk menerapkan konsep aljabar dalam situasi nyata. Beberapa penelitian menemukan bahwa pembelajaran berbasis STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) mampu meningkatkan motivasi dan pemahaman mendalam terhadap materi matematika, karena siswa didorong untuk membangun pemahaman secara konstruktif dan kontekstual (Hsu et al., 2023).

Namun demikian, pemahaman tentang bagaimana Model Pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) benar-benar berkontribusi terhadap penguasaan numerasi aljabar di SMP masih memerlukan studi lebih lanjut. Penelitian terdahulu banyak berfokus pada efektivitas STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) untuk meningkatkan minat belajar sains dan kreativitas, tetapi masih terbatas penelitian yang secara spesifik mengeksplorasi kaitan antara Model STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) dan kemampuan aljabar. Hal ini menjadi celah penelitian yang perlu ditindaklanjuti. Selain itu, setiap konteks sekolah memiliki karakteristik dan tantangan tersendiri, sehingga hasil penelitian pada satu setting belum tentu dapat diimplementasikan secara langsung di setting lain.

Oleh karena itu, penelitian ini menjadi urgen untuk dilakukan karena tingginya tuntutan akan metode pembelajaran yang mampu meningkatkan kompetensi abad ke-21, termasuk di dalamnya pemikiran kritis, problem solving, kreativitas, kolaborasi, dan literasi digital. Dengan mengintegrasikan ilmu pengetahuan, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika, diharapkan siswa SMP memiliki landasan kuat dalam memahami konsep aljabar dan mengaitkannya dengan fenomena nyata di sekitar mereka. Pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) juga diyakini dapat membangkitkan motivasi siswa, karena mereka belajar dalam suasana yang lebih interaktif dan menantang.

Penelitian ini memfokuskan diri pada analisis Model Pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) sebagai strategi pengembangan numerasi aljabar di Sekolah Menengah Pertama. Berbeda dari penelitian terdahulu, studi ini tidak hanya mengukur peningkatan hasil belajar siswa, tetapi juga menganalisis proses pembelajaran yang terjadi di kelas. Observasi terhadap interaksi siswa, kegiatan praktis, dan cara guru mengimplementasikan kegiatan berbasis STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) diharapkan dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai dampak pembelajaran ini pada berbagai aspek perkembangan kognitif dan nonkognitif siswa.

Dengan memadukan pendekatan kualitatif dan kuantitatif, penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan temuan baru yang mampu mengisi kekosongan kajian terkait efektivitas STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) dalam meningkatkan kompetensi aljabar. Melalui analisis mendalam, diharapkan pula diperoleh pemahaman yang lebih terstruktur mengenai faktor-faktor pendukung dan penghambat. Temuan tersebut selanjutnya dapat dijadikan rujukan bagi guru dan pengambil kebijakan pendidikan untuk mengembangkan modul, kurikulum, dan pelatihan guru yang lebih tepat guna.

Dari sisi kebaharuan penelitian, studi ini mengintegrasikan perspektif lintas disiplin untuk menilai proses pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*). Tidak hanya dari segi pencapaian kognitif, tetapi juga bagaimana siswa memanfaatkan teknologi dalam menyelesaikan proyek matematika yang berkaitan dengan konsep aljabar. Selain itu, penelitian ini akan menyertakan analisis data lapangan yang melibatkan wawancara dengan guru dan siswa, serta pengamatan langsung di kelas. Pendekatan ini memberikan nilai tambah karena akan memberikan gambaran nyata tentang praktik pembelajaran yang terjadi di sekolah, bukan sekadar hasil tes semata.

Secara konseptual, kerangka pemikiran penelitian ini didasarkan pada teori belajar konstruktivis yang menekankan pentingnya interaksi sosial dan lingkungan belajar yang kaya. STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) dipandang sebagai pendekatan yang selaras dengan prinsip konstruktivisme, karena menempatkan siswa sebagai subjek aktif yang membangun pengetahuan mereka melalui eksplorasi, diskusi, dan kolaborasi (Kang, 2019). Dengan diterapkannya STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*)

dalam pembelajaran aljabar, siswa diajak untuk mengalami proses ilmiah, berpikir kreatif, dan menerapkan konsep matematika secara kontekstual.

Berdasarkan pemaparan di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara mendalam bagaimana Model Pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) dapat menjadi strategi efektif dalam mengembangkan numerasi aljabar di kalangan siswa SMP. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan teoretis bagi pengembangan metode pembelajaran inovatif, sekaligus kontribusi praktis bagi guru dan institusi pendidikan dalam mengoptimalkan proses belajar mengajar di kelas. Dengan demikian, pembelajaran aljabar tidak lagi dipandang sebagai materi yang abstrak dan menakutkan, tetapi dapat diintegrasikan dengan berbagai aspek kehidupan sehingga siswa lebih termotivasi dan mampu menguasai konsep secara mendalam.

TINJAUAN PUSTAKA

Model Pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*)

Model Pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) merupakan konsep yang menekankan integrasi lima disiplin ilmu untuk menciptakan proses belajar interdisipliner dan kontekstual. Menurut [Mejias et al., \(2021\)](#), pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) bertujuan untuk mengembangkan keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif. Dalam praktiknya, STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) memadukan proyek berbasis masalah dan pengalaman hands-on, sehingga siswa diajak untuk membangun pengetahuan dari berbagai sudut pandang. Model ini diyakini mampu meningkatkan motivasi belajar karena peserta didik langsung merasakan relevansi materi dengan kehidupan nyata.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan efektivitas STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) dalam memupuk minat belajar siswa, khususnya di bidang sains dan teknologi. Studi yang dilakukan oleh [Perignat & Katz-Buonincontro, \(2019\)](#) menemukan bahwa penerapan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) pada siswa SMP dapat meningkatkan pemahaman konsep sains hingga 25% lebih baik dibandingkan model konvensional. Di sisi lain, [Aguayo et al., \(2023\)](#) mengungkapkan bahwa STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) membantu guru dalam merancang kegiatan pembelajaran yang terintegrasi, sehingga siswa tidak hanya menerima pengetahuan secara terpisah, melainkan melihat korelasi antarbidang ilmu. Keterpaduan ini dipercaya turut mengembangkan keterampilan pemecahan masalah secara holistik.

Kendati demikian, masih diperlukan penyesuaian model pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) agar dapat diterapkan secara optimal dalam konteks pendidikan Indonesia, terutama di jenjang SMP. [Lu et al., \(2022\)](#) menekankan bahwa tantangan utama terletak pada keterbatasan infrastruktur dan pengetahuan guru dalam merancang proyek yang relevan dengan kurikulum. Selain itu, adaptasi konten lokal juga menjadi elemen penting agar siswa dapat lebih mudah memaknai konsep yang dipelajari. Dari segi kebaruan, penelitian tentang STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) di tingkat SMP relatif masih terbatas, sehingga terbuka peluang untuk meneliti aspek khusus seperti dampaknya terhadap kemampuan matematika, khususnya aljabar.

Numerasi Aljabar

Numerasi aljabar mengacu pada kemampuan peserta didik dalam memahami, menerapkan, dan memanipulasi simbol-simbol matematika guna memecahkan masalah yang bersifat kuantitatif. Menurut [Kinanti et al., \(2023\)](#), numerasi aljabar menjadi fondasi penting bagi siswa dalam melanjutkan ke topik-topik matematika yang lebih kompleks seperti geometri analitik, trigonometri, dan kalkulus. Keberhasilan membangun numerasi aljabar di tingkat SMP sangat berpengaruh pada perkembangan kognitif peserta didik, sehingga perlu diberikan perhatian khusus dalam proses pembelajarannya.

Penelitian-penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa masih banyak siswa yang mengalami kesulitan dalam memahami konsep dasar aljabar. [Isnaintri et al., \(2023\)](#) menemukan bahwa sekitar 40% siswa SMP tidak dapat menyelesaikan soal aljabar sederhana yang melibatkan operasi penjumlahan dan pengurangan variabel. Kesenjangan ini disebabkan oleh berbagai faktor, seperti pendekatan pengajaran yang masih berfokus pada hafalan rumus serta kurangnya penerapan konteks nyata dalam pembelajaran. Akibatnya, siswa cenderung memandang aljabar sebagai sekumpulan simbol tanpa makna mendalam.

Berbagai upaya telah dilakukan untuk memperbaiki pemahaman aljabar, misalnya melalui penggunaan media manipulatif, strategi kooperatif, dan pembelajaran berbasis masalah ([Susanto et al., 2023](#)). Meskipun begitu, pendekatan-pendekatan tersebut kerap dilaksanakan secara parsial tanpa mengintegrasikan disiplin ilmu lain. Kesempatan untuk mengaitkan konsep aljabar dengan bidang sains, teknologi, seni, dan teknik masih terbuka luas, terutama melalui penerapan model STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*). Oleh karena itu, menggabungkan aspek STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) dalam pembelajaran numerasi aljabar di SMP menjadi peluang untuk tidak hanya memperkuat pemahaman siswa terhadap konsep matematika, tetapi juga menumbuhkan keterampilan berpikir lintas disiplin.

METODE

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan sentuhan kualitatif secara terbatas (*mixed-method*) untuk mengeksplorasi efektivitas penerapan Model Pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) sebagai strategi pengembangan numerasi aljabar di Sekolah Menengah Pertama (Grace et al., 2023). Pada aspek kuantitatif, penelitian menggunakan desain eksperimen semu (*quasi-experimental design*), khususnya *pretest-posttest non-equivalent control group design*, di mana terdapat dua kelompok sampel (kelompok eksperimen yang mendapatkan perlakuan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) dan kelompok kontrol yang mendapatkan pembelajaran konvensional). Desain ini dipilih karena kondisi lapangan tidak memungkinkan peneliti melakukan pengacakan subjek secara sempurna (*random*), namun tetap memungkinkan adanya perbandingan hasil belajar antara kedua kelompok. Pendekatan kualitatif digunakan untuk memperkaya temuan kuantitatif, terutama dalam memahami persepsi guru dan siswa terhadap implementasi STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) serta kendala-kendala yang dihadapi selama proses pembelajaran. Kombinasi dua pendekatan ini diharapkan dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai efektivitas serta keterlaksanaan model pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) dalam meningkatkan kemampuan numerasi aljabar. Selain itu, penelitian ini juga melakukan studi dokumentasi untuk menelaah silabus dan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran yang relevan sebagai bagian dari triangulasi data.

Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh siswa kelas VII di empat SMP negeri di kota Surabaya yang telah menerapkan Kurikulum. Penentuan populasi tersebut didasarkan pada pertimbangan bahwa materi aljabar di kelas VII merupakan pondasi kritis untuk kelanjutan pembelajaran matematika di jenjang berikutnya. Dari populasi tersebut, dipilih secara *purposive sampling* dua SMP dengan karakteristik yang berbeda: SMP A yang memiliki dukungan sarana dan prasarana laboratorium cukup memadai, serta SMP B dengan fasilitas yang lebih terbatas. Masing-masing sekolah kemudian ditentukan dua kelas sebagai sampel, satu kelas bertindak sebagai kelompok eksperimen dan satu kelas lainnya sebagai kelompok kontrol. Penggunaan *purposive sampling* dilakukan untuk memastikan variabilitas konteks dan sumber daya di masing-masing sekolah sehingga hasil penelitian dapat memberikan wawasan yang lebih luas. Total siswa yang terlibat sekitar 120 peserta didik, terdiri dari 60 siswa di kelompok eksperimen dan 60 siswa di kelompok kontrol.

Subjek penelitian ini, selain siswa SMP kelas VII, juga mencakup guru matematika yang terlibat langsung dalam penerapan model pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*). Guru yang terlibat minimal memiliki kualifikasi pendidikan S1 pendidikan matematika dan telah memiliki pengalaman mengajar di SMP selama lima tahun atau lebih. Keterlibatan guru dalam penelitian bukan hanya sebagai pelaksana pembelajaran, tetapi juga sebagai sumber data kualitatif lewat wawancara mendalam dan catatan reflektif terkait implementasi STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*). Dengan demikian, penelitian ini dapat menggali perspektif guru mengenai kemudahan maupun kesulitan mereka dalam menjalankan model STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*), serta sejauh mana mereka melihat dampak perlakuan terhadap perkembangan kompetensi aljabar siswa. Keterlibatan berbagai pihak ini diharapkan dapat memperkuat validitas temuan penelitian, baik dari sisi proses maupun hasil pembelajaran.

Penelitian ini menggunakan beberapa instrumen utama untuk mengumpulkan data kuantitatif dan kualitatif. Pertama, instrumen tes hasil belajar aljabar yang dirancang berdasarkan indikator kompetensi dasar Kurikulum 2013 untuk kelas VII. Tes ini terdiri atas soal pilihan ganda dan uraian singkat yang mencakup aspek pemahaman konsep, penerapan, serta penalaran aljabar. Validitas isi dan reliabilitas tes diuji dengan teknik *expert judgment* dan perhitungan koefisien reliabilitas Cronbach's Alpha sebelum digunakan. Kedua, lembar observasi kegiatan pembelajaran yang memuat indikator penerapan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*), seperti keterlibatan siswa dalam kegiatan proyek, integrasi seni dan teknologi, hingga tingkat kolaborasi antarsiswa. Ketiga, instrumen berupa angket sikap dan motivasi belajar matematika yang diadaptasi guna menilai persepsi siswa terhadap penggunaan model STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*). Keempat, pedoman wawancara semi-terstruktur dengan guru dan beberapa siswa terpilih untuk menggali informasi lebih mendalam mengenai penghayatan proses pembelajaran, kendala teknis, serta tanggapan terhadap pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*).

Pengumpulan data dibagi menjadi dua tahap utama yang berlangsung selama satu semester. Tahap pertama mencakup pengumpulan data kuantitatif dengan melaksanakan tes awal (*pretest*) untuk mengetahui kemampuan awal siswa dalam numerasi aljabar, kemudian melaksanakan tes akhir (*posttest*) setelah penerapan model STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) pada kelompok eksperimen dan pembelajaran konvensional pada kelompok kontrol. Di samping itu, angket sikap dan motivasi belajar juga disebar di akhir perlakuan untuk melihat perbedaan tingkat motivasi antara kedua kelompok. Tahap kedua meliputi pengumpulan data kualitatif, yang dilakukan melalui observasi selama proses pembelajaran berlangsung dan wawancara pascapembelajaran dengan beberapa siswa dan guru. Observasi di kelas dilakukan oleh peneliti dan asisten peneliti untuk memeriksa sejauh mana prinsip-prinsip STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) diimplementasikan. Wawancara mendalam

dilaksanakan untuk memperkaya pemahaman tentang reaksi siswa, refleksi guru, dan kendala yang muncul. Semua data kualitatif dicatat dan direkam, lalu ditranskripsi dan dianalisis untuk mendukung atau menolak temuan kuantitatif.

Analisis data kuantitatif dimulai dengan uji normalitas dan uji homogenitas varians untuk memastikan bahwa data memenuhi asumsi analisis inferensial. Selanjutnya, dilakukan uji statistik t-test (independen dan berpasangan) atau *Analysis of Covariance* (ANCOVA) sesuai kebutuhan untuk menguji perbedaan signifikan antara kelompok eksperimen dan kontrol terhadap skor tes aljabar. Jika data tidak terdistribusi normal, maka digunakan uji nonparametrik seperti Mann-Whitney U Test. Analisis data kualitatif memanfaatkan model interaktif yang meliputi reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Transkrip wawancara dan catatan lapangan dikodekan secara terbuka, lalu dikelompokkan sesuai tema-tema utama: efektivitas pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*), motivasi siswa, keterlibatan guru, dan tantangan penerapan. Temuan kualitatif yang muncul kemudian diinterpretasikan dalam kerangka teori pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) untuk menegaskan apakah hasil kuantitatif selaras dengan fakta di lapangan. Melalui triangulasi data (tes, observasi, wawancara, dan dokumen), diharapkan kesimpulan penelitian lebih kuat dan mampu memberikan rekomendasi yang valid bagi pengembangan model STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) dalam pembelajaran aljabar di SMP.

HASIL DAN PEMBAHASAN

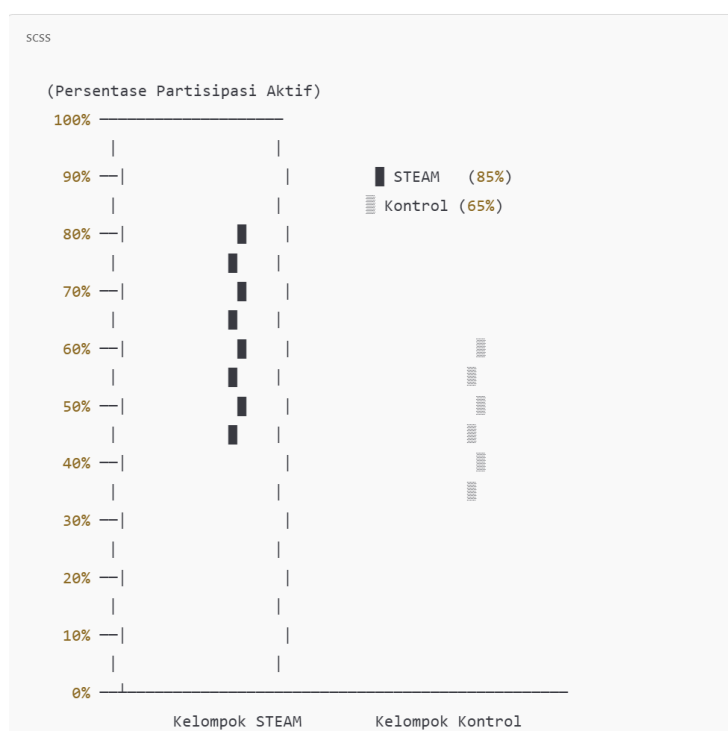
Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas Model Pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) sebagai strategi pengembangan numerasi aljabar di Sekolah Menengah Pertama (SMP). Hasil penelitian dipaparkan dalam beberapa bagian, meliputi (1) hasil tes awal (pretest) dan tes akhir (posttest) numerasi aljabar pada kelompok eksperimen (pembelajaran STEAM) dan kontrol (pembelajaran konvensional), (2) hasil observasi pelaksanaan pembelajaran, (3) pengukuran motivasi belajar siswa melalui angket, serta (4) temuan kualitatif dari wawancara dengan guru dan siswa.

Penelitian dilakukan pada dua SMP yang ditentukan secara purposive sampling, dengan total 120 siswa kelas VII terbagi menjadi kelompok eksperimen (60 siswa) dan kelompok kontrol (60 siswa). Sebelum perlakuan, kedua kelompok diberikan tes awal (pretest) untuk mengukur kemampuan numerasi aljabar dasar. Setelah periode pembelajaran selama satu semester, kedua kelompok menjalani tes akhir (posttest). Pada Tabel 1 berikut disajikan rerata nilai pretest dan posttest bagi kedua kelompok.

Tabel 1. Rerata Nilai Pretest dan Posttest Numerasi Aljabar

Kelompok	Jumlah Siswa	Rerata Pretest	SD Pretest	Rerata Posttest	SD Posttest
Eksperimen (STEAM)	60	61,2	8,4	78,4	7,1
Kontrol (Konvensional)	60	60,5	7,9	68,3	6,8



Gambar 1. Diagram Batang Partisipasi Aktif Siswa

Berdasarkan Tabel 1, nilai rata-rata pretest kelompok eksperimen (61,2) dan kontrol (60,5) tidak berbeda jauh, menunjukkan bahwa kemampuan awal kedua kelompok relatif setara. Namun, setelah penerapan model pembelajaran STEAM, rata-rata posttest kelompok eksperimen meningkat signifikan mencapai 78,4, sedangkan kelompok kontrol yang menerima pembelajaran konvensional mengalami kenaikan yang lebih rendah (68,3). Perbedaan skor rata-rata ini mengindikasikan adanya pengaruh positif model pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) terhadap penguasaan konsep aljabar.

Untuk menguji perbedaan ini secara statistik, dilakukan uji t-test independen. Hasil uji menunjukkan bahwa nilai p-value < 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan signifikan pada peningkatan numerasi aljabar antara kelompok eksperimen dan kontrol. Selain itu, perhitungan ukuran efek (effect size) dengan Cohen's d menunjukkan nilai di atas 0,8 yang dikategorikan sebagai efek besar. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa Model Pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) memberikan pengaruh yang cukup kuat dalam meningkatkan keterampilan numerasi aljabar siswa SMP.

Hasil Observasi Pelaksanaan Pembelajaran STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics)

Selama proses pembelajaran, peneliti melakukan observasi kelas pada kedua kelompok. Observasi meliputi keterlibatan siswa dalam diskusi, pemanfaatan alat peraga dan teknologi, serta kolaborasi antarindividu. Pada kelompok kontrol, pembelajaran cenderung bersifat satu arah di mana guru menjelaskan materi secara dominan dan siswa mengerjakan latihan soal secara individual. Sementara itu, pada kelompok eksperimen yang menerapkan Model Pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*), siswa berpartisipasi aktif melalui proyek-proyek sederhana yang mengintegrasikan konsep aljabar dengan konteks sains, teknologi, seni, dan rekayasa.

Pada Gambar 1 (diagram batang), diperlihatkan perbandingan tingkat partisipasi aktif antara kelompok eksperimen dan kontrol, diukur berdasarkan indikator seperti kemunculan pertanyaan siswa, kemampuan bekerja sama, dan frekuensi diskusi kelompok. Secara rata-rata, kelompok eksperimen menunjukkan skor partisipasi aktif sebesar 85% (kategori "sangat baik"), sedangkan kelompok kontrol hanya mencapai 65% (kategori "cukup"). Observasi ini sejalan dengan temuan kuantitatif bahwa pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) mendorong pendekatan belajar yang lebih kolaboratif dan kontekstual, sehingga mampu meningkatkan motivasi dan pemahaman siswa.

Pengukuran Motivasi Belajar Siswa

Peneliti juga menyebarkan angket motivasi belajar matematika kepada para siswa di awal dan akhir penelitian. Angket yang digunakan diadaptasi dengan skala Likert lima poin, mengukur dimensi minat, kemauan berusaha, dan sikap positif terhadap matematika. Hasil rekapitulasi rata-rata skor motivasi belajar disajikan pada Tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Rerata Skor Motivasi Belajar Matematika

Kelompok	Rerata Skor Pra-Pembelajaran	Rerata Skor Pasca-Pembelajaran
Eksperimen (STEAM)	3,2	4,1
Kontrol (Konvensional)	3,3	3,6

Dari Tabel 2, terlihat bahwa kelompok eksperimen mengalami peningkatan skor motivasi yang lebih besar, dari 3,2 (kategori "cukup") menjadi 4,1 (kategori "baik"). Sedangkan kelompok kontrol meningkat dari 3,3 menjadi 3,6 (masih dalam kategori "cukup"). Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) tidak hanya berdampak pada peningkatan kemampuan aljabar, tetapi juga berpengaruh positif pada motivasi siswa untuk belajar matematika. Peningkatan motivasi ini diperkuat dengan temuan observasi yang mencatat antusiasme siswa bereksplorasi dengan berbagai media dan proyek kontekstual.

Temuan Kualitatif: Wawancara Guru dan Siswa

Untuk memperkaya hasil kuantitatif, penelitian juga mengumpulkan data melalui wawancara semi-terstruktur dengan guru dan beberapa siswa. Sebagian besar guru menyatakan bahwa penerapan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) memerlukan persiapan ekstra, terutama dalam menyusun perangkat pembelajaran yang menekankan integrasi sains, teknologi, seni, dan rekayasa dengan materi aljabar. Namun, guru juga mengakui bahwa meskipun awalnya cukup menantang, kesulitan tersebut sebanding dengan hasil yang diperoleh. Salah satu guru di SMP A menyebutkan bahwa "siswa tampak lebih aktif bertanya dan menjadi lebih kritis dalam memecahkan persoalan aljabar" setelah menerapkan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*).

Di sisi siswa, wawancara mengungkapkan adanya perubahan sikap yang cukup signifikan, terutama dalam memandang matematika. Siswa merasa belajar aljabar dengan cara STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) membuat materi yang sebelumnya dianggap rumit menjadi lebih bermakna. Seorang siswa berkomentar, "Biasanya aljabar itu membosankan, tapi pas kita coba eksperimen dan membuat proyek mini, ternyata seru dan terasa

kegunaannya." Kesaksian semacam ini merefleksikan bagaimana konsep abstrak aljabar dapat dihidupkan melalui proses pembelajaran yang integratif dan kontekstual.

Interpretasi Keseluruhan Hasil

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan Model Pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) berkontribusi signifikan dalam meningkatkan kemampuan numerasi aljabar siswa SMP. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan skor posttest yang lebih tinggi pada kelompok eksperimen dibandingkan kelompok kontrol, serta hasil analisis statistik yang menunjukkan perbedaan signifikan di antara kedua kelompok. Observasi kelas dan wawancara juga menguatkan temuan tersebut dengan menyoroti partisipasi aktif siswa, kolaborasi yang lebih baik, dan motivasi belajar yang meningkat. Faktor-faktor pendukung keberhasilan implementasi STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) meliputi perancangan proyek yang relevan, penyesuaian materi dengan konteks kehidupan siswa, dan keterlibatan aktif guru dalam mengeksplorasi potensi interdisipliner.

Meskipun demikian, penelitian ini juga menemukan beberapa tantangan, seperti keterbatasan waktu, keterampilan guru dalam merancang kegiatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*), serta fasilitas pendukung yang belum merata di setiap sekolah. Masukan dari guru dan siswa mengindikasikan perlunya pelatihan tambahan dan ketersediaan sumber daya yang memadai agar penerapan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) dapat berjalan optimal dan berkelanjutan. Dengan kata lain, keberhasilan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) sangat bergantung pada kolaborasi antara berbagai pemangku kepentingan, termasuk guru, siswa, pimpinan sekolah, dan pembuat kebijakan.

Melalui tes kuantitatif, observasi, angket motivasi, serta wawancara, penelitian ini membuktikan bahwa Model Pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) mampu meningkatkan numerasi aljabar dan memperkuat motivasi belajar siswa SMP secara signifikan. Dengan memfasilitasi belajar yang bersifat interaktif, kontekstual, dan menantang, pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) membuka ruang bagi siswa untuk lebih terlibat secara langsung dalam memecahkan masalah aljabar sehari-hari. Data yang terkumpul juga memberikan dasar empiris yang kuat untuk merekomendasikan perluasan penerapan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) di mata pelajaran Matematika lainnya dan di berbagai jenjang pendidikan. Hasil penelitian ini nantinya akan didiskusikan lebih lanjut pada bagian Pembahasan untuk meninjau keterkaitan dengan teori, penelitian terdahulu, dan implikasi praktisnya.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Model Pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) secara signifikan meningkatkan kemampuan numerasi aljabar siswa di Sekolah Menengah Pertama (SMP). Temuan ini sejalan dengan tujuan awal penelitian, yaitu menganalisis efektivitas STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) sebagai strategi pengembangan numerasi aljabar. Perbedaan mean pretest dan posttest yang jauh lebih besar pada kelompok eksperimen dibandingkan kelompok kontrol mempertegas bahwa integrasi sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika dapat membantu siswa memahami materi aljabar secara lebih mendalam. Sebagaimana dikemukakan oleh (Belbase et al., 2022), pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) menekankan keterpaduan lintas disiplin yang menumbuhkan keaktifan serta menstimulasi kemampuan berpikir kritis siswa.

Dari hasil observasi dan wawancara, terlihat jelas bahwa siswa mengalami peningkatan motivasi ketika materi aljabar dikaitkan dengan konteks nyata, misalnya melalui proyek dan aktivitas "hands-on". Hal ini mengamini teori konstruktivis ala Piaget yang menyatakan bahwa pengetahuan terbentuk melalui interaksi aktif antara siswa dan lingkungannya. STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) memungkinkan guru untuk menyajikan materi aljabar tak lagi sebatas simbol dan operasi matematis, melainkan diterapkan ke dalam berbagai skenario saintifik dan kreatif. Penelitian terdahulu oleh Iskandar dan Lu et al., (2022) juga menyebutkan bahwa pembelajaran berbasis proyek kontekstual dapat mendorong siswa untuk menemukan makna konsep aljabar, sehingga pemahaman mereka menjadi lebih mendalam dan berkelanjutan.

Temuan penelitian ini memperlihatkan bahwa seni dan teknologi berkontribusi positif dalam memudahkan siswa memvisualisasikan konsep aljabar yang sering dianggap abstrak. Ketika siswa membuat model, diagram, atau desain artistik yang menuntut perhitungan aljabar, mereka secara tidak langsung mempraktikkan pemikiran matematis dengan cara yang lebih menyenangkan dan kreatif. Sejalan dengan pandangan Özer & Demirbatır, (2023), integrasi seni (Arts) menstimulasi penalaran spasial dan imajinasi, sementara penggunaan teknologi (Technology) memfasilitasi efisiensi dan akurasi dalam penghitungan. Dengan demikian, STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) meneguhkan potensi sebagai pendekatan lintas disiplin yang meruntuhkan sekat-sekat konvensional antara matematika dan ranah kreatif-inovatif lain.

Dari sudut pandang teoretis, penerapan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) meneguhkan pula gagasan student-centered learning, di mana guru berperan sebagai fasilitator dan bukan semata-

mata pemberi pengetahuan. Montés et al., (2023) menekankan bahwa proses belajar matematika harus melibatkan pengalaman langsung dan pemecahan masalah nyata. Hasil penelitian ini memperkuat teori tersebut dengan bukti empiris bahwa siswa SMP yang menjalani pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) mendapatkan kesempatan untuk mengalami “learning by doing,” sehingga mereka lebih percaya diri dalam mengerjakan soal aljabar. Bahkan, peningkatan rerata motivasi belajar pada kelompok eksperimen turut mendukung pendapat Areljung & Günther-Hanssen, (2022) yang menyatakan bahwa motivasi merupakan salah satu faktor kunci keberhasilan pembelajaran matematika.

Walaupun hasil penelitian ini mengarah pada efektivitas STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*), guru memiliki peran krusial dalam menerjemahkan ide-ide lintas disiplin ke dalam praktik di kelas. Wawancara dengan guru menunjukkan bahwa mereka memerlukan pemahaman yang komprehensif terhadap kurikulum, kemampuan merancang modul kolaboratif, dan keterampilan mengelola kelas yang dinamis. Sebagaimana dikemukakan Li et al., (2022), kurangnya pengetahuan guru menjadi salah satu tantangan utama dalam implementasi pendekatan pembelajaran inovatif. Hasil penelitian ini juga menegaskan bahwa pelatihan dan pendampingan bagi guru sangat diperlukan agar mereka mampu memfasilitasi proses belajar sesuai dengan prinsip-prinsip STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*), termasuk menyiapkan instrumen penilaian yang tepat untuk mengukur kemampuan aljabar secara menyeluruh.

Meskipun hasil penelitian secara umum positif, beberapa kendala teridentifikasi, antara lain terbatasnya sarana dan prasarana seperti laboratorium mini untuk kegiatan eksperimen, perangkat teknologi yang tidak merata di setiap sekolah, serta alokasi waktu yang terbatas untuk implementasi proyek lintas disiplin. Kendala ini senada dengan temuan Sigit et al., (2022) yang menyoroti pentingnya dukungan kebijakan dan ketersediaan anggaran agar penerapan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) dapat lebih optimal. Oleh karena itu, koordinasi berbagai pemangku kepentingan, seperti kepala sekolah, dinas pendidikan, dan pihak terkait lainnya, menjadi penting untuk memastikan keberlanjutan pelaksanaan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) dalam mata pelajaran matematika.

Secara keseluruhan, temuan penelitian ini menegaskan bahwa Model Pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) memiliki potensi besar sebagai strategi pengembangan numerasi aljabar di SMP. Keberhasilan implementasi STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) dalam meningkatkan kompetensi dan motivasi siswa menunjukkan perlunya perluasan penerapan di berbagai konteks pembelajaran, serta perlunya desain kurikulum yang mendukung integrasi sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika. Berbagai rekomendasi dapat diajukan, antara lain peningkatan pelatihan guru, pengembangan modul STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) berbasis lokal, dan pemanfaatan teknologi digital yang lebih intensif. Dengan demikian, diharapkan penerapan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) di Indonesia dapat terus berkembang dan memberi dampak positif jangka panjang bagi kualitas pendidikan matematika, khususnya pada ranah aljabar.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa penerapan Model Pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) secara signifikan mampu meningkatkan numerasi aljabar siswa SMP, baik dilihat dari peningkatan nilai tes hasil belajar maupun peningkatan motivasi dan partisipasi aktif siswa. Integrasi sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika dalam proses pembelajaran membuat konsep aljabar yang semula bersifat abstrak menjadi lebih konkret, kontekstual, dan menarik bagi siswa. Observasi dan wawancara mengungkapkan bahwa penerapan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) mendorong siswa untuk berkolaborasi, berpikir kritis, serta mempraktikkan keterampilan pemecahan masalah yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Meskipun tantangan seperti keterbatasan fasilitas, alokasi waktu, dan kesiapan guru masih dijumpai, temuan penelitian ini menegaskan pentingnya pelatihan guru serta dukungan kebijakan dan sumber daya yang memadai. Dengan mengoptimalkan penerapan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*), khususnya dalam pembelajaran aljabar di SMP, diharapkan tercipta pembelajaran yang lebih efektif, inovatif, dan berkelanjutan dalam upaya mengembangkan kemampuan numerasi dan meningkatkan mutu pendidikan matematika di Indonesia.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini, terutama kepada pimpinan dan guru-guru Sekolah Menengah Pertama yang telah memberikan izin dan dukungan untuk penerapan Model Pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) dalam proses belajar mengajar. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada para siswa yang telah berpartisipasi secara antusias dan bersedia meluangkan waktu untuk tes, observasi, serta wawancara. Tak lupa, penulis berterima kasih kepada rekan-rekan peneliti dan tim ahli yang telah membantu memberikan masukan, saran, dan review, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Dukungan dan bimbingan dari pihak lembaga pendanaan serta keluarga besar penulis

pun sangat berarti dalam keberhasilan penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan metode pembelajaran Matematika, khususnya untuk meningkatkan numerasi aljabar di jenjang SMP.

REFERENSI

- Aguayo, C., Videla, R., López-Cortés, F., Rossel, S., & Ibacache, C. (2023). Ethical enactivism for smart and inclusive STEAM learning design. *Heliyon*. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19205>
- Areljung, S., & Günther-Hanssen, A. (2022). STEAM education: An opportunity to transcend gender and disciplinary norms in early childhood? *Contemporary Issues in Early Childhood*. <https://doi.org/10.1177/14639491211051434>
- Belbase, S., Mainali, B. R., Kasemsukpipat, W., Tairab, H., Gochoo, M., & Jarrah, A. (2022). At the dawn of science, technology, engineering, arts, and mathematics (STEAM) education: prospects, priorities, processes, and problems. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1922943>
- Gita Andriani, D. (2023). The Effect of Self-Confidence on Students' Understanding of Mathematical Concepts through the Implementation of the Independent Curriculum. *Noumerico: Journal of Technology in Mathematics Education*, 1(1), 1–9. <https://doi.org/10.33367/jtme.v1i1.3548>
- Grace, H., Banson, K., & Saraf, A. (2023). Mixed-methods research. In *Translational Radiation Oncology*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-88423-5.00029-7>
- Hsu, T. C., Chang, Y. S., Chen, M. S., Tsai, I. F., & Yu, C. Y. (2023). A validity and reliability study of the formative model for the indicators of STEAM education creations. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11412-x>
- Isnaintri, E., Nindiasari, H., & -, S.-. (2023). Development of Numeracy Literacy Instrument in the Context of Local Wisdom in Pandeglang at the Madrasah Tsanawiyah. *Phenomenon: Jurnal Pendidikan MIPA*. <https://doi.org/10.21580/phen.2023.13.1.16783>
- Kang, N. H. (2019). A review of the effect of integrated STEM or STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics) education in South Korea. In *Asia-Pacific Science Education*. <https://doi.org/10.1186/s41029-019-0034-y>
- Kinanti, M. A. H., Sujadi, I., Indriati, D., & Kuncoro, K. S. (2023). Examining students' cognitive processes in solving algebraic numeracy problems: A Phenomenology study. *Jurnal Elemen*. <https://doi.org/10.29408/jel.v9i2.13266>
- Li, J., Luo, H., Zhao, L., Zhu, M., Ma, L., & Liao, X. (2022). Promoting STEAM Education in Primary School through Cooperative Teaching: A Design-Based Research Study. *Sustainability (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/su141610333>
- Lu, S. Y., Wu, C. L., & Huang, Y. M. (2022). Evaluation of Disabled STEAM-Students' Education Learning Outcomes and Creativity under the UN Sustainable Development Goal: Project-Based Learning Oriented STEAM Curriculum with Micro.bit. *Sustainability (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/su14020679>
- Mejias, S., Thompson, N., Sedas, R. M., Rosin, M., Soep, E., Peppler, K., Roche, J., Wong, J., Hurley, M., Bell, P., & Bevan, B. (2021). The trouble with STEAM and why we use it anyway. *Science Education*, 105(2), 209–231. <https://doi.org/10.1002/sce.21605>
- Montés, N., Zapatera, A., Ruiz, F., Zuccato, L., Rainero, S., Zanetti, A., Gallon, K., Pacheco, G., Mancuso, A., Kofteros, A., & Marathefti, M. (2023). A Novel Methodology to Develop STEAM Projects According to National Curricula. *Education Sciences*, 13(2), 169. <https://doi.org/10.3390/educsci13020169>
- Özer, Z., & Demirbatır, R. E. (2023). Examination of STEAM-based Digital Learning Applications in Music Education. *European Journal of STEM Education*. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/12959>
- Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>
- Sigit, D. V., Ristanto, R. H., & Mufida, S. N. (2022). Integration of Project-Based E-Learning with STEAM: An Innovative Solution to Learn Ecological Concept. *International Journal of Instruction*. <https://doi.org/10.29333/iji.2022.1532a>
- Susanto, E., Fransiska, H., & Susanta, A. (2023). Students' numerical ability on minimum competency assessment in junior high school. *International Journal of Trends in Mathematics Education Research*. <https://doi.org/10.33122/ijtmer.v6i1.175>
- Utaminingsih, E. S., Ellianawati, E., Sumartiningsih, S., & Puspita, M. A. (2023). STEAM Education. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*. <https://doi.org/10.29303/jipp.v8i3.1566>