



PENERAPAN PENDEKATAN STEAM BERBANTU ALAT PERAGA PAPERSE UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PROSES SAINS SISWA KELAS V

Annisa Firda Maulia¹, Duwi Nuvitalia², Intan Rahmawati³

^{1,2,3}Universitas PGRI Semarang

e-mail: annisafirda3003@gmail.com¹, duwinuvitalia@upgris.ac.id²,
intanwati758@gmail.com³

Diterima: 21/9/2026; Direvisi: 1/10/2026; Diterbitkan: 7/10/2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan pendekatan interdisipliner *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics* (STEAM) berbantu alat peraga manipulatif PAPERSE dalam meningkatkan Keterampilan Proses Sains (KPS) siswa kelas V pada materi sistem pernapasan manusia. Jenis penelitian ini adalah *pre-experimental design* dengan rancangan *one-group pretest-posttest design*. Populasi sekaligus sampel penelitian ditentukan menggunakan teknik *sampling* jenuh yang melibatkan seluruh siswa kelas V SDN Tegalarum 02 sebanyak 28 peserta didik. Pengumpulan data dilakukan melalui instrumen tes tertulis, lembar observasi aktivitas psikomotorik, wawancara, dan dokumentasi proses. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan pada rata-rata skor KPS dari 40,50 pada saat *pretest* menjadi 97,50 pada saat *posttest*, dengan capaian *normalized gain* (*N-gain*) sebesar 0,97 yang tergolong kategori tinggi. Pengujian hipotesis menggunakan *paired sample t-test* membuktikan adanya perbedaan kemampuan sains yang signifikan ($p < 0,05$), serta diperkuat oleh uji regresi linear sederhana dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,746 yang menunjukkan kontribusi perlakuan sebesar 74,6% terhadap variansi KPS siswa. Dengan demikian, integrasi pendekatan STEAM berbantu alat peraga PAPERSE terbukti efektif dalam mengoptimalkan penguasaan keterampilan proses sains siswa di sekolah dasar.

Kata Kunci: *Alat Peraga PAPERSE, Keterampilan Proses Sains, Pendekatan STEAM.*

ABSTRACT

This study aims to analyze the implementation of the interdisciplinary *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics* (STEAM) approach assisted by the manipulative PAPERSE prop in improving fifth-grade students' Science Process Skills (SPS) on human respiratory system materials. The methodology employed a pre-experimental design using a one-group pretest-posttest design framework. The research sample was determined using a total sampling technique involving all 28 fifth-grade students at SDN Tegalarum 02. Data were gathered through cognitive written tests, psychomotor observation sheets, structured interviews, and documentation. The results revealed a significant improvement in the average SPS score from 40.50 in the pretest to 97.50 in the posttest, achieving a normalized gain (*N-gain*) of 0.97, which falls into the high category. Hypothesis testing via paired sample t-test confirmed a statistically significant difference ($p < 0.05$), corroborated by simple linear regression analysis yielding a coefficient of determination (R^2) of 0.746, indicating a 74.6% contribution to students' SPS variance. Thus, integrating the interdisciplinary STEAM approach with manipulative PAPERSE props is proven effective in optimizing young learners' science process skills in primary education.

Keywords: *PAPERSE Prop, Science Process Skills, STEAM Approach.*





PENDAHULUAN

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) di sekolah dasar memiliki peranan strategis sebagai peletak dasar kemampuan berpikir kritis, bernalar logis, dan eksplorasi ilmiah awal bagi peserta didik. Melalui Kurikulum Merdeka, muatan IPAS diarahkan untuk menuntun siswa memahami fenomena alam di lingkungan sekitarnya secara kontekstual melalui pengalaman belajar yang konkret (Mustafa et al., 2023). Pembelajaran sains di jenjang pendidikan dasar tidak lagi menitikberatkan pada transmisi informasi satu arah, melainkan bertumpu pada keaktifan peserta didik dalam menyelidiki gejala alam secara mandiri. Oleh sebab itu, proses pembelajaran IPAS perlu dikemas secara interaktif agar mampu membekali siswa dengan kompetensi ilmiah yang relevan dengan tantangan abad ke-21.

Keterampilan Proses Sains (KPS) merupakan kompetensi fundamental dalam pembelajaran inkuiri yang melatih siswa untuk menemukan fakta, membangun konsep, serta mengembangkan sikap ilmiah melalui tindakan nyata (Annur et al., 2023). KPS mencakup sejumlah indikator penting, mulai dari keterampilan mengamati (*observing*), mengelompokkan (*classifying*), meramalkan (*predicting*), hingga menyimpulkan (*inferring*) fenomena yang dipelajari (Li et al., 2024). Penguasaan KPS sangat esensial bagi anak usia sekolah dasar agar mereka tidak sekadar menghafal teori ilmiah secara verbalistik, melainkan memiliki kemahiran metodologis dalam memecahkan masalah. Siswa yang terlatih dengan KPS yang baik akan terbiasa berpikir sistematis dan memiliki retensi pemahaman konsep yang lebih bertahan lama.

Namun demikian, pelaksanaan pembelajaran sains di lapangan masih dihadapkan pada jurang pemisah antara tuntutan kurikulum dan realitas pembelajaran sehari-hari. Berdasarkan studi pendahuluan di SDN Tegalarum 02, guru kelas masih dominan menggunakan metode ceramah konvensional serta buku teks sebagai satu-satunya rujukan belajar. Situasi ini berdampak pada lemahnya penguasaan KPS siswa, khususnya pada topik sistem pernapasan manusia yang memuat proses fisiologis organ dalam tubuh. Ketiadaan media peraga kinetik di kelas menyebabkan konsep perubahan volume dan tekanan udara pernapasan terasa sangat abstrak, sehingga siswa kesulitan mengonstruksi pemahaman konsep ilmiah yang benar.

Tinggi atau rendahnya keterampilan proses sains siswa sekolah dasar pada dasarnya dipengaruhi oleh perpaduan faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal berkaitan dengan tahap perkembangan kognitif anak usia 7–12 tahun yang berada pada fase operasional konkret, di mana siswa membutuhkan representasi fisik nyata untuk memahami konsep abstrak (Santrock, 2021). Sementara itu, faktor eksternal mencakup ketepatan model pembelajaran yang dirancang guru, interaksi sosial di dalam kelas, serta ketersediaan media manipulatif yang dapat dioperasikan langsung oleh siswa (Aswad & Jannah, 2022). Ketika pembelajaran hanya bersandar pada gambar dua dimensi yang statis, dorongan eksplorasi taktil anak menjadi terhambat, yang pada gilirannya menyebabkan KPS berada pada kategori rendah.

Salah satu alternatif pembelajaran yang berpotensi mengatasi kendala tersebut adalah pendekatan *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics* (STEAM). Pendekatan interdisipliner STEAM memadukan konsep sains teoritis dengan rekayasa teknologi sederhana, pemecahan masalah praktis, serta sentuhan kreativitas artistik yang estetik (Yakman & Lee, 2022). Penambahan unsur seni (*Arts*) ke dalam sains terbukti mampu merangsang imajinasi kreatif anak, mengurangi kejenuhan kognitif, dan memperkuat keterlibatan emosional positif siswa selama proses pembelajaran berlangsung (Chen et al., 2022). Melalui integrasi terpadu ini, kegiatan investigasi ilmiah menjadi wahana belajar yang menyenangkan dan menantang bagi anak sekolah dasar. Implementasi model ini secara signifikan terbukti mampu mengasah keterampilan berpikir kritis serta memfasilitasi kemampuan pemecahan masalah yang lebih inovatif dalam konteks dunia nyata (Barus et al., 2026; Louvette & Budiyo, 2026; Masardi,



2025; Rahayu, 2025; Riyani & Wulandari, 2022).

Guna mengoptimalkan pendekatan STEAM pada masa operasional konkret anak, dibutuhkan sarana fisik yang bersifat manipulatif dan ramah lingkungan (*upcycled media*) (Miller, 2022). Alat Peraga PAPERSE (Papan Pernapasan Sederhana) hadir sebagai media pembelajaran taktil berbasis daur ulang yang dirakit secara mandiri menggunakan botol bekas, balon karet, sedotan plastik berbentuk Y, dan lilin plastisin. Media ini berfungsi sebagai model simulasi mekanis organ paru-paru dan otot diafragma yang dapat digerakkan secara langsung oleh tangan siswa. Dengan memanipulasi media PAPERSE, siswa dapat mengamati secara kinetik mekanisme pernapasan dada dan perut serta membuktikan hukum perubahan tekanan udara di dalam rongga tubuh manusia. Eksperimentasi aktif melalui peraga ini tidak hanya menguatkan pemahaman konsep sains, tetapi juga melatih kemampuan motorik halus dan kreativitas siswa dalam merancang solusi teknis yang relevan (Amarna & Widodo, 2026; Gaba et al., 2025; Kusumasari et al., 2025; Ngongo et al., 2025; Tawil et al., 2024).

Efektivitas pendekatan STEAM dalam meningkatkan hasil belajar dan keterampilan berpikir peserta didik telah banyak dibuktikan dalam berbagai penelitian terdahulu. Wahono et al. (2020) melalui kajian metaanalisis menyimpulkan bahwa implementasi pembelajaran berbasis STEM/STEAM memberikan pengaruh positif yang signifikan terhadap peningkatan literasi sains siswa di kawasan Asia. Penelitian Conrad dan Taylor (2023) juga membuktikan bahwa integrasi model STEAM pada materi anatomi tubuh manusia di sekolah dasar mampu memperjelas konsep biologis organ dalam serta meminimalkan miskonsepsi siswa. Selain itu, Nuvitalia et al. (2026) menegaskan bahwa pemahaman integratif STEAM mendorong tumbuhnya keterampilan *problem solving* yang kontekstual dan kreativitas peserta didik melalui eksperimen langsung.

Meskipun kajian mengenai STEAM telah berkembang luas, sebagian besar penelitian sebelumnya masih menggunakan media digital berbiaya tinggi atau kit praktikum pabrikaan yang jarang tersedia di sekolah dasar pedesaan. Masih terdapat keterbatasan literatur empiris (*research gap*) yang menelaah pemanfaatan media manipulatif berbahan barang daur ulang murah seperti PAPERSE yang dipadukan secara terpadu ke dalam sintaks STEAM untuk melatih KPS siswa. Kesenjangan ini membuka ruang penting untuk menguji apakah perakitan model pernapasan mandiri dari barang bekas mampu melatih indikator observasi, klasifikasi, prediksi, dan inferensi siswa secara simultan.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keterlaksanaan penerapan pendekatan interdisipliner STEAM berbantu alat peraga manipulatif PAPERSE pada materi sistem pernapasan manusia. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menguji secara empiris signifikansi peningkatan Keterampilan Proses Sains (KPS) siswa kelas V di SDN Tegalarum 02 setelah diberikan perlakuan. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat dirumuskan alternatif pembelajaran sains yang berpusat pada siswa, berbiaya terjangkau, serta aplikatif bagi satuan pendidikan dasar.

METODE PENELITIAN

Penelitian kuantitatif ini menerapkan rancangan *pre-experimental design* dengan model *one-group pretest-posttest design* guna membandingkan capaian Keterampilan Proses Sains (KPS) siswa sebelum dan setelah intervensi tindakan (Sugiyono, 2022). Penelitian dilaksanakan di SDN Tegalarum 02, Kecamatan Mranggen, Kabupaten Demak pada semester genap Tahun Ajaran 2025/2026. Penentuan subjek penelitian menggunakan teknik *non-probability sampling* jenis *sampling* jenuh, di mana seluruh populasi yang berjumlah 28 siswa kelas V (terdiri atas 10 laki-laki dan 18 perempuan) dijadikan sebagai sampel tunggal penelitian.

Pengumpulan data dilakukan menggunakan kombinasi empat teknik, yaitu wawancara terstruktur bersama guru kelas, lembar observasi aktivitas psikomotorik siswa, dokumentasi kegiatan belajar, serta tes evaluasi tertulis. Instrumen tes KPS terdiri atas 20 butir soal pilihan ganda dan uraian yang telah dinyatakan valid melalui korelasi *Product Moment Pearson* ($r_{hitung} \geq 0,432$). Koefisien reliabilitas *Cronbach's Alpha* instrumen tercatat sebesar 0,864, yang menandakan bahwa alat ukur memiliki keterandalan instrumen yang sangat tinggi. Observasi dilakukan selama proses perakitan alat peraga PAPERSE untuk menilai KPS aspek unjuk kerja.

Analisis data dilakukan melalui statistik deskriptif dan statistik inferensial berbantuan program komputer. Tingkat efektivitas perlakuan dihitung melalui formula perolehan *Normalized Gain* (*N-gain*) menurut Hake (Gao et al., 2020). Pengujian signifikansi perbedaan rata-rata skor sebelum dan sesudah perlakuan diuji menggunakan statistik parametrik *paired sample t-test* setelah data memenuhi asumsi normalitas melalui uji *Kolmogorov-Smirnov*. Selanjutnya, kontribusi perlakuan pendekatan STEAM berbantu PAPERSE terhadap variansi peningkatan KPS dimodelkan menggunakan analisis regresi linear sederhana pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pengukuran Keterampilan Proses Sains (KPS) siswa kelas V SDN Tegalarum 02 dilakukan pada saat sebelum perlakuan (*pretest*) dan sesudah perlakuan (*posttest*). Sebanyak 28 siswa dibagi ke dalam 4 kelompok belajar kolaboratif untuk menyelesaikan perancangan alat peraga PAPERSE. Rangkuman hasil capaian nilai KPS per kelompok beserta perolehan skor selisih dan indeks *N-gain* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Nilai *Pretest*, *Posttest*, dan Perolehan *N-Gain* Siswa

Kelompok	Nilai <i>Pretest</i>	Nilai <i>Posttest</i>	Selisih (<i>Gain</i>)	Nilai <i>N-Gain</i>	Kategori Peningkatan
Kelompok 1	43,00	97,00	54,00	0,95	Tinggi
Kelompok 2	50,00	100,00	50,00	1,00	Tinggi
Kelompok 3	23,00	93,00	70,00	0,91	Tinggi
Kelompok 4	46,00	100,00	54,00	1,00	Tinggi
Rata-Rata	40,50	97,50	57,00	0,97	Tinggi

Data pada Tabel 1 menunjukkan adanya lonjakan rata-rata klasikal KPS yang sangat drastis, yakni dari 40,50 pada saat *pretest* menjadi 97,50 pada saat *posttest*. Terjadi peningkatan skor rata-rata sebesar 57,00 poin (140,74%) dengan capaian indeks *N-gain* rata-rata sebesar 0,97 yang tergolong dalam kategori "Tinggi" ($g \geq 0,70$). Menariknya, Kelompok 3 yang memiliki kemampuan awal paling rendah (skor 23,00) justru mencatatkan perolehan lompatan nilai tertinggi dengan penambahan sebesar +70,00 poin hingga mencapai skor akhir 93,00. Hal ini menegaskan bahwa intervensi pembelajaran mampu mengakselerasi kompetensi sains siswa secara merata.

Pengujian asumsi parametrik menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* menghasilkan nilai signifikansi $p > 0,05$, yang membuktikan bahwa seluruh data skor sains berdistribusi normal. Pengujian hipotesis komparatif melalui *paired sample t-test* menghasilkan nilai *p-value*

(*Sig. 2-tailed*) sebesar 0,000. Karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05 ($p < 0,05$), maka hipotesis alternatif diterima secara meyakinkan. Temuan ini membuktikan terdapat perbedaan rata-rata KPS yang signifikan antara sebelum dan sesudah pendekatan STEAM berbantu PAPERSE diterapkan di kelas.

Pola kontribusi variabel perlakuan terhadap peningkatan KPS kemudian dianalisis menggunakan regresi linear sederhana, yang menghasilkan persamaan garis $Y = 41,825 + 0,681X$ dengan nilai $F_{hitung} = 76,230$ ($p = 0,000$). Nilai konstanta sebesar 41,825 mencerminkan skor dasar KPS siswa sebelum perlakuan, sedangkan koefisien regresi 0,681 membuktikan bahwa setiap peningkatan satu satuan kualitas pembelajaran STEAM berbantu PAPERSE meningkatkan skor KPS sebesar 0,681 satuan. Nilai koefisien determinasi (R^2) tercatat sebesar 0,746, yang mengonfirmasi bahwa 74,6% variabilitas peningkatan KPS siswa kelas V ditentukan oleh implementasi model STEAM berbantu media PAPERSE, sementara sisanya dipengaruhi faktor di luar penelitian. Karya konkret alat peraga hasil perakitan kolaboratif siswa yang menjadi media investigasi sains disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Pembuatan Alat Peraga PAPERSE

Gambar 1 di atas mengilustrasikan model tiruan sistem pernapasan manusia yang dirakit dari kombinasi botol plastik, sedotan, dan balon karet. Papan peraga ini memungkinkan siswa menyimulasikan fase inspirasi dan ekspirasi secara mandiri dengan menarik dan melepas membran balon di dasar botol. Melalui manipulasi mekanis ini, siswa mengamati secara langsung perubahan volume paru-paru di dalam botol rongga dada. Keberadaan model fisik ini berhasil menjembatani pemahaman proses biologis pernapasan manusia secara interaktif.

Pembahasan

Keberhasilan integrasi pendekatan STEAM berbantu alat peraga PAPERSE berakar pada harmonisasi lima pilar keilmuan yang diterapkan secara runtut selama proses pembelajaran. Pada pilar *Science*, siswa menganalisis jalur pernapasan mulai dari trakea, bronkus, hingga elastisitas paru-paru dan otot diafragma. Pada pilar *Technology*, siswa memanfaatkan peralatan pemotong sederhana dan barang bekas tak terpakai secara fungsional. Pada pilar *Engineering*, siswa memecahkan tantangan rancang bangun model pernapasan kedap udara menggunakan plastisin (Henriksen & Richardson, 2023). Unsur *Art* melatih ekspresi estetika siswa dalam menghias model dan mewarnai organ penanda, sedangkan *Mathematics* diimplementasikan saat mengukur panjang sedotan serta menghitung frekuensi pernapasan kelompok. Penggunaan strategi pembelajaran terpadu ini terbukti efektif dalam memfasilitasi pemahaman mandiri siswa terhadap konsep-konsep biologis yang kompleks melalui eksplorasi lingkungan dan pemecahan masalah (Fadilah & Budiyo, 2026; Hayati & Zuriyanti, 2024; Rahma & Erman, 2026; Situmorang et al., 2025).

Berdasarkan analisis indikator KPS, perlakuan ini memberikan dampak signifikan pada



indikator observasi dan klasifikasi. Melalui media PAPERSE, siswa tidak lagi mengamati gambar statis di buku teks, melainkan mengamati fenomena kinetik nyata saat membran balon ditarik dan dilepas. Pengalaman taktil konkret ini merepresentasikan mekanisme tekanan udara paru-paru secara akurat dan mengikis miskonsepsi biologis yang lazim terjadi (Conrad & Taylor, 2023). Hal ini selaras dengan teori perkembangan Jean Piaget bahwa anak usia sekolah dasar berada pada masa transisi berpikir konkret, di mana representasi fisik objek luar sangat esensial dalam mempercepat asimilasi skema kognitif baru di otak mereka (Aswad & Jannah, 2022; Santrock, 2021). Selain itu, keterlibatan aktif siswa dalam kegiatan investigatif yang relevan ini memungkinkan mereka untuk bertransisi dari sekadar menghafal konsep menuju pemahaman mendalam melalui praktik sains yang autentik (Hermawan, 2025; Kartikasari et al., 2026; Nasution et al., 2025; Purba et al., 2024; Zuhra & Nurdin, 2025).

Peningkatan KPS juga terlihat nyata pada indikator peramalan (*prediction*) dan penyimpulan (*inference*). Ketika guru memberikan pertanyaan problematik mengenai dampak kebocoran plastisin pada tutup botol, siswa mampu meramalkan dengan tepat bahwa perbedaan tekanan udara tidak akan terbentuk sehingga balon tidak mengembang. Pengalaman langsung dalam merakit dan menguji alat peraga membantu siswa menarik kesimpulan fungsional mengenai hukum sebab-akibat pernapasan secara logis. Temuan ini menegaskan bahwa keterlibatan aktif (*hands-on learning*) mampu membangun retensi memori jangka panjang dan mereduksi kecemasan kognitif siswa terhadap mata pelajaran sains (Miller, 2022).

Keberhasilan Kelompok 3 yang mengalami lompatan skor tertinggi dari 23,00 menjadi 93,00 membuktikan berjalannya teori sosiokultural Vygotsky mengenai *Zone of Proximal Development* (ZPD). Di dalam kelompok kolaboratif, siswa yang berkemampuan awal rendah mendapatkan bimbingan sebaya (*peer scaffolding*) dan arahan terarah dari guru saat menghadapi kendala teknis perakitan (Wibowo et al., 2024). Interaksi sosial yang positif melahirkan atmosfer belajar yang saling mendukung dan menumbuhkan rasa percaya diri siswa. Dinamika ini sejalan dengan temuan Nuvitalia et al. (2026) yang menunjukkan bahwa integrasi pemahaman STEAM mampu mengoptimalkan kemampuan *problem solving* kontekstual, merangsang keterampilan proses sains, serta memacu kreativitas siswa melalui eksperimen langsung.

Meskipun alat peraga PAPERSE memiliki keunggulan tinggi dalam efisiensi biaya dan ramah lingkungan, media ini memiliki tantangan teknis berupa kerentanan kebocoran tekanan udara pada celah tutup botol. Namun, kendala ini justru dimanfaatkan oleh guru sebagai momen pembelajaran berbasis masalah (*problem-based learning*), di mana siswa diajak berpikir kritis menambal celah tersebut menggunakan karet gelang atau lem perekat. Secara menyeluruh, pendekatan STEAM berbantu PAPERSE terbukti mampu menggeser pembelajaran sains dari pola pasif menuju eksplorasi ilmiah yang aktif dan menyenangkan. Oleh karena itu, pendekatan ini teruji secara teoretis dan empiris sebagai strategi instruksional unggulan untuk meningkatkan Keterampilan Proses Sains pada jenjang sekolah dasar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data statistik dan pembahasan yang telah diuraikan, penelitian ini menyimpulkan dua hal utama. Pertama, penerapan pendekatan interdisipliner STEAM berbantu alat peraga PAPERSE pada materi sistem pernapasan manusia terlaksana secara efektif melalui integrasi pilar sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika ke dalam aktivitas manipulatif mandiri siswa. Kedua, terdapat pengaruh positif dan signifikan dari penerapan pendekatan STEAM berbantu alat peraga PAPERSE terhadap peningkatan Keterampilan Proses Sains (KPS) siswa kelas V di SDN Tegalarum 02. Hal ini dibuktikan oleh



lonjakan nilai rata-rata klasikal dari 40,50 menjadi 97,50, capaian *N-gain* sebesar 0,97 yang berada pada kategori tinggi, signifikansi *paired sample t-test* ($p = 0,000 < 0,05$), serta kontribusi pengaruh regresi sebesar 74,6%.

Penelitian ini memberikan implikasi praktis bagi guru sekolah dasar untuk senantiasa memanfaatkan media manipulatif ramah biaya berbasis lingkungan sebagai sarana konkretisasi pembelajaran IPAS. Bagi pihak sekolah, disarankan untuk memfasilitasi pelatihan pembuatan alat peraga berbasis barang daur ulang guna mendukung implementasi Kurikulum Merdeka yang ramah lingkungan. Sementara itu, bagi peneliti selanjutnya disarankan untuk memperluas lingkup penelitian dengan menyertakan kelompok kontrol pembanding (*quasi-experimental design*), menambah durasi waktu intervensi, serta mengukur variabel kognitif lainnya seperti kecerdasan spasial dan retensi memori jangka panjang siswa pada materi anatomi tubuh lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amarna, A. D., & Widodo, W. (2026). Penerapan inkuiri terstruktur terhadap peningkatan keterampilan proses sains peserta didik pada materi gerak. *SCIENCE: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA*, 6(2), 1002–1012. <https://doi.org/10.51878/science.v6i2.10027>
- Annur, F., Wulandari, S., & Pratama, H. (2023). Keterampilan proses sains dalam pembelajaran IPA di sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 11(2), 142–155. <https://doi.org/10.21009/jpd.v11i2.28910>
- Aswad, M., & Jannah, M. (2022). Implementasi teori Piaget dan taksonomi Bloom dalam pembelajaran IPA Kurikulum Merdeka. *Jurnal Penelitian Pendidikan Sains Dasar*, 9(1), 12–25. <https://doi.org/10.37251/jppsd.v9i1.412>
- Barus, P. L. B., Manalu, B. B., & HS, D. W. S. (2026). Pengaruh model *problem based learning* terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. *EDUCATIONAL: Jurnal Inovasi Pendidikan & Pengajaran*, 6(4), 3292–3300. <https://doi.org/10.51878/educational.v6i4.15364>
- Chen, Y., Zhang, L., & Wang, K. (2022). The impact of STEAM education on elementary students' scientific literacy and emotional engagement. *International Journal of STEM Education*, 9(4), 112–128. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00342-1>
- Conrad, S., & Taylor, M. (2023). STEAM integration in elementary education: A case study on human anatomy topics. *International Journal of Educational Research*, 10(2), 88–102. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2023.102145>
- Fadilah, C. D., & Budiyanto, M. (2026). Implementasi media kartu kuartet untuk meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa pada materi sistem ekskresi menggunakan model pembelajaran kooperatif tipe STAD. *EDUTECH: Jurnal Inovasi Pendidikan Berbantuan Teknologi*, 6(2), 521–532. <https://doi.org/10.51878/edutech.v6i2.10092>
- Gaba, M., Kua, M. Y., Laksana, D. N. L., & Dinata, N. M. (2025). Persepsi siswa sekolah dasar terhadap penggunaan alat peraga sistem pernapasan berbahan daur ulang. *JagoMIPA: Jurnal Pendidikan Matematika dan IPA*, 5(2), 695–706. <https://doi.org/10.53299/jagomipa.v5i2.1790>
- Gao, X., Li, P., Shen, J., & Sun, H. (2020). Assessment practices in STEAM education: A review of literature. *Journal of Science Education and Technology*, 29(6), 769–783. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09855-9>
- Hayati, N., & Zurianti, N. A. (2024). Implementasi pembelajaran Science, Technology,



- Engineering, Arts, & Mathematics (STEAM) dengan memanfaatkan media *loose parts*. *Jurnal Pendidikan Anak*, 13(1), 100–113. <https://doi.org/10.21831/jpa.v13i1.306>
- Henriksen, D., & Richardson, C. (2023). *Creativity and STEAM: Moving beyond the acronym to humanize science*. Routledge.
- Hermawan, A. (2025). Pengaruh model *problem-based learning* di luar kelas terhadap keterampilan argumentasi ilmiah siswa sekolah dasar dalam pembelajaran IPAS. *LEARNING: Jurnal Inovasi Penelitian Pendidikan dan Pembelajaran*, 5(4), 1634–1642. <https://doi.org/10.51878/learning.v5i4.7519>
- Kartikasari, D., Suryanti, S., & Julianto, J. (2026). Profil keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran IPA: Studi deskriptif pada kelas VI SD Surabaya Barat. *ACADEMIA: Jurnal Inovasi Riset Akademik*, 6(4), 2954–2963. <https://doi.org/10.51878/academia.v6i4.12772>
- Kusumasari, S., Patonah, S., & Sumarno, S. (2025). Pengembangan perangkat pembelajaran berbasis STEAM berorientasi ESD untuk meningkatkan kreativitas dan kemandirian siswa. *LEARNING: Jurnal Inovasi Penelitian Pendidikan dan Pembelajaran*, 5(2), 609–619. <https://doi.org/10.51878/learning.v5i2.4860>
- Li, Y., Chen, H., & Liu, M. (2024). Science process skills and cognitive development in early adolescence: Long-term empirical study. *Global Journal of Pedagogy*, 12(2), 201–218. <https://doi.org/10.1080/2331186x.2024.2145890>
- Louvette, R. H., & Budiyo, M. (2026). Peningkatan keterampilan berpikir kritis melalui penerapan model *problem based learning* berbasis STEM. *LEARNING: Jurnal Inovasi Penelitian Pendidikan dan Pembelajaran*, 6(2), 1346–1357. <https://doi.org/10.51878/learning.v6i2.10017>
- Masardi, D. A. (2025). Penerapan model pembelajaran *problem based learning* berbantu media interaktif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar IPAS peserta didik kelas 5 SDN Gogodalem 1. *SOCIAL: Jurnal Inovasi Pendidikan IPS*, 5(3), 941–950. <https://doi.org/10.51878/social.v5i3.6865>
- Miller, J. R. (2022). Upcycled science: Practical manipulative media for elementary classrooms. *Environmental Education Research*, 28(4), 532–548. <https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2045612>
- Mustafa, B., Hidayat, R., & Rahayu, S. (2023). Transformasi pembelajaran IPA sekolah dasar di era Kurikulum Merdeka. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 14(1), 34–47. <https://doi.org/10.21831/jips.v14i1.51240>
- Nasution, E., Djulia, E., & Ernawati, N. (2025). Influence discovery learning on cognitive skills and science process skills of grade VII junior high school students. *ISER: Indonesian Science Education Research*, 7(1), 58–67. <https://doi.org/10.24114/iser.v7i1.68426>
- Ngongo, F., Kua, M. Y., Suparmi, N. W., & Dinata, N. M. (2025). Penggunaan alat peraga sistem pernapasan berbasis produk lokal rumah tangga dalam pembelajaran IPA bagi siswa SMP. *JagoMIPA: Jurnal Pendidikan Matematika dan IPA*, 5(1), 152–164. <https://doi.org/10.53299/jagomipa.v5i1.1202>
- Nuvitalia, D., Saptaningrum, E., & Baedhowi, S. (2026). Understanding of Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics (STEAM) in PGSD students of PGRI University Semarang. *Jurnal Wawasan Pendidikan*, 6(1), 223–231. <https://doi.org/10.26877/jwp.v6i1.18942>
- Purba, S. W. D., Chao, H., Hwang, W., & Tang, Y. E. (2024). Empowering vocational students:



- Exploring mobile learning for sustainable high-level cognition in authentic contexts. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(8), Article em2488. <https://doi.org/10.29333/ejmste/14917>
- Rahayu, K. P. (2025). Implementasi pembelajaran STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) di sekolah dasar: Tantangan dan solusi. *Center of Education Journal (CEJou)*, 6(1), 45–56. <https://doi.org/10.55757/cejou.v6i1.876>
- Rahma, F. N., & Erman, E. (2026). Pembelajaran *guided inquiry* dengan pendekatan CTL pada materi ekologi dan keanekaragaman hayati terhadap pemahaman konsep. *SCIENCE: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA*, 6(2), 991–1001. <https://doi.org/10.51878/science.v6i2.10028>
- Riyani, N. L. V. E., & Wulandari, I. G. A. A. (2022). Pengembangan LKPD interaktif berbasis STEAM pada kompetensi pengetahuan IPS siswa kelas V di SD No. 3 Sibanggede. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 22(1), 285–292. <https://doi.org/10.33087/jiubj.v22i1.2046>
- Santrock, J. W. (2021). *Child development* (15th ed.). McGraw-Hill.
- Situmorang, R. P., Halawa, R., & Zega, Y. T. (2025). Integrasi pembelajaran berbasis proyek dalam media animasi interaktif (BreathQuest-PjBL): Meningkatkan pemahaman konsep sistem pernapasan manusia pada siswa SMA. *Diklabio: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Biologi*, 9(2), 261–275. <https://doi.org/10.33369/diklabio.9.2.261-275>
- Sugiyono. (2022). *Metode penelitian pendidikan: Pendekatan kuantitatif, kualitatif, R&D, dan eksperimen*. Alfabeta.
- Tawil, M., Rusli, M. A., Bakkara, H., & Jatmiko, B. (2024). Alternative virtual lab-based practical learning model to improve scientific attitude and science process skills. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 10(1), 45–58. <https://doi.org/10.21009/1.10105>
- Wahono, B., Lin, P. L., & Chang, C. Y. (2020). Effectiveness of STEM education on students' learning outcomes in Asia: A meta-analysis. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(6), 1011–1032. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-10000-2>
- Wibowo, A., Setiawan, D., & Lestari, P. (2024). Relevansi teori Vygotsky pada pembelajaran diferensial di sekolah dasar. *Jurnal Pedagogi Kreatif*, 12(1), 78–91. <https://doi.org/10.37251/jpk.v12i1.3120>
- Yakman, G., & Lee, H. (2022). Exploring the exemplary STEAM education in the US and Korea. *Journal of STEAM Education*, 7(2), 55–72. <https://doi.org/10.46328/jste.v7i2.89>
- Zuhra, H., & Nurdin, S. (2025). Improving science learning outcomes through an environment-based discovery learning model. *Indonesian Journal of Education and Social Humanities*, 2(3), 21–32. <https://doi.org/10.62945/ijesh.v2i3.844>