



Strategi Guru dalam Menerapkan Pembelajaran STEAM melalui Proyek Pembuatan Kincir Air menggunakan Botol Bekas pada Siswa Sekolah Dasar

Tiara Rahmawati^{1*}, Lina Herlina²

¹⁻²PGSD, Universitas Nusa Putra, Sukabumi, Indonesia

*Penulis Korespondensi: tiara.rahmawati_sd22@nusaputra.ac.id

Abstract. *This study aims to examine teachers' strategies in implementing STEAM based learning through a project of making a waterwheel using recycled plastic bottles in elementary school students, as well as to analyze its impact on students' engagement and skills. The research employs a qualitative approach with a descriptive method, while data are collected through observation, interviews, and documentation during the learning process. The results indicate that teachers' strategies in the planning, implementation, and evaluation stages play a crucial role in determining the success of STEAM implementation. At the planning stage, teachers are able to design integrated learning by considering students' characteristics and real life contexts. During the implementation stage, the learning process becomes active through project based activities in which students are involved in designing, constructing, and testing the waterwheel collaboratively. The integration of science, technology, engineering, arts, and mathematics is clearly reflected and interconnected within the learning activities. This study also finds improvements in students' engagement, critical thinking skills, creativity, and collaboration. However, several challenges remain, including time limitations, differences in students' abilities, and limited facilities. Overall, project based STEAM learning using simple and recycled materials proves to be effective in creating meaningful learning experiences that are relevant to the demands of the 21st century.*

Keywords: *Elementary School; Project Based Learning; STEAM; Teacher Strategies; Waterwheel.*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji strategi guru dalam menerapkan pembelajaran STEAM melalui proyek pembuatan kincir air berbahan botol bekas pada siswa sekolah dasar, sekaligus melihat pengaruhnya terhadap keterlibatan dan keterampilan siswa. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode deskriptif, sedangkan data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi selama proses pembelajaran berlangsung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa strategi guru pada tahap perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi sangat menentukan keberhasilan penerapan STEAM. Pada tahap perencanaan, guru mampu menyusun pembelajaran terpadu dengan mempertimbangkan karakteristik peserta didik dan konteks kehidupan nyata. Pada tahap pelaksanaan, pembelajaran berlangsung aktif melalui proyek yang membuat siswa terlibat dalam merancang, membuat, dan menguji kincir air secara kolaboratif. Integrasi unsur sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika tampak menyatu dalam aktivitas belajar. Penelitian ini juga menemukan adanya peningkatan keterlibatan siswa, kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan kolaborasi. Meski demikian, masih ada kendala berupa keterbatasan waktu, perbedaan kemampuan siswa, dan keterbatasan fasilitas. Secara umum, pembelajaran STEAM berbasis proyek dengan bahan sederhana dan daur ulang terbukti efektif menciptakan pengalaman belajar yang bermakna serta relevan dengan tuntutan abad ke 21.

Kata kunci: Kincir Air; Pembelajaran Berbasis Proyek; Sekolah Dasar; STEAM; Strategi Guru.

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada abad ke 21 menuntut dunia pendidikan untuk terus melakukan pembaruan agar proses pembelajaran relevan dengan kebutuhan zaman. Saat ini pendidikan tidak hanya berfokus pada penguasaan materi, melainkan juga harus mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif sebagai bagian penting keterampilan abad ke 21. Kompetensi ini diperlukan agar peserta didik siap menghadapi tantangan global yang semakin kompleks dan dinamis. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan pembelajaran yang mampu mengintegrasikan berbagai kompetensi tersebut secara menyeluruh dalam kegiatan sekolah.

Salah satu pendekatan yang dianggap sesuai untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics*). Pendekatan ini menggabungkan berbagai disiplin ilmu dalam pembelajaran yang kontekstual dan berangkat dari pengalaman nyata. STEAM tidak hanya menekankan aspek pengetahuan, tetapi juga keterampilan praktik, kreativitas, dan kemampuan pemecahan masalah. Melalui STEAM, peserta didik didorong untuk aktif mengeksplorasi, merancang, serta menghasilkan produk sebagai penerapan konsep yang dipelajari. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa STEAM dapat mendukung peningkatan kreativitas, berpikir kritis, dan kerja sama siswa dalam konteks pembelajaran abad ke 21.

Dalam pelaksanaannya, pembelajaran STEAM cenderung mengutamakan student centered learning dan sering dikembangkan melalui model pembelajaran berbasis proyek dan inkuiri. Peran guru bergeser dari satu satunya sumber pengetahuan menjadi fasilitator yang membimbing proses belajar siswa. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian yang menunjukkan bahwa implementasi STEAM pada jenjang sekolah dasar dapat dilakukan melalui pembelajaran berbasis masalah, kolaborasi, serta integrasi berbagai keterampilan dan konten. Dengan demikian, keberhasilan STEAM sangat bergantung pada strategi guru dalam merancang dan melaksanakan pembelajaran yang inovatif dan bermakna.

Pada tingkat sekolah dasar, penerapan STEAM perlu disesuaikan dengan tahap perkembangan kognitif siswa yang masih berada pada fase operasional konkret. Oleh karena itu, kegiatan belajar yang melibatkan praktik langsung, eksperimen sederhana, dan proyek berbasis pengalaman sangat penting agar konsep lebih mudah dipahami. Aktivitas seperti ini juga dapat meningkatkan motivasi belajar siswa dan membantu menghubungkan materi dengan kehidupan sehari hari.

Salah satu contoh penerapan STEAM di sekolah dasar adalah proyek pembuatan kincir air dari botol bekas. Proyek ini sederhana, ekonomis, dan memanfaatkan bahan lokal yang mudah diperoleh. Secara edukatif proyek tersebut mengintegrasikan semua unsur STEAM: aspek sains mempelajari energi air dan gerak; aspek teknologi dan rekayasa melibatkan perancangan dan perakitan; aspek seni mendorong kreativitas desain; sedangkan aspek matematika mencakup pengukuran sederhana, misalnya putaran atau kecepatan kincir.

Melalui proyek ini, siswa tidak hanya mempelajari konsep secara teoritis, tetapi juga mengalami proses pembelajaran melalui praktik langsung. Mereka dilibatkan sejak tahap perencanaan, pembuatan, hingga pengujian alat. Proses ini mendorong kemampuan berpikir kritis ketika menghadapi kendala dan melatih kerja sama kelompok untuk mencapai tujuan bersama. Dengan demikian, pembelajaran menjadi lebih bermakna dan menyenangkan.

Namun, efektivitas pembelajaran STEAM berbasis proyek sangat bergantung pada kemampuan guru dalam mengelola proses pembelajaran. Guru perlu merancang kegiatan yang sesuai dengan karakteristik siswa, mengintegrasikan unsur STEAM dengan tepat, serta menciptakan suasana belajar yang aktif dan kolaboratif. Guru juga dituntut memberikan bimbingan yang efektif agar siswa memahami tujuan pembelajaran dan dapat menyelesaikan proyek dengan baik.

Di sisi lain, penerapan STEAM pada sekolah dasar masih menghadapi sejumlah kendala, seperti keterbatasan fasilitas, pemahaman guru yang belum merata tentang integrasi STEAM, dan keterbatasan waktu pembelajaran. Hambatan hambatan tersebut dapat memengaruhi efektivitas pembelajaran bila tidak ditangani dengan strategi yang tepat. Oleh karena itu, penting untuk menelaah lebih jauh strategi guru dalam melaksanakan STEAM melalui proyek sederhana yang relevan bagi siswa sekolah dasar.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menggambarkan strategi guru dalam menerapkan pembelajaran STEAM melalui proyek pembuatan kincir air dari botol bekas pada peserta didik sekolah dasar. Penelitian ini diharapkan dapat memaparkan proses perencanaan, pelaksanaan, dan hasil pembelajaran STEAM berbasis proyek, serta menjadi referensi bagi guru dalam mengembangkan pembelajaran yang inovatif, kreatif, dan kontekstual sehingga kualitas pendidikan dasar meningkat. Secara khusus tujuan penelitian ini adalah: (1) menganalisis strategi guru dalam menerapkan pembelajaran STEAM melalui proyek pembuatan kincir air dari botol bekas pada siswa sekolah dasar; (2) mengidentifikasi proses perencanaan dan pelaksanaan pembelajaran berbasis proyek yang dilakukan guru; dan (3) mengkaji dampak kegiatan tersebut terhadap keterlibatan dan kreativitas peserta didik. Fokus penelitian diarahkan pada pertanyaan: (i) Bagaimana perencanaan guru dalam menerapkan STEAM melalui proyek pembuatan kincir air dari botol bekas? (ii) Bagaimana strategi guru mengintegrasikan unsur unsur STEAM melalui proyek tersebut di kelas? (iii) Bagaimana dampak penerapan pembelajaran STEAM melalui proyek kincir air terhadap kreativitas dan keterlibatan siswa sekolah dasar?

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan jenis studi kasus untuk mengeksplorasi secara mendalam strategi guru dalam menerapkan pembelajaran STEAM melalui proyek pembuatan kincir air dari botol bekas pada siswa sekolah dasar. Pendekatan ini dipilih karena fokus penelitian berada pada dinamika proses pembelajaran, keterlibatan peserta didik, dan peran guru dalam memfasilitasi kegiatan proyek. Penelitian

kualitatif dipakai untuk memahami fenomena secara holistik dari perspektif pelaku dan dilaksanakan dalam kondisi alami supaya makna konteks dapat diperoleh (Rozaq et al., 2026). Studi kasus dipilih karena penelitian meneliti praktik pembelajaran STEAM secara intensif pada satu kelas di sekolah dasar. Subjek penelitian terdiri dari guru dan siswa kelas atas yang terlibat langsung dalam kegiatan tersebut.

Pelaksanaan penelitian terbagi menjadi tiga tahap utama: perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi. Pada tahap perencanaan, guru menyusun perangkat pembelajaran berorientasi STEAM yang meliputi penetapan tujuan pembelajaran, rancangan langkah langkah kegiatan, serta persiapan bahan dan alat seperti botol bekas, sedotan atau stik, tutup botol, dan lem untuk pembuatan kincir air. Proyek ini dirancang agar mengintegrasikan unsur Science, Technology, Engineering, Art, dan Mathematics melalui aktivitas praktik. Dari sisi sains, misalnya, siswa mempelajari transformasi energi perubahan energi potensial/kinetik air menjadi energi gerak yang tampak pada putaran kincir ketika dialiri air.

Pada tahap pelaksanaan, pembelajaran dimulai dengan apersepsi terkait konsep energi dan prinsip kerja kincir air, dilanjutkan dengan penjelasan prosedur proyek. Siswa kemudian dibagi menjadi beberapa kelompok untuk merancang, merakit, dan menguji kincir air dari botol bekas sesuai langkah yang ditetapkan. Proses kerja kelompok ini mendorong diskusi, pemecahan masalah, dan pengembangan kreativitas dalam desain kincir hingga alat berfungsi baik saat diuji dengan aliran air.

Tahap evaluasi meliputi pengamatan aktivitas siswa selama proses pembelajaran, penilaian terhadap produk akhir proyek, serta refleksi bersama terkait pemahaman konsep. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah observasi, wawancara, dan dokumentasi. Dalam kerangka kualitatif, pengumpulan data bersifat naratif dan terbuka melalui observasi langsung, wawancara mendalam, serta dokumentasi untuk memperoleh gambaran yang komprehensif (Rozaq et al., 2026). Observasi dimanfaatkan untuk menilai partisipasi siswa dan strategi pengelolaan pembelajaran oleh guru; wawancara dilakukan dengan guru untuk menggali proses perencanaan dan pelaksanaan; dokumentasi berupa foto/video digunakan sebagai bukti pendukung data.

Data yang terkumpul dianalisis secara deskriptif kualitatif melalui langkah langkah reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Analisis kualitatif dipahami sebagai proses sistematis yang meliputi pengumpulan, penyederhanaan, penyajian, serta verifikasi dan penarikan kesimpulan untuk memperoleh pemahaman mendalam terhadap fenomena (Rozaq et al., 2026). Untuk menjamin keabsahan temuan, penelitian menerapkan triangulasi sumber

dan triangulasi teknik sebagai upaya meningkatkan validitas dan kepercayaan terhadap hasil penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian diperoleh melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi selama pelaksanaan pembelajaran STEAM berbasis proyek pembuatan kincir air dari botol bekas pada siswa sekolah dasar. Fokus penelitian adalah strategi guru dalam merancang, melaksanakan, dan mengevaluasi pembelajaran proyek yang terintegrasi STEAM serta dampaknya terhadap keterlibatan dan perkembangan keterampilan siswa. Analisis menunjukkan bahwa peran strategi guru sangat menentukan keberhasilan implementasi STEAM di kelas. Temuan ini konsisten dengan studi sebelumnya yang melaporkan penerapan STEAM yang berpusat pada siswa, berorientasi inkuiri dan pemecahan masalah, serta melibatkan evaluasi, refleksi, dan kolaborasi (Nuragnia et al., 2021).

Pada tahap perencanaan, guru menunjukkan kemampuan menyusun pembelajaran secara sistematis dan mempertimbangkan karakteristik peserta didik, ketersediaan media, serta relevansi materi dengan kehidupan sehari-hari. Rencana pembelajaran yang dibuat telah mengintegrasikan seluruh unsur STEAM sehingga setiap komponen muncul dalam kegiatan proyek kincir air. Tujuan pembelajaran dirumuskan mencakup aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik, tidak sekadar pemahaman konsep energi air tetapi juga pengembangan berpikir kritis, kreativitas, kerjasama, dan komunikasi selaras dengan konsep STEAM yang menekankan pendekatan transdisipliner dan kreativitas Henriksen et al., (2019) dalam (Nuragnia et al., 2021).

Guru merancang aktivitas proyek dengan memanfaatkan bahan sederhana dari lingkungan sekitar seperti botol bekas, stik, sedotan, dan lem. Penggunaan bahan murah dan mudah diperoleh menunjukkan inovasi pengajaran di mana keterbatasan fasilitas dijadikan peluang untuk menciptakan pembelajaran kontekstual dan bermakna. Pendekatan ini sejalan dengan karakteristik STEAM yang autentik dan berbasis proyek/pemecahan masalah (Henriksen et al. dalam Berliany Nuragnia et al., 2021)

Pada tahap pelaksanaan, pembelajaran dimulai dengan apersepsi untuk mengaktifkan pengetahuan awal siswa dan mengaitkan materi pada fenomena sehari-hari, sehingga meningkatkan perhatian dan motivasi. Guru memberikan penjelasan singkat mengenai energi air dan prinsip kerja kincir sebelum praktik. Siswa bekerja dalam kelompok heterogen untuk merancang, merakit, dan menguji kincir air; pembagian kelompok bertujuan memfasilitasi

interaksi saling melengkapi. Siswa diberi kebebasan merancang desain, sementara guru berperan memberi arahan umum menunjukkan pendekatan student centered.

Selama proses pembuatan, terlihat aktivitas diskusi, kolaborasi, dan eksperimen yang intens. Beberapa kelompok menghadapi kesulitan membuat kincir berputar optimal, namun hambatan ini memacu mereka berpikir kritis dan mencoba solusi berbeda, misalnya mengubah desain sudu atau menyesuaikan aliran air. Perilaku ini mendukung temuan bahwa pada tahap aplikasi pembelajaran STEAM siswa mampu menghasilkan alat sederhana dan menerapkan aspek engineering serta matematika melalui pembuatan dan pengukuran (Triprani et al., 2023)

Peran guru selama pelaksanaan lebih bersifat fasilitator: tidak langsung memberi jawaban tetapi mengajukan pertanyaan pemantik yang mendorong kemandirian berpikir. Guru juga memantau kelompok dan memberikan umpan balik konstruktif, sehingga interaksi kelas berlangsung dinamis dan suasana belajar lebih aktif serta menyenangkan

Integrasi unsur STEAM tampak jelas: aspek sains terkait energi dan konversi energi, aspek teknologi/rekayasa pada perancangan dan pembuatan kincir, aspek seni pada ekspresi desain, dan aspek matematika pada pengukuran dan pengamatan putaran. Integrasi terpadu ini membantu siswa memahami hubungan antar disiplin secara holistik dan memperkuat peran pembelajaran transdisipliner untuk menyelesaikan masalah kompleks (Nicolescu, 2018 dalam Berliany Nuragnia et al., 2021)

Dampak pembelajaran yang diamati meliputi peningkatan keterlibatan siswa mereka menjadi lebih aktif, antusias, dan termotivasi serta berperan langsung dalam proses belajar. Temuan ini mendukung penelitian yang menunjukkan bahwa pembelajaran STEAM berbasis proyek meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa (Triprani et al., 2023). Berpikir kritis siswa juga meningkat, terlihat dari kemampuan mengidentifikasi masalah, menganalisis penyebab, dan menemukan solusi selama pembuatan kincir kemampuan penting bagi keterampilan abad ke 21.

Dari segi kreativitas, setiap kelompok menghasilkan desain kincir yang variatif, menunjukkan kemampuan berpikir kreatif dan inovatif baik pada bentuk produk maupun pendekatan pemecahan masalah. Kreativitas ini juga terkait dengan peningkatan rasa percaya diri dan kemampuan kolaborasi (Analisis Pembelajaran STEAM Merdeka Curriculum, 2025). Kemampuan kerja sama berkembang; siswa belajar berbagi tugas, saling membantu, dan berkomunikasi efektif dalam tim.

Kendala yang ditemui antara lain keterbatasan waktu karena proyek memerlukan durasi lebih panjang, serta perbedaan kemampuan antarsiswa sehingga beberapa siswa cenderung dominan dalam kelompok. Temuan ini selaras dengan studi yang menyebut hambatan

implementasi STEAM meliputi aspek pedagogik, teknis, fasilitas, sumber belajar, dan waktu (Berliany Nuragnia et al., 2021). Keberhasilan implementasi juga bergantung pada dukungan sekolah dan kebijakan yang memadai, termasuk penyediaan fasilitas dan peningkatan kompetensi guru (Journal UMPR, 2025).

Secara keseluruhan, strategi guru yang mencakup perencanaan matang, pelaksanaan interaktif, dan evaluasi reflektif berhasil mendukung pelaksanaan pembelajaran STEAM berbasis proyek kincir air dari botol bekas dan memberikan pengaruh positif terhadap pengembangan keterampilan abad ke 21 pada siswa sekolah dasar. Penggunaan bahan lokal yang sederhana menegaskan bahwa inovasi pembelajaran dapat dicapai tanpa fasilitas mahal, dengan perencanaan dan kreativitas guru. Oleh karena itu, model pembelajaran ini layak dipertimbangkan untuk penerapan lebih luas di tingkat sekolah dasar sebagai alternatif yang efektif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan temuan penelitian, dapat disimpulkan bahwa strategi guru dalam menerapkan pembelajaran STEAM melalui proyek pembuatan kincir air dari botol bekas pada siswa sekolah dasar berjalan efektif dan memberikan dampak positif terhadap kualitas proses pembelajaran. Keberhasilan ini terlihat tidak hanya dari kelancaran pelaksanaan kegiatan, tetapi juga dari peningkatan partisipasi dan keterampilan peserta didik selama pembelajaran. Strategi pengajaran guru terbukti merupakan faktor kunci yang menentukan terciptanya lingkungan belajar yang aktif, inovatif, dan berpusat pada siswa, selaras dengan karakteristik pembelajaran STEAM yang menekankan inkuiri, kolaborasi, refleksi, dan evaluasi (Berliany Nuragnia et al., 2021).

Dalam tahap perencanaan, guru menunjukkan kemampuan menyusun perangkat pembelajaran STEAM secara sistematis dengan mempertimbangkan karakteristik siswa, keterkaitan materi dengan kehidupan sehari-hari, dan ketersediaan media sederhana namun efektif. Rencana pembelajaran dirancang untuk mengintegrasikan kelima komponen STEAM—sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika—sebagai satu kesatuan yang saling terkait, sehingga pembelajaran tidak hanya menekankan penguasaan konsep tetapi juga kemampuan menghubungkan berbagai disiplin dalam penyelesaian masalah nyata (Henriksen et al., 2019 dalam Berliany Nuragnia et al., 2021; Nicolescu, 2018).

Pada pelaksanaan, kegiatan proyek meningkatkan keterlibatan siswa melalui apersepsi yang relevan, kerja kelompok heterogen, dan pemberian kebebasan desain yang menempatkan siswa sebagai pelaku utama pembelajaran. Selama proses pembuatan kincir, siswa aktif

berdiskusi, bereksperimen, dan mencari solusi atas hambatan tanpa sepenuhnya bergantung pada guru, sehingga kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah berkembang nyata (Triprani et al., 2023). Peran guru lebih condong sebagai fasilitator yang memandu dengan pertanyaan pemantik, memantau kerja kelompok, dan memberi umpan balik konstruktif.

Integrasi unsur STEAM berlangsung secara terpadu: aspek sains pada konsep energi dan konversinya, aspek teknologi/rekayasa pada perancangan dan pembuatan, aspek seni pada ekspresi desain, serta aspek matematika pada pengukuran dan observasi putaran. Pendekatan transdisipliner ini membantu siswa memahami keterkaitan antarbidang dan menyelesaikan masalah kompleks (Nicolescu, 2018 dalam Berliany Nuragnia et al., 2021).

Dampak pembelajaran yang diidentifikasi meliputi peningkatan keterlibatan, motivasi, serta pengembangan keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi. Kreativitas tampak dari variasi desain kincir dan strategi pemecahan masalah; kerja sama tumbuh melalui pembagian tugas dan interaksi tim (Analisis Pembelajaran STEAM Merdeka Curriculum, 2025). Namun, pelaksanaan juga menghadapi kendala seperti keterbatasan waktu, perbedaan tingkat kemampuan antaranggota kelompok yang memengaruhi partisipasi, serta keterbatasan fasilitas dan sumber belajar—semua hambatan yang sering muncul dalam implementasi STEAM (Berliany Nuragnia et al., 2021; Journal UMPR, 2025).

Secara keseluruhan, proyek pembuatan kincir air dari botol bekas menunjukkan bahwa pembelajaran STEAM berbasis proyek merupakan pendekatan inovatif dan relevan untuk sekolah dasar: efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep sekaligus keterampilan kognitif dan sosial siswa. Penggunaan bahan sederhana menegaskan bahwa inovasi pembelajaran dapat dicapai melalui kreativitas guru tanpa memerlukan fasilitas mahal. Oleh karena itu, pengembangan dan perluasan penerapan model ini direkomendasikan, disertai peningkatan kompetensi guru serta dukungan institusional dan kebijakan untuk penyediaan fasilitas dan waktu pelaksanaan yang memadai. Dengan kolaborasi antara guru, sekolah, dan pembuat kebijakan, pembelajaran STEAM diharapkan dapat memperkuat kualitas pendidikan dan mempersiapkan peserta didik yang lebih siap menghadapi tantangan masa depan.

DAFTAR REFERENSI

- Academia.edu. (2021). *Pembuatan roket air sebagai media pembelajaran sains untuk siswa sekolah dasar*.
https://www.academia.edu/60422806/Pembuatan_Roket_Air_Sebagai_Media_Pembelajaran_Sains_Untuk_Siswa_Sekolah_Dasar
- Berliany Nuragnia, et al. (2021). *Pembelajaran STEAM di sekolah dasar: Implementasi dan tantangan*.
<https://jurnaldikbud.kemdikbud.go.id/index.php/jpnk/article/download/2388/563/>
- Didaktik STKIP Subang. (2025). *Integrasi pendekatan STEAM dalam pembelajaran sains SD*.
<https://www.journal.stkipsubang.ac.id/index.php/didaktik/article/download/6922/4115>
- Edu Cendikia. (2025). *Daur ulang berbasis STEAM di SD Paberasan*.
<https://jurnal.itscience.org/index.php/educendikia/article/download/5706/4302/26842>
- Endang Widi, et al. (2022). *Integrated PjBL-STEM for scientific literacy SD*. *Education*, 8(2).
<https://doi.org/10.20448/edu.v8i2.3873>
- ERIC. (2023). *The impact of an integrated STEAM project on reasoning*.
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1391650.pdf>
- eProceedings UMPWR. (2025). *Pengembangan proyek STEAM kincir air*.
<https://eproceedings.umpwr.ac.id/index.php/semnaspgsd/article/view/2574>
- Raharjo, F. W. (2025). *Kincir air sederhana untuk pembelajaran STEAM*. Scribd.
<https://id.scribd.com/document/868034068/Faishal-Walid-Raharjo-1>
- International Journal of Current Science Research and Review*. (2025). *Pembelajaran STEAM berbasis proyek daur ulang*. <https://ijcsrr.org/wp-content/uploads/2025/11/24-2211-2025.pdf>
- Jurnal Al-Muqaddimah*. (2024). *Proyek daur ulang sampah berbasis STEAM*. <https://jurnal-muqaddimah.or.id/index.php/AlMuqaddimah/article/download/13/24/63>
- Jurnal Ceria IKIP Siliwangi*. (2022). *Pembelajaran STEAM pada pembuatan instalasi penjernihan air*.
<https://journal.ikipsiliwangi.ac.id/index.php/ceria/article/download/4374/pdf>
- Jurnal Eduscience*. (2025). *Pengembangan LKPD kincir air STEAM*.
<https://jurnal.ulb.ac.id/index.php/eduscience/article/view/6644>
- Jurnal Jimat*. (2025). *Inovasi pembelajaran STEAM di sekolah dasar*.
<https://jurnal.isdikkieraha.ac.id/index.php/jimat/article/download/778/664>
- Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*. (2022). *STEAM di SD: Tantangan dan strategi guru*.
<https://jurnaldikbud.kemdikbud.go.id/index.php/jpnk/article/view/2388>
- Journal of Environment and Sustainability Education*. (2025). *Journal of environment and sustainability education STEAM*.
<https://joease.id/index.php/joease/article/download/95/66/755>
- Jurnal Eduscience*. (2025). *Developing water wheel-integrated student worksheets*.
<https://jurnal.ulb.ac.id/index.php/eduscience/article/view/6644>
- Jurnal Muqaddimah*. (2024). *STEAM project daur ulang untuk kreativitas SD*. <https://jurnal-muqaddimah.or.id/index.php/Al-Muqaddimah/article/download/13/24>

- KPD Unri. (2024). *Penerapan pendekatan STEAM di SD*. <https://kpd.ejournal.unri.ac.id/index.php/kpd/article/download/321/164/1370>
- National Science Teaching Association. (2021). *Water wheel challenge STEAM elementary*. <https://www.nsta.org/water-wheel-challenge>
- Ojsdikdas Kemendikdasmen. (2024). *Pengembangan media kincir angin berbasis STEM*. <https://ojsdikdas.kemendikdasmen.go.id/index.php/didaktika/article/download/132/294/1850>
- SyncSci. (2023). *Creating a watermill through STEAM activities*. <https://www.syncsci.com/journal/AMLER/article/view/AMLER.2023.02.001>
- Triprani, E. K., Sulistyani, N., & Aini, D. F. N. (2023). Implementasi pembelajaran STEAM berbasis PjBL terhadap kemampuan *problem solving* pada materi energi alternatif di SD. *Scholaria: Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 13(2), 176–187. <https://ejournal.uksw.edu/scholaria/article/download/8537/2441>
- Unpas. (2023). *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar STEAM*. <https://journal.unpas.ac.id/index.php/pendas/article/download/31099/17170/124006>
- URJ UIN-Malang. (2023a). *Strategi guru pendidikan anak usia dini dalam STEAM*. <https://urj.uin-malang.ac.id/index.php/jpau/article/view/2113>
- URJ UIN-Malang. (2023b). *Strategi guru STEAM PAUD adaptasi SD*. <https://urj.uin-malang.ac.id/index.php/jpau/article/download/2113/1125>