

Implementasi Pendekatan STEM melalui Kegiatan Eksperimen IPA Sederhana untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Murid Sekolah Dasar

Eka Sriwahyuni^{1*}, Hiba Dertyana Siregar², Abdul Sofyan³, Johanes Pelamonia⁴, Siti Nur Hafizah Muwardin⁵, Amir Ma'ruf Kaffah⁶

^{1,2,3,4,5} Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Universitas Pattimura, Maluku, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Sept 26, 2026

Revised Oct 11, 2026

Accepted Oct 19, 2026

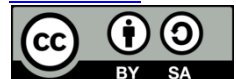
Keywords:

STEM; Critical Thinking Skills; Elementary School Students; Participatory Action Research (PAR)

Abstract

This community engagement program evaluated the implementation of simple STEM-based experiments and their impact on elementary students' critical thinking skills. Conducted from May 16–18, 2026, at SD Negeri Telaga Pange, the program involved 40 fifth- and sixth-grade students using a Participatory Action Research (PAR) framework. Working in groups alongside teachers and university mentors, students assembled and tested five projects: a multiplication wheel, hydraulic robotic hand, waterwheel, solar-powered fan, and mini generator. Changes in critical thinking were assessed through single-group pretest-posttest comparisons and normalized gain (N-gain) analysis. Results showed an increase in mean critical thinking scores from 52.2 to 80.8 (N-gain = 0.60, medium category), with improvements across all five indicators. Hands-on STEM activities effectively fostered active learning, problem-solving, and evidence-based reasoning.

This is an open-access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:

Eka Sriwahyuni

Universitas Pattimura, Maluku, Indonesia

E-mail: eka.sriwahyuni@lecturer.unpatti.ac.id

A. Pendahuluan

Perkembangan pendidikan abad ke-21 menuntut peserta didik tidak hanya menguasai pengetahuan konseptual, tetapi juga memiliki keterampilan berpikir tingkat tinggi, termasuk kemampuan berpikir kritis, memecahkan masalah, berkolaborasi, dan mengomunikasikan gagasan¹. Dalam konteks sekolah dasar, keterampilan berpikir kritis perlu ditumbuhkan sejak dini melalui pengalaman belajar yang memberi kesempatan kepada murid untuk bertanya, mengamati, mencoba, menganalisis, dan menyimpulkan

¹ Kelly C Margot and Todd Kettler, 'Teachers' Perception of STEM Integration and Education: A Systematic Literature Review', *International Journal of STEM Education*, 6 (2019), 2, doi:10.1186/s40594-018-0151-2.

berdasarkan bukti². Pembelajaran yang masih dominan berpusat pada guru dan hafalan sering kali belum memberi ruang yang cukup bagi murid untuk mengalami proses ilmiah secara langsung³. Kerangka keterampilan abad ke-21 menempatkan berpikir kritis dan pemecahan masalah sebagai kompetensi inti yang perlu dimiliki peserta didik⁴. Ennis memandang berpikir kritis sebagai berpikir reflektif dan beralasan yang berfokus pada keputusan tentang apa yang diyakini atau dilakukan⁵, sedangkan konsensus para pakar merumuskan keterampilan intinya sebagai interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan regulasi diri⁶.

Pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) menjadi salah satu pendekatan yang relevan untuk menjawab kebutuhan tersebut⁷. STEM mengintegrasikan konsep sains, teknologi, rekayasa, dan matematika ke dalam pembelajaran berbasis masalah, proyek, dan eksperimen⁸. Melalui STEM, murid tidak hanya mempelajari konsep IPA dan matematika secara terpisah⁹, tetapi menggunakannya untuk merancang alat, menguji fungsi, memperbaiki hasil, serta menjelaskan hubungan sebab-akibat dalam kehidupan sehari-hari¹⁰. Pendekatan integratif antarbidang STEM berpengaruh positif terhadap capaian belajar peserta didik¹¹, dan integrasi STEM pada

² Lieve Thibaut and others, 'Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education', *European Journal of STEM Education*, 3.1 (2018), 02, doi:10.20897/ejsteme/85525.

³ Eka Sriwahyuni and others, 'Penerapan Unplugged Coding Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Komputasional Peserta Didik Sekolah Dasar Di SD Al Hilaal 5 Kranjang', *Jurnal Pengabdian Masyarakat Research & Learning in Faculty of Education*, 6 (2026), pp. 1243–52.

⁴ Bernie Trilling and Charles Fadel, *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times* (Jossey-Bass, 2009).

⁵ Robert H Ennis, 'Critical Thinking Assessment', *Theory Into Practice*, 32.3 (1993), pp. 179–86, doi:10.1080/00405849309543594.

⁶ Peter A Facione, *Critical Thinking: A Statement of Expert Consensus for Purposes of Educational Assessment and Instruction (The Delphi Report)* (California Academic Press, 1990).

⁷ Rodger W Bybee, *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities* (NSTA Press, 2013).

⁸ Ane Portillo-Blanco and others, 'A Systematic Literature Review of Integrated STEM Education: Uncovering Consensus and Diversity in Principles and Characteristics', *Education Sciences*, 14.9 (2024), 1028, doi:10.3390/educsci14091028.

⁹ Yeping Li and others, 'Research and Trends in STEM Education: A Systematic Review of Journal Publications', *International Journal of STEM Education*, 7 (2020), 11, doi:10.1186/s40594-020-00207-6.

¹⁰ Todd R Kelley and J Geoff Knowles, 'A Conceptual Framework for Integrated STEM Education', *International Journal of STEM Education*, 3 (2016), 11, doi:10.1186/s40594-016-0046-z.

¹¹ Kurt Becker and Kyungsuk Park, 'Effects of Integrative Approaches among Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Subjects on Students' Learning: A Preliminary Meta-Analysis', *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 12.5–6 (2011), pp. 23–37.

jenjang pendidikan dasar dan menengah akan lebih bermakna apabila keterkaitan antarbidang dibuat eksplisit bagi peserta didik¹².

Mitra sasaran kegiatan ini adalah SD Negeri Telaga Pange, khususnya murid kelas V dan VI dengan jumlah peserta 40 orang. Berdasarkan observasi awal dan diskusi dengan pihak sekolah, pembelajaran IPA masih memerlukan penguatan pada kegiatan eksperimen sederhana yang aman, murah, dan mudah direplikasi. Murid membutuhkan pengalaman belajar yang lebih aktif agar mampu mengidentifikasi masalah, menganalisis hasil pengamatan, mengemukakan pendapat, memecahkan masalah, dan menarik kesimpulan. Kondisi awal juga terlihat dari nilai rata-rata pretest keterampilan berpikir kritis sebesar 52,2 yang menunjukkan bahwa kemampuan awal murid masih perlu ditingkatkan melalui kegiatan pembelajaran kontekstual. Kegiatan ini merupakan implementasi keilmuan Program Studi PGSD, khususnya luaran mata kuliah STEM yang menekankan kemampuan mahasiswa dalam merancang dan menerapkan pembelajaran inovatif di sekolah dasar.

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan kegiatan pengabdian kepada masyarakat berupa implementasi pendekatan STEM melalui kegiatan eksperimen IPA sederhana untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis murid sekolah dasar. Kegiatan ini diharapkan mampu memberikan pengalaman belajar yang inovatif dan bermakna bagi murid, sekaligus menjadi bentuk implementasi nyata luaran mata kuliah STEM pada Program Studi PGSD.

B. Metode

Metode pengabdian yang digunakan adalah *Participatory Action Research* (PAR). PAR dipilih karena sesuai dengan karakter kegiatan yang melibatkan mitra secara aktif mulai dari identifikasi masalah, perencanaan kegiatan, tindakan, pengamatan, evaluasi, sampai refleksi. Dalam kegiatan ini, murid, guru, dosen, dan mahasiswa berperan sebagai pihak yang terlibat langsung dalam proses pemecahan masalah pembelajaran di kelas¹³. Siklus perencanaan, tindakan, pengamatan, dan refleksi dalam PAR dilaksanakan secara kolaboratif bersama mitra sehingga perbaikan pembelajaran tumbuh dari kebutuhan nyata sekolah¹⁴.

¹² Margaret Honey, Greg Pearson, and Heidi Schweingruber (eds), *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research* (National Academies Press, 2014), doi:10.17226/18612; Lyn D English, 'STEM Education K-12: Perspectives on Integration', *International Journal of STEM Education*, 3 (2016), 3, doi:10.1186/s40594-016-0036-1.

¹³ Jacques M Chevalier and Daniel J Buckles, *Participatory Action Research: Theory and Methods for Engaged Inquiry*, 2nd edn (Routledge, 2019).

¹⁴ Stephen Kemmis, Robin McTaggart, and Rhonda Nixon, *The Action Research Planner: Doing Critical Participatory Action Research* (Springer, 2014), doi:10.1007/978-981-4560-67-2.

1. Waktu, Tempat, dan Sasaran Kegiatan

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini dilaksanakan pada tanggal 16 Mei 2026 sampai dengan 18 Mei 2026 bertempat di SD Negeri Telaga Pange. Sasaran kegiatan adalah peserta didik kelas V dan kelas VI dengan jumlah peserta sebanyak 40 murid. Kegiatan ini dilaksanakan oleh tim dosen dan mahasiswa Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar (PGSD) Universitas Pattimura sebagai bentuk implementasi keilmuan dan pendampingan pembelajaran inovatif di sekolah dasar. Dalam pelaksanaannya, kegiatan ini melibatkan Kepala Sekolah, guru kelas V/VI, serta murid SD Negeri Telaga Pange sebagai mitra utama. Keterlibatan pihak sekolah dan peserta didik menjadi bagian penting dalam mendukung kelancaran kegiatan, mulai dari persiapan, pelaksanaan eksperimen berbasis STEM, hingga evaluasi hasil pembelajaran murid.

2. Tahapan Kegiatan

a. Tahap Identifikasi Masalah

Tahap identifikasi masalah dirancang melalui observasi awal pembelajaran IPA dan diskusi dengan kepala sekolah serta guru kelas V dan VI SD Negeri Telaga Pange. Kegiatan ini bertujuan memetakan kondisi pembelajaran IPA, kebutuhan murid terhadap kegiatan eksperimen, dan keterampilan berpikir kritis murid. Hasil identifikasi kemudian disepakati bersama mitra sebagai dasar penetapan fokus kegiatan, yaitu penguatan keterampilan berpikir kritis melalui eksperimen sederhana berbasis STEM.

b. Tahap Perencanaan

Tahap perencanaan dirancang untuk menyusun rancangan kegiatan eksperimen IPA sederhana berbasis STEM. Pada tahap ini, tim pelaksana merancang jenis eksperimen yang sesuai dengan karakteristik murid sekolah dasar, menyiapkan alat dan bahan sederhana, serta menyusun instrumen penilaian keterampilan berpikir kritis. Instrumen yang disiapkan meliputi soal *pretest* dan *posttest*, lembar observasi, dan perangkat pendukung kegiatan. Perencanaan ini bertujuan agar pelaksanaan kegiatan berjalan terarah, terukur, dan sesuai dengan tujuan pengabdian.

c. Tahap Tindakan (*Action*)

Tahap tindakan dirancang melalui kegiatan eksperimen kelompok yang mencakup lima percobaan, yaitu kincir perkalian matematika, tangan robot hidrolik, kincir air, kipas tenaga surya, dan mini generator. Setiap kelompok mengikuti alur kerja yang sama, yaitu memahami permasalahan, merancang dan merakit alat, menguji fungsi alat, memperbaiki rancangan apabila alat belum bekerja sesuai harapan, dan mempresentasikan hasil

percobaan. Dosen dan mahasiswa berperan sebagai pendamping kelompok, sedangkan guru kelas turut mendampingi murid selama pelaksanaan eksperimen.

d. Tahap Observasi dan Evaluasi

Tahap observasi dirancang untuk memantau proses kegiatan menggunakan lembar observasi aktivitas murid. Evaluasi hasil dilakukan melalui *pretest* sebelum kegiatan dan *posttest* setelah kegiatan untuk mengukur perubahan keterampilan berpikir kritis murid. Rincian instrumen dan teknik analisis data diuraikan pada subbagian Teknik Pengumpulan dan Analisis Data.

e. Tahap Refleksi

Tahap refleksi dirancang untuk dilaksanakan bersama guru dan murid setelah seluruh rangkaian kegiatan selesai. Tim pelaksana menganalisis hasil observasi, hasil *pretest* dan *posttest*, serta respons murid untuk menilai ketercapaian tujuan kegiatan, mengidentifikasi kendala, dan merumuskan rekomendasi bagi sekolah agar pembelajaran IPA berbasis STEM dapat dilanjutkan secara mandiri.

3. Materi dan Integrasi STEM

Materi kegiatan dipilih berdasarkan prinsip sederhana, aman untuk murid sekolah dasar, murah, mudah diperoleh, serta mampu memperlihatkan hubungan antara konsep sains, teknologi, rekayasa, dan matematika. Integrasi STEM pada setiap percobaan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Integrasi STEM setiap Percobaan

No.	Percobaan	<i>Science</i>	<i>Technology</i>	<i>Engineering</i>	<i>Mathematics</i>
1	Kincir Perkalian Matematika	Konsep gerak berputar, pola bilangan, dan hubungan sebab-akibat	Penggunaan media pembelajaran interaktif sederhana	Merancang kincir agar dapat berputar stabil dan menampilkan hasil perkalian	Operasi perkalian, pola angka, dan perhitungan hasil
2	Tangan Robot Hidrolik	Konsep tekanan zat cair (Hukum Pascal), perpindahan tekanan dalam fluida, dan gaya tekan	Penggunaan sistem hidrolik sederhana menggunakan syringe, selang, dan air	Merancang dan merakit tangan robot hidrolik agar dapat bergerak seperti lengan robotik	Menghitung perbandingan gaya dan luas penampang, mengukur volume air, dan menghitung tekanan
3	Kincir Air	Energi air, gaya dorong air, dan gerak rotasi	Pemanfaatan aliran air sebagai sumber energi gerak	Mendesain bentuk dan jumlah sudu agar kincir dapat berputar optimal	Menghitung jumlah putaran, ukuran sudu, dan kecepatan rotasi

No.	Percobaan	<i>Science</i>	<i>Technology</i>	<i>Engineering</i>	<i>Mathematics</i>
4	Kipas Tenaga Surya	Perubahan energi cahaya matahari menjadi energi listrik dan energi gerak	Penggunaan panel surya mini, motor DC, dan kabel sederhana	Merancang rangkaian panel surya dan baling-baling kipas agar dapat berfungsi	Membandingkan intensitas cahaya dengan kecepatan putaran kipas
5	Mini Generator	Konsep induksi elektromagnetik dan perubahan energi mekanik menjadi energi listrik	Penggunaan dinamo mini, kabel, lampu LED, dan sistem putar manual	Merakit mini generator dengan roda pemutar (hand crank) untuk menghasilkan listrik	Menghitung jumlah putaran roda, kecepatan putaran, dan hubungan putaran terhadap terang lampu

4. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Data dikumpulkan melalui tes keterampilan berpikir kritis (*pretest* dan *posttest*) serta lembar observasi. Tes disusun berdasarkan lima indikator berpikir kritis, yaitu mengidentifikasi masalah, menganalisis informasi, mengemukakan pendapat, memecahkan masalah, dan menarik kesimpulan, yang diadaptasi dari kerangka berpikir kritis Ennis dan Facione¹⁵. *Pretest* diberikan sebelum rangkaian eksperimen untuk mengukur kemampuan awal, sedangkan *posttest* diberikan setelah kegiatan untuk mengukur kemampuan akhir murid. Lembar observasi digunakan untuk mencatat aktivitas murid selama eksperimen, meliputi keterlibatan dalam kelompok, kemampuan bertanya, kemampuan menyampaikan pendapat, dan kemampuan menyelesaikan masalah.

Data tes dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan menghitung nilai rata-rata, nilai tertinggi, nilai terendah, selisih rata-rata, dan persentase peningkatan, baik secara keseluruhan maupun per indikator. Besarnya peningkatan relatif terhadap peluang peningkatan yang tersedia dianalisis menggunakan gain ternormalisasi (N-gain) dengan rumus berikut¹⁶.

$$\text{N-gain} = (\text{skor posttest} - \text{skor pretest}) / (\text{skor maksimum} - \text{skor pretest})$$

¹⁵ Ennis; Facione.

¹⁶ Richard R Hake, 'Interactive-Engagement versus Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses', *American Journal of Physics*, 66.1 (1998), pp. 64-74, doi:10.1119/1.18809.

Nilai N-gain dikategorikan tinggi apabila $g \geq 0,70$, sedang apabila $0,30 \leq g < 0,70$, dan rendah apabila $g < 0,30$ ¹⁷. Data observasi dan catatan refleksi dianalisis secara deskriptif kualitatif untuk menjelaskan proses yang melatarbelakangi perubahan skor. Karena kegiatan menggunakan satu kelompok tanpa kelompok pembanding, hasil analisis dimaknai sebagai gambaran perubahan setelah kegiatan, bukan sebagai bukti hubungan sebab-akibat.

C. Hasil dan Pembahasan

1. Keterlibatan Mitra dan Implementasi Eksperimen STEM di Sekolah

Kegiatan PkM dilaksanakan selama tiga hari dengan melibatkan 40 murid kelas V dan VI SD Negeri Telaga Pange. Pelaksanaan kegiatan diawali dengan koordinasi teknis bersama pihak sekolah, sosialisasi kepada peserta didik, penjelasan aturan keselamatan, pembagian kelompok, serta pelaksanaan *pretest* untuk mengetahui kemampuan awal murid. Setelah itu, murid mengikuti rangkaian eksperimen IPA dan matematika sederhana berbasis STEM yang meliputi kincir perkalian matematika, tangan robot hidrolik, kincir air, kipas tenaga surya, dan mini generator. Eksperimen tersebut dirancang untuk membantu murid memahami hubungan antara konsep gerak, pola bilangan, tekanan zat cair, perubahan energi, pemanfaatan energi terbarukan, dan prinsip kerja alat sederhana.

Sesuai prinsip PAR, mitra terlibat sejak tahap awal hingga akhir kegiatan. Kepala sekolah dan guru kelas V dan VI terlibat dalam identifikasi kebutuhan pembelajaran, koordinasi teknis, dan pendampingan murid selama eksperimen. Dosen berperan merancang kegiatan dan instrumen, sedangkan mahasiswa Program Studi PGSD mendampingi setiap kelompok dalam merakit dan menguji alat. Murid tidak diposisikan sebagai penerima materi, tetapi sebagai pelaku aktif yang merancang, mencoba, dan memperbaiki alat secara berkelompok.

Selama kegiatan berlangsung, murid diarahkan untuk bekerja secara berkelompok dalam mengamati, merancang, menguji, mendiskusikan, dan memperbaiki alat yang digunakan dalam eksperimen. Proses pendampingan dilakukan oleh dosen dan mahasiswa agar setiap kelompok dapat memahami langkah kerja, menemukan penyebab keberhasilan atau kendala percobaan, serta menyusun kesimpulan berdasarkan hasil

¹⁷ Hake.

pengamatan. Melalui kegiatan ini, murid tidak hanya memperoleh pengalaman belajar yang konkret dan menyenangkan, tetapi juga dilatih untuk berpikir kritis, bekerja sama, menyampaikan pendapat, dan memecahkan masalah secara sederhana.

Kelima karya yang dihasilkan murid memperlihatkan integrasi bidang STEM secara konkret (Tabel 1). Kincir perkalian matematika menghubungkan gerak berputar dengan operasi perkalian; tangan robot hidrolik memperkenalkan prinsip tekanan zat cair melalui *syringe* dan selang; kincir air memperlihatkan pemanfaatan energi aliran air; kipas tenaga surya menunjukkan perubahan energi cahaya menjadi energi listrik dan energi gerak; sedangkan mini generator memperlihatkan perubahan energi mekanik menjadi energi listrik melalui putaran roda. Dokumentasi kegiatan bersama hasil karya murid ditunjukkan pada Gambar 1.



Pada akhir kegiatan, setiap kelompok mempresentasikan hasil percobaan dan menjawab pertanyaan pemandu yang berkaitan dengan konsep STEM yang telah dipelajari. Evaluasi dilakukan melalui *posttest* untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis murid setelah mengikuti kegiatan. Selain itu, refleksi bersama dilakukan untuk menggali pengalaman murid selama mengikuti eksperimen serta memberikan rekomendasi kepada pihak sekolah agar kegiatan eksperimen sederhana berbasis STEM dapat direplikasi dalam pembelajaran IPA dan matematika pada kesempatan berikutnya.

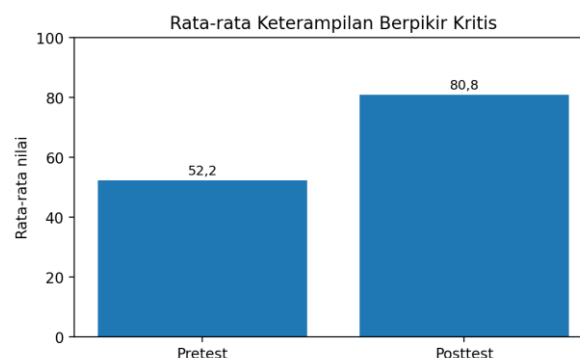
2. Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Murid Berdasarkan Indikator

Hasil *pretest* dan *posttest* keterampilan berpikir kritis murid secara keseluruhan direkapitulasi pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Keterampilan Berpikir Kritis

Keterangan	Nilai
Jumlah peserta didik	40 murid
Rata-rata pretest	52,2
Rata-rata posttest	80,8
Rata-rata peningkatan	28,6
Persentase peningkatan rata-rata	54,8%
N-gain rata-rata	0,60 (sedang)
Nilai pretest tertinggi	59
Nilai pretest terendah	45
Nilai posttest tertinggi	88
Nilai posttest terendah	74

Berdasarkan Tabel 2, rata-rata keterampilan berpikir kritis murid meningkat dari 52,2 pada *pretest* menjadi 80,8 pada *posttest*, dengan rata-rata peningkatan 28,6 poin atau 54,8%. Nilai N-gain sebesar 0,60 termasuk kategori sedang. Rentang nilai *pretest* berada pada rentang 45–59, sedangkan nilai *posttest* berada pada rentang 74–88. Karena nilai *posttest* terendah (74) lebih tinggi dari pada nilai *pretest* tertinggi (59), peningkatan terjadi pada seluruh murid, bukan hanya pada sebagian murid. Perbandingan rata-rata tersebut disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Perbandingan rata-rata nilai pretest dan posttest keterampilan berpikir kritis murid

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pretest dan Posttest Berdasarkan Indikator

No.	Indikator Berpikir Kritis	Rata-rata <i>Pretest</i>	Rata-rata <i>Posttest</i>	N-gain (Kategori)
1	Mengidentifikasi Masalah	53	81	0,60 (Sedang)
2	Menganalisis Informasi	51	80	0,59 (Sedang)
3	Mengemukakan Pendapat	52	82	0,63 (Sedang)
4	Memecahkan Masalah	50	79	0,58 (Sedang)
5	Menarik Kesimpulan	54	83	0,63 (Sedang)
Rata-rata keseluruhan		52,2	80,8	0,60 (Sedang)

Tabel 3 menunjukkan bahwa peningkatan terjadi pada kelima indikator dengan N-gain pada kategori sedang (0,58–0,63). Indikator mengidentifikasi masalah meningkat dari

53 menjadi 81 (N-gain 0,60), menganalisis informasi dari 51 menjadi 80 (0,59), mengemukakan pendapat dari 52 menjadi 82 (0,63), memecahkan masalah dari 50 menjadi 79 (0,58), dan menarik kesimpulan dari 54 menjadi 83 (0,63). Indikator mengemukakan pendapat mengalami kenaikan poin terbesar (30 poin), sedangkan indikator memecahkan masalah memiliki skor *pretest* dan *posttest* terendah sehingga masih menjadi aspek yang paling perlu diperkuat. Hasil ini menunjukkan bahwa eksperimen STEM tidak hanya membantu murid memahami konsep, tetapi juga melatih kemampuan berkomunikasi ilmiah dan menggunakan bukti hasil pengamatan.

3. Dampak Pembelajaran STEM terhadap Penalaran Ilmiah dan Keberlanjutan Program

Peningkatan skor pada kelima indikator menunjukkan bahwa kegiatan eksperimen memberi murid kesempatan untuk menggunakan keterampilan berpikir kritis dalam situasi yang konkret. Ketika kincir air tidak berputar sesuai dugaan, misalnya, murid dapat memeriksa arah aliran air, posisi alat, dan bentuk sudu sebelum mencoba perbaikan. Pada tangan robot hidrolik, murid dapat menelusuri mengapa gerakan alat terhambat dengan memeriksa sambungan selang atau perpindahan cairan. Proses tersebut menghubungkan pengamatan dengan pencarian penyebab dan pengujian solusi, sejalan dengan gagasan bahwa kegagalan awal yang dialami secara produktif dapat memperdalam pemahaman¹⁸. Kenaikan terbesar pada indikator mengemukakan pendapat, yaitu dari 52 menjadi 82, juga relevan dengan kegiatan diskusi dan presentasi kelompok: murid diminta menjelaskan cara kerja alat, kendala yang ditemui, serta alasan memilih suatu perbaikan. Diskusi dan argumentasi kolaboratif semacam ini merupakan sarana penting untuk mengembangkan penalaran ilmiah¹⁹. Sementara itu, kenaikan indikator menarik kesimpulan dari 54 menjadi 83 berkaitan dengan kesempatan membandingkan dugaan awal dan hasil percobaan. Penafsiran ini selaras dengan pembelajaran sains yang menekankan penyelidikan, perancangan, dan penggunaan bukti²⁰.

Temuan ini sejalan dengan hasil Wiratman dkk. yang melaporkan kenaikan rata-rata berpikir kritis murid sekolah dasar dari 54,60 menjadi 76,40 setelah pembelajaran berbasis

¹⁸ Manu Kapur, 'Productive Failure', *Cognition and Instruction*, 26.3 (2008), pp. 379–424, doi:10.1080/07370000802212669.

¹⁹ Jonathan Osborne, 'Arguing to Learn in Science: The Role of Collaborative, Critical Discourse', *Science*, 328.5977 (2010), pp. 463–66, doi:10.1126/science.1183944.

²⁰ National Research Council, *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas* (National Academies Press, 2012), doi:10.17226/13165.

proyek terintegrasi STEM dengan desain *one-group pretest-posttest*²¹. Ruhimat juga melaporkan peningkatan berbagai aspek kemampuan berpikir murid kelas tinggi sekolah dasar melalui pembelajaran STEM berbasis proyek²². Pada lingkup yang lebih luas Becker dan Park menunjukkan pengaruh positif pendekatan integratif STEM terhadap hasil belajar²³, sedangkan Abrami dkk. menemukan bahwa berpikir kritis berkembang lebih baik ketika peserta didik terlibat dalam dialog, dihadapkan pada masalah autentik, dan memperoleh pendampingan²⁴. Ketiga unsur tersebut hadir dalam kegiatan ini melalui diskusi kelompok, tantangan merakit alat yang berfungsi, dan pendampingan oleh dosen dan mahasiswa. Hasil ini juga konsisten dengan pengalaman PkM sebelumnya yang menunjukkan bahwa aktivitas belajar konkret dan bertahap dapat menumbuhkan keterampilan berpikir tingkat tinggi murid sekolah dasar²⁵.

Secara konseptual, kegiatan ini memenuhi prinsip STEM terintegrasi yang menekankan integrasi antarbidang, masalah dunia nyata, inkuiri, perancangan, dan kerja tim²⁶, serta praktik pembelajaran STEM yang berpusat pada murid dan berbasis desain²⁷. Kerja kelompok dengan tujuan bersama menumbuhkan saling ketergantungan positif yang mendorong pertukaran gagasan antarmurid²⁸. Dalam kerangka ICAP, aktivitas merakit, menguji, dan mendiskusikan alat menempatkan murid pada mode keterlibatan konstruktif dan interaktif yang berkaitan dengan pemahaman yang lebih mendalam²⁹. Temuan tentang manfaat pembelajaran aktif dalam sains dan matematika, meskipun dilakukan pada jenjang pendidikan tinggi, juga mendukung pola ini³⁰. Karakteristik tersebut sejalan

²¹ Arwan Wiratman and others, 'Project-Based Learning Integrated with Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) to the Critical Thinking Skills of Students in Elementary School', *SITTAH: Journal of Primary Education*, 4.2 (2023), pp. 167–80, doi:10.30762/sittah.v4i2.1828.

²² Toto Ruhimat, 'Peningkatan Kemampuan Berpikir dalam Pendekatan STEM dengan Model PjBL (Project Based Learning) di Sekolah Dasar', *Pedagogia: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 18.2 (2020), pp. 188–201, doi:10.17509/pdgia.v18i2.32628.

²³ Becker and Park.

²⁴ Philip C Abrami and others, 'Strategies for Teaching Students to Think Critically: A Meta-Analysis', *Review of Educational Research*, 85.2 (2015), pp. 275–314, doi:10.3102/0034654314551063.

²⁵ Sriwahyuni and others.

²⁶ Portillo-Blanco and others; Kelley and Knowles.

²⁷ Thibaut and others.

²⁸ David W Johnson and Roger T Johnson, 'An Educational Psychology Success Story: Social Interdependence Theory and Cooperative Learning', *Educational Researcher*, 38.5 (2009), pp. 365–79, doi:10.3102/0013189X09339057.

²⁹ Michelene T H Chi and Ruth Wylie, 'The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes', *Educational Psychologist*, 49.4 (2014), pp. 219–43, doi:10.1080/00461520.2014.965823.

³⁰ Scott Freeman and others, 'Active Learning Increases Student Performance in Science, Engineering, and Mathematics', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111.23 (2014), pp. 8410–15, doi:10.1073/pnas.1319030111.

dengan kajian pembelajaran berbasis proyek dan masalah yang menekankan pembangunan pengetahuan melalui pemecahan masalah, kolaborasi, dan refleksi³¹.

Hasil kegiatan ini perlu dimaknai dengan mempertimbangkan beberapa keterbatasan. Kegiatan dilaksanakan dalam tiga hari dengan satu kelompok tanpa kelompok pembanding, dan data dianalisis secara deskriptif. Oleh karena itu, peningkatan skor belum dapat sepenuhnya diatribusikan pada kegiatan eksperimen, karena dapat pula dipengaruhi oleh faktor lain seperti pengalaman mengerjakan tes yang serupa. Selain itu, besaran N-gain dapat dipengaruhi oleh kemampuan awal peserta didik³², sehingga perbandingan dengan kegiatan lain perlu dilakukan secara hati-hati.

Dari sisi keberlanjutan, kegiatan ini dirancang agar dapat direplikasi oleh sekolah secara mandiri. Alat dan bahan yang digunakan murah dan mudah diperoleh, sementara guru kelas V dan VI terlibat langsung sejak perencanaan hingga refleksi sehingga memahami alur pelaksanaan eksperimen. Pada tahap refleksi, tim pelaksana memberikan rekomendasi kepada pihak sekolah agar eksperimen sederhana berbasis STEM dapat dilanjutkan dalam pembelajaran IPA dan matematika. Keterlibatan guru dalam praktik nyata semacam ini penting karena perubahan praktik mengajar umumnya menguat setelah guru menyaksikan sendiri dampaknya terhadap belajar murid³³. Tindak lanjut yang disarankan adalah pendampingan berkala bagi guru dalam merancang eksperimen STEM pada topik IPA, matematika, dan lainnya.

D. Kesimpulan

Implementasi pendekatan STEM melalui kegiatan eksperimen IPA sederhana memberikan dampak positif terhadap keterampilan berpikir kritis murid SD Negeri Telaga Pange. Kegiatan eksperimen yang meliputi kincir perkalian matematika, tangan robot hidrolik, kincir air, kipas tenaga surya, dan mini generator mampu memberikan pengalaman belajar yang aktif, konkret, dan kontekstual bagi murid. Melalui kegiatan tersebut, murid tidak hanya memahami konsep IPA dan matematika, tetapi juga dilatih

³¹ Dimitra Kokotsaki, Victoria Menzies, and Andy Wiggins, 'Project-Based Learning: A Review of the Literature', *Improving Schools*, 19.3 (2016), pp. 267-77, doi:10.1177/1365480216659733; Cindy E Hmelo-Silver, 'Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn?', *Educational Psychology Review*, 16.3 (2004), pp. 235-66, doi:10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3.

³² David E Meltzer, 'The Relationship between Mathematics Preparation and Conceptual Learning Gains in Physics: A Possible "Hidden Variable" in Diagnostic Pretest Scores', *American Journal of Physics*, 70.12 (2002), pp. 1259-68, doi:10.1119/1.1514215.

³³ Thomas R Guskey, 'Professional Development and Teacher Change', *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 8.3 (2002), pp. 381-91, doi:10.1080/135406002100000512.

untuk mengamati, menganalisis, memecahkan masalah, mengemukakan pendapat, serta menarik kesimpulan berdasarkan hasil percobaan.

Peningkatan keterampilan berpikir kritis murid terlihat dari kenaikan rata-rata nilai dari 52,2 pada *pretest* menjadi 80,8 pada *posttest*, dengan rata-rata peningkatan sebesar 28,6 poin dan N-gain 0,60 (kategori sedang). Peningkatan terjadi pada kelima indikator, dengan kenaikan terbesar pada indikator mengemukakan pendapat. Hasil ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM dapat membantu murid beralih dari pola belajar yang bersifat hafalan menuju pembelajaran yang menekankan penalaran, percobaan, kerja sama, dan pemecahan masalah. Dengan demikian, kegiatan PkM ini dapat dinyatakan efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis murid sekolah dasar melalui penerapan eksperimen sains terapan berbasis STEM.

E. Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada Kepala Sekolah, guru, dan murid SD Negeri Telaga Pange atas kerja sama dan partisipasinya dalam kegiatan ini. Terima kasih juga disampaikan kepada mahasiswa Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar Universitas Pattimura yang telah membantu persiapan dan pendampingan eksperimen.

F. Pernyataan Kontribusi Penulis

Seluruh penulis berkontribusi dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian dan penyusunan artikel ini. Eka Sriwahyuni berperan dalam perumusan gagasan, perancangan kegiatan, dan penulisan draf artikel. Hiba Dertyana Siregar berperan dalam pendampingan kegiatan, pengumpulan data, dan penyusunan bagian hasil. Abdul Sofyan berperan dalam analisis data, pembahasan, dan penyuntingan naskah. Johaness Pelamonia berperan dalam koordinasi pelaksanaan kegiatan, pendampingan eksperimen, dan penelaahan naskah. Siti Nur Hafizah Muwardin dan Amir Ma'ruf Kaffah membantu persiapan alat dan bahan, pendampingan murid, serta dokumentasi kegiatan. Semua penulis membaca dan menyetujui naskah akhir untuk diterbitkan.

G. Referensi

- Abrami, Philip C, Robert M Bernard, Eugene Borokhovski, David I Waddington, C Anne Wade, and Tonje Persson, 'Strategies for Teaching Students to Think Critically: A Meta-Analysis', *Review of Educational Research*, 85.2 (2015), pp. 275-314, doi:10.3102/0034654314551063
- Becker, Kurt, and Kyungsuk Park, 'Effects of Integrative Approaches among Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Subjects on Students' Learning: A Swadaya: Jurnal Pengabdian Masyarakat Vol. 4, No. 2, 2026. Page: 155-169

- Preliminary Meta-Analysis', *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 12.5-6 (2011), pp. 23-37
- Bybee, Rodger W, *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities* (NSTA Press, 2013)
- Chevalier, Jacques M, and Daniel J Buckles, *Participatory Action Research: Theory and Methods for Engaged Inquiry*, 2nd edn (Routledge, 2019)
- Chi, Michelene T H, and Ruth Wylie, 'The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes', *Educational Psychologist*, 49.4 (2014), pp. 219-43, doi:10.1080/00461520.2014.965823
- English, Lyn D, 'STEM Education K-12: Perspectives on Integration', *International Journal of STEM Education*, 3 (2016), 3, doi:10.1186/s40594-016-0036-1
- Ennis, Robert H, 'Critical Thinking Assessment', *Theory Into Practice*, 32.3 (1993), pp. 179-86, doi:10.1080/00405849309543594
- Facione, Peter A, *Critical Thinking: A Statement of Expert Consensus for Purposes of Educational Assessment and Instruction (The Delphi Report)* (California Academic Press, 1990)
- Freeman, Scott, Sarah L Eddy, Miles McDonough, Michelle K Smith, Nnadozie Okoroafor, Hannah Jordt, and Mary Pat Wenderoth, 'Active Learning Increases Student Performance in Science, Engineering, and Mathematics', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111.23 (2014), pp. 8410-15, doi:10.1073/pnas.1319030111
- Guskey, Thomas R, 'Professional Development and Teacher Change', *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 8.3 (2002), pp. 381-91, doi:10.1080/135406002100000512
- Hake, Richard R, 'Interactive-Engagement versus Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses', *American Journal of Physics*, 66.1 (1998), pp. 64-74, doi:10.1119/1.18809
- Hmelo-Silver, Cindy E, 'Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn?', *Educational Psychology Review*, 16.3 (2004), pp. 235-66, doi:10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3
- Honey, Margaret, Greg Pearson, and Heidi Schweingruber (eds), *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research* (National Academies Press, 2014), doi:10.17226/18612
- Johnson, David W, and Roger T Johnson, 'An Educational Psychology Success Story: Social Interdependence Theory and Cooperative Learning', *Educational Researcher*, 38.5 (2009), pp. 365-79, doi:10.3102/0013189X09339057
- Kapur, Manu, 'Productive Failure', *Cognition and Instruction*, 26.3 (2008), pp. 379-424, doi:10.1080/07370000802212669
- Kelley, Todd R, and J Geoff Knowles, 'A Conceptual Framework for Integrated STEM Education', *International Journal of STEM Education*, 3 (2016), 11, doi:10.1186/s40594-016-0046-z
- Kemmis, Stephen, Robin McTaggart, and Rhonda Nixon, *The Action Research Planner: Doing Critical Participatory Action Research* (Springer, 2014), doi:10.1007/978-981-4560-67-2
- Kokotsaki, Dimitra, Victoria Menzies, and Andy Wiggins, 'Project-Based Learning: A Review of the Literature', *Improving Schools*, 19.3 (2016), pp. 267-77, doi:10.1177/1365480216659733

- Li, Yeping, Ke Wang, Yu Xiao, and Jeffrey E Froyd, 'Research and Trends in STEM Education: A Systematic Review of Journal Publications', *International Journal of STEM Education*, 7 (2020), 11, doi:10.1186/s40594-020-00207-6
- Margot, Kelly C, and Todd Kettler, 'Teachers' Perception of STEM Integration and Education: A Systematic Literature Review', *International Journal of STEM Education*, 6 (2019), 2, doi:10.1186/s40594-018-0151-2
- Meltzer, David E, 'The Relationship between Mathematics Preparation and Conceptual Learning Gains in Physics: A Possible "Hidden Variable" in Diagnostic Pretest Scores', *American Journal of Physics*, 70.12 (2002), pp. 1259-68, doi:10.1119/1.1514215
- National Research Council, *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas* (National Academies Press, 2012), doi:10.17226/13165
- Osborne, Jonathan, 'Arguing to Learn in Science: The Role of Collaborative, Critical Discourse', *Science*, 328.5977 (2010), pp. 463-66, doi:10.1126/science.1183944
- Portillo-Blanco, Ane, Hanne Deprez, Mieke De Cock, Jenaro Guisasola, and Kristina Zuza, 'A Systematic Literature Review of Integrated STEM Education: Uncovering Consensus and Diversity in Principles and Characteristics', *Education Sciences*, 14.9 (2024), 1028, doi:10.3390/educsci14091028
- Ruhimat, Toto, 'Peningkatan Kemampuan Berpikir dalam Pendekatan STEM dengan Model PjBL (Project Based Learning) di Sekolah Dasar', *Pedagogia: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 18.2 (2020), pp. 188-201, doi:10.17509/pdgia.v18i2.32628
- Sriwahyuni, Eka, Melvie Talakua, Hiba Dertyana Siregar, and Abdul Sofyan, 'Penerapan Unplugged Coding untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Komputasional Peserta Didik Sekolah Dasar di SD Al Hilaal 5 Kranjang', *Jurnal Pengabdian Masyarakat Research & Learning in Faculty of Education*, 6 (2026), pp. 1243-52
- Thibaut, Lieve, Stijn Ceuppens, Haydée De Loof, Jolien De Meester, Leen Goovaerts, and others, 'Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education', *European Journal of STEM Education*, 3.1 (2018), 02, doi:10.20897/ejsteme/85525
- Trilling, Bernie, and Charles Fadel, *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times* (Jossey-Bass, 2009)
- Wiratman, Arwan, Bungawati Bungawati, Ervi Rahmadani, and Sutiah Sutiah, 'Project-Based Learning Integrated with Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) to the Critical Thinking Skills of Students in Elementary School', *SITTAH: Journal of Primary Education*, 4.2 (2023), pp. 167-80, doi:10.30762/sittah.v4i2.1828