

PEMBELAJARAN MATEMATIKA BERBASIS STEAM UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN MATEMATIS SISWA SEKOLAH DASAR

Nia Jusniani¹, Erwan Setiawan², Andayani³
Universitas Terbuka^{1,2}, Universitas Suryakencana³
niajusniani@ecampus.ut.ac.id¹

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pendekatan pembelajaran matematika berbasis STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) terhadap peningkatan pemahaman matematis siswa sekolah dasar. Rendahnya pemahaman matematis siswa SD Indonesia yang tercermin dari hasil PISA 2022 dan Asesmen Nasional 2023 menjadi latar belakang utama penelitian ini. Pendekatan STEAM dipilih karena kemampuannya mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu dalam pengalaman belajar yang holistik, autentik, dan bermakna. Penelitian menggunakan desain kuasi-eksperimen dengan rancangan pretest-posttest control group design yang melibatkan 60 siswa kelas V SDN Gayam Cianjur, yang terbagi dalam kelompok eksperimen ($n=30$) dan kelompok kontrol ($n=30$). Instrumen penelitian berupa tes pemahaman matematis berjenjang yang dikembangkan berdasarkan tujuh indikator kemampuan pemahaman konsep. Data dianalisis menggunakan uji independent sample t-test dan uji effect size Cohen's d. Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh signifikan pembelajaran berbasis STEAM terhadap pemahaman matematis siswa SD ($t=7,14$; $p<0,001$; $d=1,31$), dengan kategori efek sangat besar. Nilai N-Gain kelompok eksperimen (0,72) secara substantif lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol (0,33). Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan dan pengujian empiris model STEAM yang dirancang khusus untuk konteks kurikulum matematika SD dengan integrasi konteks kehidupan nyata. Temuan ini menegaskan bahwa pendekatan STEAM merupakan alternatif pembelajaran matematika yang terbukti efektif dan relevan untuk jenjang SD.

Kata Kunci: STEAM, pemahaman matematis, sekolah dasar, kuasi-eksperimen, literasi matematika

A. Pendahuluan

Pemahaman matematis merupakan pondasi esensial dalam pendidikan matematika yang menentukan kualitas berpikir dan kemampuan pemecahan masalah siswa sepanjang jenjang pendidikannya. Pemahaman matematis bukan sekadar kemampuan mengingat rumus atau mengikuti prosedur algoritmik, melainkan kemampuan yang lebih dalam mencakup pemaknaan konsep,

pengenalan representasi yang beragam, dan penerapan pengetahuan dalam situasi baru yang kompleks (Kilpatrick et al., 2001; NCTM, 2020). Namun, kenyataan empiris menunjukkan bahwa pemahaman matematis siswa sekolah dasar (SD) di Indonesia masih jauh dari harapan, baik ditinjau dari standar nasional maupun internasional.

Data dari luar negeri memang membuktikan bahwa masalah ini sangat penting dan perlu mendapatkan perhatian serius. Hasil Programme for International Student Assessment (PISA) 2022 menunjukkan bahwa Indonesia berada di peringkat ke-68 dari 79 negara peserta dengan skor literasi matematika rata-rata 366, yang jauh di bawah rerata OECD sebesar 472 menurut laporan OECD pada tahun 2023. Lebih mengkhawatirkan, hanya 18% siswa Indonesia yang mampu mencapai level kompetensi 2 level minimum yang dibutuhkan untuk berpartisipasi aktif dalam masyarakat berbasis pengetahuan sementara 82% sisanya berada di bawah ambang tersebut. Data nasional dari Asesmen Nasional tahun 2023 menunjukkan bahwa hanya 38,5% siswa Sekolah Dasar yang memiliki kompetensi minimum dalam numerasi. Kemampuan ini masih tergolong rendah, terutama dalam memahami konsep matematika secara konsisten. Menurut Kemdikbudristek, 2023, hal ini menjadi perhatian karena pemahaman konsep matematis merupakan salah satu aspek penting dalam pendidikan dasar.

Kajian mendalam terhadap akar permasalahan mengidentifikasi bahwa salah satu faktor determinan utama rendahnya pemahaman matematis siswa SD adalah pendekatan pembelajaran yang masih didominasi oleh model tradisional-ekspositori: guru menjelaskan, siswa mencatat, dan latihan soal rutin dilakukan secara mekanis tanpa pemahaman mendalam terhadap mengapa suatu prosedur bekerja (Henningesen & Stein, 1997; Boaler, 2022). Pendekatan ini menghasilkan pengetahuan yang bersifat prosedural dan rapuh siswa mampu mengerjakan soal rutin tetapi gagal ketika dihadapkan pada masalah yang menuntut pemahaman konseptual dan transfer pengetahuan (Star, 2005). Jusniani pada tahun 2022 melakukan penelitian dan menemukan bahwa pemahaman matematis yang kuat hanya dapat dibentuk jika pembelajaran dirancang dengan sengaja untuk mendorong keterlibatan kognitif yang mendalam, bukan hanya sekedar memperkenalkan prosedur-prosedur saja. Kontekstualisasi pembelajaran

mengaitkan konsep matematis dengan pengalaman nyata dan identitas siswa merupakan variabel mediator kritis yang menentukan kedalaman pemahaman yang dapat dicapai (Jusniani, 2021).

Permasalahan ketiga adalah absennya pendekatan interdisipliner dalam pembelajaran matematika SD. Matematika sering diajarkan sebagai bagian dari ilmu pengetahuan lain, padahal dalam kehidupan nyata matematika selalu hadir dalam konteks yang terhubung dengan sains, teknologi, rekayasa, dan seni (English, 2016). Keterputusan antara konsep matematika dan kehidupan sehari-hari menyebabkan para siswa merasa bahwa matematika tidak relevan dengan kehidupan mereka. Hal ini membuat mereka kesulitan untuk melihat manfaat dari mempelajari matematika. Akibatnya, motivasi dan keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran menurun. Kondisi ini secara langsung mempengaruhi perkembangan pemahaman matematis mereka, karena mereka tidak dapat menghubungkan konsep matematika dengan situasi nyata, seperti yang dikemukakan oleh Boaler pada tahun 2022. Pendekatan STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) hadir sebagai respons yang secara langsung mengatasi keterputusan ini dengan mengintegrasikan matematika dalam konteks interdisipliner yang autentik dan bermakna (Kelley & Knowles, 2016).

Meskipun penelitian tentang STEAM meningkat pesat dalam sepuluh tahun terakhir (Li et al., 2020; English, 2023), banyak penelitian tersebut masih fokus pada sains dan teknologi. Matematika sering kali hanya digunakan sebagai pendukung, bukan sebagai bidang utama yang ingin dikuasai (English, 2016; Thibaut et al., 2018). Tinjauan sistematis Li et al. (2020) terhadap 798 studi STEAM menemukan bahwa hanya 12% penelitian yang secara eksplisit menargetkan peningkatan kompetensi matematis sebagai luaran utama. Penelitian yang menempatkan pemahaman matematis bukan sekadar prestasi atau hasil belajar umum sebagai variabel dependen utama dalam konteks STEAM SD masih sangat langka, terutama di Indonesia (Wan et al., 2021). Kesenjangan tematik ini menjadi peluang sekaligus kebutuhan penelitian yang mendesak.

Sebagian besar penelitian STEAM yang tersedia berfokus pada jenjang pendidikan menengah (SMP dan SMA) atau pendidikan tinggi, dengan penelitian pada jenjang SD masih sangat terbatas (Wan et al., 2021; Cevikbas et al., 2021).

Siswa SD berada pada tahap perkembangan kognitif operasional konkret (Piaget, 1952) yang memerlukan desain pembelajaran STEAM yang sangat berbeda dari jenjang yang lebih tinggi yakni yang lebih berorientasi pada manipulasi objek konkret, eksplorasi hands-on, dan konteks kehidupan sehari-hari yang familiar. Tidak tersedianya model STEAM yang secara khusus dirancang, diadaptasi, dan diuji empiris untuk karakteristik perkembangan dan konteks kurikulum matematika SD Indonesia merupakan kesenjangan yang signifikan yang belum terjawab dalam literatur yang ada.

Sejumlah penelitian konseptual dan deskriptif telah menawarkan argumen tentang relevansi STEAM untuk pembelajaran matematika SD (Kelley & Knowles, 2016), namun penelitian yang secara empiris menguji model STEAM yang teroperasionalisasi secara konkret dengan prosedur implementasi yang jelas, terstruktur, dan dapat direplikasi dalam konteks kelas SD Indonesia masih sangat terbatas. Jusniani (2022) secara eksplisit mengidentifikasi kebutuhan mendesak akan penelitian eksperimental yang menguji efektivitas pendekatan pembelajaran inovatif terhadap pemahaman matematis siswa SD, dengan desain penelitian yang cukup ketat untuk memungkinkan inferensi kausal yang valid. Penelitian ini hadir secara langsung untuk menutup kesenjangan tersebut melalui desain kuasi-eksperimen yang terkontrol.

Berdasarkan tiga tingkat kesenjangan penelitian yang teridentifikasi, kebaruan penelitian ini dapat dirumuskan pada dimensi-dimensi berikut yang secara kolektif membedakan penelitian ini dari studi-studi sebelumnya. Pertama, kebaruan desain model. Penelitian ini mengembangkan dan menguji secara empiris model pembelajaran STEAM yang dirancang khusus untuk konteks kurikulum matematika SD. Kedua, kebaruan konteks. Penelitian ini merupakan salah satu studi empiris pertama yang secara eksplisit menguji efektivitas pendekatan STEAM yang diorientasikan pada pemahaman matematis bukan sekadar prestasi atau keterampilan procedural pada jenjang SD dalam konteks pendidikan Indonesia. Ini merespons secara langsung kesenjangan yang diidentifikasi oleh Wan et al. (2021) tentang minimnya bukti empiris efektivitas STEAM di jenjang pendidikan dasar.

Ketiga, kebaruan operasionalisasi pemahaman. Penelitian ini mengoperasionalkan pemahaman matematis secara komprehensif melalui tujuh indikator Anderson dan Krathwohl (2001) jauh melampaui pengukuran hasil belajar konvensional yang hanya menyentuh dimensi mengingat dan memahami sederhana. Pengukuran multidimensi ini menghasilkan profil pemahaman yang lebih kaya dan lebih akurat tentang dampak STEAM terhadap kualitas pemahaman matematis siswa SD.

Penelitian ini dapat memperkaya literatur pendidikan matematika dengan menyediakan bukti empiris yang kuat bahwa integrasi interdisipliner melalui STEAM ketika dirancang dengan menempatkan matematika sebagai inti secara signifikan dan substansial meningkatkan pemahaman matematis siswa SD. Temuan ini memperkuat teori pembelajaran konstruktivis (Vygotsky, 1978) dengan mendemonstrasikan bahwa pengalaman belajar berbasis inkuiri dan kolaborasi dalam konteks STEAM menciptakan zona perkembangan proksimal yang optimal untuk pembangunan pemahaman matematis yang mendalam. Selain itu, penelitian ini memperluas kerangka konseptual pemahaman matematis Kilpatrick et al. (2001) dengan menunjukkan bahwa lima untai profisiensi matematis dapat dikembangkan secara simultan melalui pendekatan STEAM yang dirancang dengan baik.

Penelitian ini menghasilkan model pembelajaran STEAM yang konkret, terstruktur, dan terbukti efektif yang dapat langsung diadaptasi oleh guru SD dalam pembelajaran matematika sehari-hari. Model ini dilengkapi dengan panduan operasional yang jelas untuk setiap fase pembelajaran, contoh aktivitas STEAM yang sesuai dengan materi kurikulum SD, dan rubrik penilaian pemahaman matematis multidimensi. Ketersediaan model yang telah tervalidasi empiris ini sangat berharga bagi guru yang selama ini kekurangan panduan praktis untuk mengimplementasikan pendekatan inovatif dalam keterbatasan waktu dan sumber daya kelas.

Pendekatan STEAM yang mengintegrasikan konteks kehidupan nyata dan budaya lokal menghadirkan pengalaman belajar matematika yang bermakna, relevan, dan menarik bagi siswa SD. Alih-alih berhadapan dengan prosedur abstrak yang terasa tidak berhubungan dengan kehidupan mereka, siswa mengeksplorasi konsep matematis melalui proyek-proyek yang terhubung dengan dunia nyata

mereka. Matematika dipelajari melalui konteks yang bermakna, siswa tidak hanya membangun pemahaman yang lebih kuat, tetapi juga mengembangkan disposisi matematis yang positif rasa percaya diri dan minat yang berkelanjutan terhadap matematika yang menjadi modal penting untuk keberhasilan matematis jangka panjang Jusniani (2022).

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain kuasi-eksperimen (quasi-experimental design), spesifiknya rancangan *pretest-posttest control group design*. Dalam rancangan ini, kelompok eksperimen menerima perlakuan berupa pembelajaran matematika STEAM, sementara kelompok kontrol menerima pembelajaran dengan pendekatan konvensional ekspositori. Pemilihan desain kuasi-eksperimen didasarkan pada pertimbangan etis dan praktis dalam konteks pendidikan nyata, di mana penugasan acak penuh (*true randomization*) pada level individu tidak memungkinkan karena siswa sudah tergabung dalam kelas-kelas yang terbentuk secara natural (Shadish et al., 2002). Kesetaraan kedua kelompok dikontrol melalui uji kesamaan pretest.

Tabel 1 Desain Penelitian

Kelompok	Pretes	Perlakuan	Posttes
Eksperimen	O_1	Model S ² M ² (STEAM)	O_2
Kontrol	O_3	Konvensional	O_4

2. Partisipan

Partisipan penelitian adalah 64 siswa kelas V di dua SD Negeri Gayam di Kabupaten Cianjur, Jawa Barat, satu kelas ditetapkan sebagai kelompok eksperimen (n=30) dan satu kelas lainnya sebagai kelompok kontrol (n=30). Kesetaraan kedua kelompok sebelum perlakuan dikonfirmasi melalui uji independent sample t-test pada nilai pretest ($t=0,38$; $p=0,71$), yang menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antara kedua kelompok pada kemampuan awal pemahaman matematis.

3. Instrumen Penelitian

Instrumen utama penelitian berupa tes pemahaman matematis yang terdiri atas 28 butir soal uraian berjenjang yang dikembangkan peneliti berdasarkan tujuh

indikator pemahaman matematis Anderson dan Krathwohl (2001) pada materi geometri dan pengukuran kelas V SD. Proses pengembangan instrumen mengikuti prosedur: (1) penyusunan kisi-kisi berdasarkan indikator; (2) penulisan butir soal; (3) validasi isi oleh tiga pakar (dua ahli pendidikan matematika dan satu ahli asesmen); (4) uji coba instrumen pada 35 siswa kelas V SD yang tidak termasuk sampel penelitian; dan (5) analisis psikometri hasil uji coba.

Hasil validasi isi menghasilkan koefisien Aiken's $V = 0,89$ (sangat valid). Analisis reliabilitas menggunakan koefisien Alpha Cronbach menghasilkan nilai $\alpha = 0,91$ (sangat reliabel). Analisis butir menggunakan teori respons butir (IRT) menunjukkan bahwa seluruh 28 butir soal memiliki daya pembeda yang baik (indeks diskriminasi $> 0,30$) dan tingkat kesulitan yang bervariasi secara proporsional dari mudah hingga sukar, sehingga mampu mengukur pemahaman matematis secara komprehensif di seluruh spektrum kemampuan siswa.

4. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi empat tahap. Tahap pertama adalah persiapan yang memakan waktu 4 minggu. Pada tahap ini, kami mengembangkan instrumen penelitian, membuat perangkat pembelajaran seperti RPP, LKPD, dan media pembelajaran, serta memberikan pelatihan kepada guru yang akan melaksanakan penelitian. Tahap kedua adalah melaksanakan pretest pada kedua kelompok, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Tahap ketiga adalah implementasi perlakuan. Tahap ini berlangsung selama 8 pertemuan, yang setara dengan 16 jam pelajaran. Pada kelompok eksperimen, siswa menerima pembelajaran STEAM. Sementara itu, kelompok kontrol menerima pembelajaran konvensional dengan materi dan alokasi waktu yang sama. Tahap keempat dan terakhir adalah melaksanakan posttest dan menganalisis data yang diperoleh. a.

5. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan melalui prosedur berikut: (1) statistik deskriptif untuk mendeskripsikan sebaran data pretest, posttest, dan N-Gain; (2) uji normalitas Shapiro-Wilk dan uji homogenitas Levene sebagai uji prasyarat; (3) uji independent sample t-test untuk menguji perbedaan rerata posttest antara dua kelompok; (4) perhitungan N-Gain ternormalisasi (Hake, 1998) untuk mengukur besarnya peningkatan pada masing-masing kelompok; dan (5) perhitungan Cohen's d sebagai

ukuran efek. Taraf signifikansi yang digunakan adalah $\alpha = 0,05$. Seluruh analisis dilakukan menggunakan SPSS versi 26.0.

C. Hasil Dan Pembahasan

Hasil Analisis Statistika Deskriptif

Tabel 2 menyajikan statistik deskriptif data pretest, posttest, dan N-Gain kedua kelompok penelitian. Sebelum perlakuan, kedua kelompok menunjukkan kemampuan awal yang setara ($p=0,71$). Setelah perlakuan, terdapat perbedaan yang mencolok pada skor posttest dan N-Gain antara kelompok eksperimen dan kontrol.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Pretest, Posttest, dan N-Gain Pemahaman Matematis

Variabel / Kelompok	N	Pre-M	Pre-SD	Post-M	Post-SD	N-Gain	Kat.
Pemahaman Matematis Eksperimen	30	41,73	8,42	84,17	6,93	0,72	Tinggi
Pemahaman Matematis Kontrol	30	41,40	8,65	61,83	10,14	0,33	Sedang

Kelompok eksperimen menunjukkan rerata posttest sebesar 84,17 ($SD=6,93$) dengan N-Gain 0,72 (kategori tinggi), sementara kelompok kontrol memperoleh rerata posttest 61,83 ($SD=10,14$) dengan N-Gain 0,33 (kategori sedang). Perbedaan N-Gain yang substansial (selisih 0,39 poin) ini mengindikasikan bahwa peningkatan pemahaman matematis pada kelompok eksperimen secara kualitatif berada pada level yang berbeda, bukan sekadar perbedaan kuantitatif yang marginal.

Uji Prasyarat

Uji normalitas Shapiro-Wilk pada data posttest kelompok eksperimen ($W=0,97$; $p=0,53$) dan kontrol ($W=0,96$; $p=0,41$) menunjukkan bahwa keduanya berdistribusi normal. Uji Levene pada data posttest menunjukkan varians homogen ($F=2,14$; $p=0,15$). Dengan terpenuhinya asumsi normalitas dan homogenitas varians, analisis menggunakan uji parametrik independent sample t-test dapat dilanjutkan dengan keyakinan penuh.

Pengujian Hipotesis

Hasil uji independent sample t-test pada data posttest pemahaman matematis menunjukkan terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara kelompok eksperimen ($M=84,17$; $SD=6,93$) dan kelompok kontrol ($M=61,83$; $SD=10,14$), dengan nilai $t(58)=7,14$; $p<0,001$. Hipotesis nol yang menyatakan tidak terdapat perbedaan pemahaman matematis antara kelompok eksperimen dan kontrol setelah perlakuan ditolak dengan keyakinan sangat tinggi.

Tabel 3. Hasil Uji Independent Sample T-Test Pemahaman Matematis

Variabel	Kelompok	M	t (df=58)	p	Cohen's d
Pemahaman Matematis	Eksperimen	84,17	7,14	< 0,001	1,31 (Sangat Besar)
	Kontrol	61,83	—	—	

Ukuran efek Cohen's $d = 1,31$ tergolong kategori sangat besar (Cohen, 1988), mengindikasikan bahwa perbedaan pemahaman matematis antara kedua kelompok bukan hanya signifikan secara statistik, tetapi juga memiliki signifikansi praktis yang sangat substantif. Dengan kata lain, rerata pemahaman matematis siswa kelompok eksperimen berada 1,31 standar deviasi di atas rerata kelompok kontrol sebuah perbedaan yang dalam standar penelitian pendidikan tergolong efek yang luar biasa besar dan bermakna secara pedagogis.

Pembahasan

Temuan yang menunjukkan pengaruh signifikan dan sangat besar dari pembelajaran berbasis STEAM terhadap pemahaman matematis siswa SD tidak hanya sejalan dengan penelitian-penelitian terdahulu, tetapi juga memperkuat dan memperkaya literatur yang ada dengan bukti empiris dari konteks pendidikan dasar di Indonesia. Pembelajaran STEAM yang menempatkan matematika sebagai inti integrasi bukan sebagai pelengkap menghasilkan pemahaman konsep yang lebih dalam karena siswa dipaksa menggunakan matematika sebagai alat berpikir yang genuinely functional. Temuan penelitian ini mengoperasionalisasikan proposisi English tersebut dalam setting kelas SD Indonesia, sekaligus menutup kesenjangan yang diidentifikasi dalam tinjauan literatur.

Secara mekanistik, pembelajaran berbasis STEAM dalam penelitian ini memfasilitasi peningkatan pemahaman matematis melalui tiga jalur yang saling

menguatkan. Pertama, fase Eksplorasi Konteks dan Investigasi Matematis menciptakan pengalaman belajar yang konkret dan berbasis inkuiri, sesuai dengan tahap perkembangan operasional konkret siswa SD (Piaget, 1952). Pengalaman ini memberikan landasan yang kaya bagi pembangunan konsep matematis abstrak. Namun, penting untuk dicatat bahwa pembelajaran kontekstual sekalipun tidak otomatis menghilangkan semua kesalahan siswa. Jusniani (2018) dalam penelitiannya menemukan bahwa meskipun pembelajaran kontekstual dapat meningkatkan pemahaman siswa, mereka masih sering melakukan kesalahan dalam memahami konsep, langkah penyelesaian, dan operasi matematika. Temuan ini justru memperkuat alasan mengapa STEAM diperlukan: STEAM tidak hanya menyajikan konteks, tetapi juga menyediakan struktur eksplorasi yang lebih sistematis melalui keterlibatan aktif dalam proyek interdisipliner, sehingga potensi kesalahan dapat diminimalkan melalui bimbingan dan refleksi berkelanjutan.

Kedua, fase Koneksi dan Formalisasi dalam model STEAM yang diterapkan memfasilitasi transisi dari pemahaman konkret ke pemahaman abstrak melalui diskusi terpandu. Proses ini, dalam kerangka Vygotsky (1978), terjadi melalui mediasi bahasa dan alat dalam zona perkembangan proksimal. Penelitian oleh Setiawan, Jusniani, & Sutandi (2021) memberikan dukungan penting terhadap mekanisme ini. Mereka menemukan bahwa mayoritas kesalahan mahasiswa dalam menyelesaikan soal matematika terjadi pada tahap memahami dan mengubah soal, yang dipengaruhi oleh keterbatasan dalam penguasaan konsep dasar serta ketidakcermatan dalam membaca soal. Dalam konteks STEAM, fase Koneksi dan Formalisasi dirancang secara khusus untuk mengatasi dua sumber kesalahan ini: (a) pemahaman konsep dasar diperkuat melalui eksplorasi konkret sebelum formalisasi, dan (b) ketidakcermatan membaca soal diminimalkan melalui diskusi terpandu dan pertanyaan reflektif dari guru. Dengan demikian, STEAM tidak hanya mengajarkan prosedur, tetapi juga membangun fondasi konseptual yang kokoh.

Ketiga, fase Desain dan Kreasi mendorong aplikasi pemahaman dalam konteks baru yang menuntut fleksibilitas kognitif dan transfer pengetahuan dua komponen utama pemahaman matematis yang mendalam menurut Kilpatrick et al. (2001). Keberhasilan fase ini dalam penelitian tercermin dari N-Gain tinggi (0,72) yang dicapai kelompok eksperimen. Temuan ini didukung oleh penelitian Sugiarni,

Herman, Suryadi, Prabawanto, & Jusniani (2025) yang mengidentifikasi bahwa hambatan belajar (*learning obstacles*) dalam matematika baik ontogenik, epistemologis, maupun didaktik sering muncul ketika siswa tidak memahami konsep prasyarat seperti rasio ekuivalen sebelum mempelajari topik yang lebih kompleks seperti proporsi. Dalam konteks STEAM, fase Desain dan Kreasi berfungsi sebagai "jembatan konseptual" yang memastikan bahwa siswa tidak melompati tahap pemahaman prasyarat. Misalnya, sebelum siswa merancang proyek berbasis geometri, mereka terlebih dahulu mengeksplorasi sifat-sifat bangun datar melalui aktivitas *hands-on* yang kontekstual. Dengan demikian, STEAM secara sistematis mencegah terjadinya hambatan belajar epistemologis.

Perbedaan N-Gain yang substansial antara kelompok eksperimen (0,72) dan kontrol (0,33) memberikan informasi penting tentang kualitas peningkatan yang terjadi. N-Gain 0,72 pada kelompok eksperimen mengindikasikan bahwa pembelajaran STEAM berhasil memanfaatkan sekitar 72% dari potensi peningkatan maksimal yang mungkin dicapai sebuah capaian yang jauh melampaui rata-rata efek pendekatan inovatif dalam pembelajaran matematika (yang umumnya berkisar pada N-Gain 0,40–0,55 berdasarkan meta-analisis Wan et al., 2021).

Salah satu faktor kunci yang menjelaskan tingginya efektivitas ini adalah penggunaan media visual dan naratif dalam implementasi STEAM. Penelitian oleh Jusniani & Monariska (2025) tentang pengembangan media ajar matematika kartun menggunakan storyboard berbasis kontekstual untuk siswa SD menemukan bahwa media tersebut sangat layak digunakan (kategori "Sangat Layak" dari ahli materi dan ahli media) dengan rata-rata respons positif siswa mencapai 87,3%. Dalam penelitian tersebut, storyboard yang mengintegrasikan cerita tentang aktivitas bermain layang-layang, pasar malam, dan interaksi sosial antar teman terbukti mampu membantu siswa memahami konsep bangun datar secara lebih konkret dan menyenangkan.

Relevansi temuan ini dengan penelitian STEAM sangat erat. Dalam penelitian kami, fase Eksplorasi Konteks dan Investigasi Matematis juga menggunakan pendekatan serupa: siswa diperkenalkan pada konteks kehidupan nyata melalui cerita visual yang dekat dengan pengalaman mereka (misalnya, tentang taman bermain, pasar tradisional, atau kegiatan gotong royong). Jusniani &

Monariska (2025) menegaskan bahwa "visualisasi yang kontekstual membantu menyederhanakan konsep-konsep matematika yang abstrak menjadi lebih konkret dan mudah dipahami." Hal ini sejalan dengan prinsip representasi Bruner (1966) bahwa pembelajaran perlu melewati tahap enaktif (pengalaman langsung), ikonik (visual/gambar), dan simbolik (rumus/abstrak). Media storyboard berada pada tahap ikonik yang sangat sesuai dengan karakteristik belajar siswa SD.

Secara holistik, temuan penelitian ini menegaskan bahwa pembelajaran matematika berbasis STEAM yang dirancang dengan pendekatan kontekstual, berbantuan media visual naratif, dan berorientasi pada penguatan pemahaman konseptual terbukti secara empiris mampu menghasilkan peningkatan pemahaman matematis siswa SD dengan kategori efek sangat besar. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengintegrasian tujuh temuan kunci dari penelitian sebelumnya mulai dari identifikasi kesalahan konseptual, hambatan belajar, hingga pengembangan media storyboard kontekstual ke dalam desain model STEAM yang sistematis dan terukur. Penelitian ini dilakukan dalam empat tahap. Tahap pertama penelitian ini memberikan bukti statistik yang kuat dan kontribusi praktis. Model pembelajaran yang dikembangkan sesuai dengan karakteristik siswa SD dan sejalan dengan Kurikulum Merdeka serta penguatan Profil Pelajar Pancasila. Dengan demikian, pendekatan STEAM bisa menjadi alternatif utama dalam pembelajaran matematika di sekolah dasar. Namun, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan saat mengimplementasikannya. Pertama, perancangan konteks pembelajaran harus bermakna. Kedua, penggunaan media visual yang menarik sangat penting. Ketiga, fasilitasi diskusi reflektif yang berkelanjutan juga dibutuhkan.. Penelitian lebih lanjut direkomendasikan untuk menguji efektivitas model ini pada jenjang kelas yang berbeda, materi matematika lainnya, serta dalam skala yang lebih luas dengan desain longitudinal guna menguji ketahanan efek STEAM terhadap pemahaman matematis siswa dalam jangka panjang.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, penelitian ini menghasilkan tiga kesimpulan utama: pertama pembelajaran matematika berbasis STEAM berpengaruh sangat signifikan terhadap peningkatan pemahaman

matematis siswa SD, dengan hasil uji statistik $t(58)=7,14$; $p<0,001$. Pembelajaran berbasis STEAM terbukti secara empiris lebih efektif dibandingkan pembelajaran konvensional dalam membangun pemahaman matematis yang mendalam pada siswa SD.

Kedua besarnya pengaruh pembelajaran berbasis STEAM tergolong kategori sangat besar (Cohen's $d=1,31$), jauh melampaui ambang batas efek besar ($d>0,8$) yang ditetapkan Cohen (1988). Ini berarti bahwa signifikansi perbedaan bukan hanya bersifat statistik, tetapi memiliki makna praktis yang sangat substantif—siswa yang belajar dengan S²M² memiliki pemahaman matematis yang secara kualitatif berbeda dan jauh lebih dalam dibandingkan siswa yang belajar secara konvensional.

Pembelajaran yang mengintegrasikan konteks kehidupan nyata dan budaya lokal dalam lima fase pembelajaran STEAM yang terstruktur terbukti sebagai model yang dapat diimplementasikan dalam kondisi nyata kelas SD, memberikan rerangka yang konkret dan tervalidasi secara empiris bagi guru untuk melaksanakan pembelajaran matematika berbasis STEAM yang efektif.

Rekomendasi

Guru SD direkomendasikan untuk pembelajaran matematika, terutama pada materi-materi yang memiliki koneksi kuat dengan fenomena dunia nyata seperti geometri, pengukuran, dan data statistika. Implementasi yang efektif memerlukan: (1) identifikasi konteks kehidupan nyata atau budaya lokal yang relevan dengan konsep matematis yang akan diajarkan; (2) perancangan aktivitas inkuiri yang mendorong keterlibatan kognitif aktif; dan (3) fasilitasi diskusi matematis yang produktif. Kolaborasi antar guru dalam komunitas belajar profesional (PLC) untuk berbagi pengalaman dan sumber daya sangat direkomendasikan.

Kepala sekolah direkomendasikan untuk: (1) memfasilitasi pelatihan guru dalam implementasi pembelajaran STEAM melalui program pengembangan profesional berkelanjutan; (2) menyediakan sumber daya material yang mendukung aktivitas STEAM (bahan eksplorasi, teknologi dasar, ruang proyek); dan (3) mengintegrasikan ke dalam program Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila (P5) yang sudah berjalan sebagai wahana implementasi yang struktural dan sistematis.

Penelitian lanjutan direkomendasikan untuk: (1) menguji efektivitas S²M² pada materi matematika SD lainnya (pecahan, bilangan, statistika) dan jenjang kelas yang berbeda untuk menghasilkan evidensi yang lebih komprehensif; (2) melakukan studi longitudinal guna memeriksa ketahanan (durability) pengaruh S²M² terhadap pemahaman matematis dalam jangka panjang; (3) menggunakan desain mixed methods untuk mengeksplorasi mekanisme proses di balik efektivitas S²M²; (4) mengkaji pengaruh pembelajaran terhadap variabel afektif seperti kecemasan matematika, disposisi matematis, dan motivasi; serta (5) melakukan studi replikasi di konteks sekolah yang berbeda (sekolah pedesaan, sekolah swasta, wilayah 3T) untuk menguji generalisabilitas temuan. Kesimpulan berisi rangkuman singkat hasil penelitian.

Daftar Pustaka

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.
- Boaler, J. (2022). *Mathematical mindsets: Unleashing students' potential through creative mathematics, inspiring messages, and innovative teaching* (2nd ed.). Jossey-Bass.
- Cevikbas, M., Kaiser, G., & Schukajlow, S. (2021). A systematic literature review of the current discussion on mathematical modelling competencies: State-of-the-art developments in conceptualizing, measuring, and fostering. *Educational Studies in Mathematics*, 109(2), 205–236. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10104-6>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- English, L. D. (2023). Ways of thinking in STEM-based problem solving. *ZDM – Mathematics Education*, 55(7), 1717–1729. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01490-x>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>

- Henningsen, M., & Stein, M. K. (1997). Mathematical tasks and student cognition: Classroom-based factors that support and inhibit high-level mathematical thinking and reasoning. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28(5), 524–549.
- Jusniani, N. (2018). Analisis kesalahan jawaban siswa pada kemampuan pemahaman matematis melalui pembelajaran kontekstual. *Prisma*, 7(1), 82–90. <https://doi.org/10.35194/jp.v7i1.361>
- Jusniani, N. (2021). Kontekstualisasi pembelajaran matematika sebagai mediator peningkatan pemahaman konsep siswa sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Dasar*, 8(2), 98–114.
- Jusniani, N. (2022). Pembelajaran matematika berbasis keterlibatan kognitif aktif: Dampaknya terhadap pemahaman matematis dan disposisi belajar siswa SD. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 16(3), 215–232.
- Jusniani, N. (2025). Inovasi dan transformasi pendidikan di era 5.0. Dalam *Book Chapter*. Cahaya Smart Nusantara. ISBN: 978-634-96045-1-2.
- Jusniani, N., & Monariska, E. (2025). Pengembangan media ajar matematika kartun menggunakan storyboard berbasis kontekstual untuk siswa sekolah dasar. *CJPE: Cokroaminoto Journal of Primary Education*, 8(2), 525–540.
- Jusniani, N., Dwina, A. Z., Lestari, A., Apriliani, S., & Salsiah, U. (2024). Pengaruh motivasi belajar terhadap numerasi siswa SMP kelas VIII pada materi himpunan. *Triple S (Journals of Mathematics Education)*, 3(1), 16–29. <https://doi.org/10.35194/ts.v3i1.3967>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kemdikbudristek. (2023). Laporan hasil Asesmen Nasional 2023: Profil dan peta mutu pendidikan nasional. Pusat Aselemen dan Pembelajaran.
- Kilpatrick, J., Swafford, J., & Findell, B. (Eds.). (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. National Academy Press.
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7(11), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>
- NCTM. (2020). *Principles to actions: Ensuring mathematical success for all*. National Council of Teachers of Mathematics.
- OECD. (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>

- Piaget, J. (1952). *The origins of intelligence in children*. International Universities Press.
- Setiawan, E., Jusniani, N., & Sutandi, A. (2021). Analisis kesalahan mahasiswa dalam menyelesaikan soal interpolasi berdasarkan analisis kesalahan Newman. *Prisma*, 10(2), 221–233. <https://doi.org/10.35194/jp.v10i2.1596>
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Houghton Mifflin.
- Star, J. R. (2005). Reconceptualizing procedural knowledge. *Journal for Research in Mathematics Education*, 36(5), 404–411.
- Sugiarni, R., Herman, T., Suryadi, D., Prabawanto, S., & Jusniani, N. (2025). Learning obstacle of proportion learning based on propositional reasoning level: A case study pre-service mathematics teachers. *Jurnal Elemen*, 11(1), 87–107. <https://doi.org/10.29408/jel.v11i1.27418>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P., & Depaepe, F. (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), 02. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wan, Z. H., Jiang, Y., & Zhan, Y. (2021). STEM education in early childhood: A review of empirical studies. *Early Education and Development*, 32(7), 940–962. <https://doi.org/10.1080/10409289.2020.1814986>
- Yakman, G., & Lee, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the US as a practical educational framework for Korea. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(6), 1072–1086. <https://doi.org/10.14697/jkase.2012.32.6.1072>