

## **EFEKTIVITAS PENDEKATAN STEM BERBASIS PROYEK MOBIL KINCIR AIR TERHADAP PEMAHAMAN KONSEP PERUBAHAN ENERGI SISWA KELAS IV SEKOLAH DASAR**

Zuhra Amalia<sup>1</sup>, Izzatin Kamala<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>PGMI FITK Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

<sup>1</sup>[23104080034@student.uin-suka.ac.id](mailto:23104080034@student.uin-suka.ac.id), <sup>2</sup>[izzatin.kamala@uin-suka.ac.id](mailto:izzatin.kamala@uin-suka.ac.id),

### **ABSTRACT**

*This study aims to examine the effectiveness of the project-based STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) approach, specifically a water turbine car (mobil kincir air) project, in improving the conceptual understanding of energy change among fourth-grade students at elementary school. The study employs a quasi-experimental design with a non-equivalent control group, involving two parallel classes of 28 students each (56 students total): one experimental class receiving the STEM-based project treatment and one control class following conventional instruction. The STEM intervention was carried out over four treatment sessions. Data collection used validated pretest and posttest instruments, observation sheets, and structured teacher interviews. Analysis will employ N-Gain scores to measure conceptual growth and an independent t-test to compare the two groups, preceded by normality (Kolmogorov-Smirnov) and homogeneity (Levene) prerequisite tests. In this way, the STEM approach will significantly higher conceptual understanding scores than conventional teaching, given the hands-on, authentic, and cross-disciplinary nature of the water turbine car project.*

*Keywords: STEM approach, energy change, conceptual understanding, elementary school, project-based learning*

### **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan mengkaji efektivitas pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) berbasis proyek, khususnya proyek mobil kincir air, dalam meningkatkan pemahaman konsep perubahan energi pada siswa kelas IV Sekolah Dasar. Penelitian menggunakan desain quasi-experimental dengan non-equivalent control group, melibatkan dua kelas paralel masing-masing 28 siswa (56 siswa total): satu kelas eksperimen yang mendapatkan perlakuan pendekatan STEM berbasis proyek, dan satu kelas kontrol yang mengikuti pembelajaran konvensional. Perlakuan STEM dilaksanakan dalam empat sesi pertemuan. Pengumpulan data menggunakan instrumen pretest dan posttest yang telah divalidasi ahli, lembar observasi, dan pedoman wawancara guru terstruktur.

Analisis data akan menggunakan skor N-Gain untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep dan independent t-test untuk membandingkan kedua kelompok, didahului uji prasyarat normalitas (Kolmogorov-Smirnov) dan homogenitas (Levene). Dengan ini pendekatan STEM akan menghasilkan pemahaman konsep yang lebih tinggi secara signifikan dibandingkan pembelajaran konvensional, mengingat sifat autentik, langsung, dan lintas disiplin dari aktivitas proyek mobil kincir air.

**Kata Kunci:** pendekatan STEM, perubahan energi, pemahaman konsep, sekolah dasar, pembelajaran berbasis proyek

### **A. Pendahuluan**

Pendidikan di era globalisasi tidak cukup hanya membekali siswa dengan kemampuan menghafal fakta. Generasi yang tumbuh di tengah laju perubahan teknologi dan kompleksitas masalah dunia nyata membutuhkan kompetensi yang lebih dari itu: berpikir kritis, kemampuan memecahkan masalah secara integratif, serta kecakapan berkolaborasi lintas disiplin. Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) sebagai salah satu mata pelajaran inti di sekolah dasar memiliki posisi strategis dalam membangun fondasi kompetensi tersebut. Pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan sains dengan disiplin lain secara konsisten terbukti memperkuat pemahaman konseptual siswa dibandingkan pengajaran sains secara terpisah-pisah (Corrigan et al., 2025). Namun dalam praktiknya,

pembelajaran IPA di kelas-kelas sekolah dasar masih kerap berjalan jauh dari potensi tersebut, terutama ketika berhadapan dengan konsep-konsep yang bersifat abstrak (Bariroh et al., 2026).

Salah satu konsep yang paling sering menjadi titik kesulitan adalah perubahan energi. Materi ini merupakan bagian inti dari kurikulum IPA kelas IV SD yang mencakup transformasi energi dari satu bentuk ke bentuk lainnya, misalnya energi air menjadi energi gerak, energi listrik menjadi energi cahaya, atau energi panas menjadi energi mekanik. Sifat konsep ini yang tidak kasat mata membuat siswa cenderung kesulitan membangun representasi mental yang tepat hanya dari penjelasan verbal atau gambar di buku teks. Temuan ini sejalan dengan kajian Helga, Untari, dan Mulyani (2024) pada materi rangkaian listrik kelas V

SD, yang menemukan bahwa siswa lebih mudah memahami proses perubahan energi ketika konsep tersebut dihadirkan melalui pengamatan dan rangkaian nyata, bukan sekadar uraian tertulis (Helga et al., 2024).

Data PISA 2022 memperkuat kekhawatiran tersebut: Indonesia berada di peringkat bawah dalam kompetensi sains dengan skor rata-rata 383, jauh di bawah rata-rata OECD yang mencapai 489 (OECD, 2023). Tren ini bukan kejadian sesaat; capaian literasi sains siswa Indonesia memang cenderung stagnan dalam beberapa siklus PISA terakhir, sebuah kondisi yang mendorong perlunya perbaikan kualitas pembelajaran sains sejak jenjang dasar (Solihin et al., 2024). Meski PISA mengukur siswa usia 15 tahun, persoalan yang tercermin dalam data ini sesungguhnya berakar pada fondasi pembelajaran sains yang dibangun sejak sekolah dasar. Pemahaman konseptual yang lemah di tingkat awal akan terakumulasi dan menghambat kemampuan berpikir ilmiah di jenjang berikutnya.

Observasi awal di sekolah menunjukkan kondisi yang sejalan dengan gambaran umum tersebut.

Sebagian besar siswa kelas IV mengalami kesulitan menjelaskan proses perubahan energi, bahkan pada contoh-contoh yang dekat dengan kehidupan sehari-hari. Pola pembelajaran yang berlaku cenderung berpusat pada guru (teacher-centered) dengan dominasi metode ceramah dan pengerjaan lembar kerja. Kondisi semacam ini banyak dilaporkan dalam kajian implementasi Kurikulum Merdeka di jenjang sekolah dasar, yang justru menekankan pembelajaran aktif dan berbasis proyek sebagai prinsip utamanya (Kemendikbudristek, 2021). Siswa jarang diajak untuk mengalami langsung proses yang sedang dipelajari. Kondisi ini berdampak nyata pada hasil belajar: rata-rata nilai ulangan harian materi perubahan energi hanya mencapai 62, di bawah Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) sebesar 70.

Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) menawarkan kerangka yang relevan untuk mengatasi masalah tersebut. STEM bukan sekadar akronim dari empat disiplin ilmu, melainkan sebuah cara pandang pembelajaran yang mengintegrasikan keempat bidang secara holistik dalam

konteks proyek autentik (Bybee, 2013). Dalam penelitian ini, integrasi STEM diwujudkan melalui proyek mobil kincir air: model kendaraan sederhana yang digerakkan energi air melalui kincir yang dirancang dan dibangun sendiri oleh siswa. Proyek ini secara alamiah mengintegrasikan keempat domain: siswa menganalisis prinsip perubahan energi air menjadi energi gerak (Science), memanfaatkan aplikasi sensor untuk mengamati kecepatan (Technology), merancang dan merakit komponen dengan mempertimbangkan kestabilan dan efisiensi (Engineering), serta menghitung hubungan antara luas permukaan baling-baling dan kecepatan putaran (Mathematics). Pola integrasi semacam ini dikenal sebagai discipline-rich project-based learning, yakni rancangan proyek yang memastikan setiap disiplin STEM hadir secara substantif dan bukan sekadar pelengkap (Sircar et al., 2024).

Pendekatan ini sejalan dengan karakteristik perkembangan kognitif siswa SD yang masih berada pada tahap operasional konkret menurut teori Piaget, sehingga pengalaman langsung dan manipulatif menjadi jembatan utama menuju pemahaman

abstrak (Santrock, 2011). Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dirancang untuk mengkaji secara sistematis efektivitas pendekatan STEM berbasis proyek mobil kincir air dalam meningkatkan pemahaman konsep perubahan energi pada siswa kelas IV SD.

## **B. Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode quasi-experimental dengan desain non-equivalent control group design. Desain ini dipilih karena penelitian dilakukan di lingkungan sekolah yang tidak memungkinkan pengacakan subjek secara penuh, kelas-kelas yang sudah terbentuk tidak dapat diintervensi strukturnya (Sugiyono, 2021). Dengan desain ini, kedua kelompok tetap dibandingkan secara bermakna melalui pengujian kesetaraan kemampuan awal sebelum perlakuan diberikan.

### **1. Subjek dan Setting Penelitian**

Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas IV SD di salah satu sekolah di Yogyakarta tahun ajaran 2025/2026 yang berjumlah 56 siswa, terbagi dalam dua kelas paralel masing-masing 28 siswa. Kelas IV-A ditetapkan sebagai kelas eksperimen yang mendapatkan pembelajaran

dengan pendekatan STEM berbasis proyek mobil kincir air. Kelas IV-B ditetapkan sebagai kelas kontrol yang mengikuti pembelajaran konvensional dengan metode ceramah, tanya jawab, dan pengerjaan lembar kerja.

Penetapan kelas eksperimen dan kontrol dilakukan berdasarkan pertimbangan kesetaraan kemampuan awal yang dikonfirmasi melalui uji t pada data pretest. Sekolah ini dipilih sebagai lokasi penelitian karena menggunakan Kurikulum Merdeka, terbuka terhadap inovasi pembelajaran, dan memiliki karakteristik yang representatif untuk sekolah dasar di wilayah Kota Yogyakarta. Pemilihan ini relevan karena pembelajaran berbasis proyek merupakan salah satu prinsip inti yang ditekankan dalam Kurikulum Merdeka untuk menciptakan pembelajaran yang lebih bermakna dan kontekstual bagi siswa (Mariyana & Usman, 2023).

## 2. Rancangan Perlakuan

Perlakuan diberikan sebanyak empat kali pertemuan ( $4 \times 2 \text{ JP} = 8$  jam pelajaran) khusus untuk kelas eksperimen. Setiap pertemuan dirancang secara berkesinambungan, mulai dari pengenalan konsep,

perencanaan proyek, konstruksi, hingga pengujian dan refleksi.

**Tabel 1 Rancangan Kegiatan STEM**

| Se<br>si | Fokus<br>Kegiat<br>an                                                  | Aktifitas STEM                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | <b>Ekspl<br/>orasi<br/>Konse<br/>p &amp;<br/>Peran<br/>canga<br/>n</b> | Siswa mengamati berbagai contoh perubahan energi di lingkungan sekolah (angin menggerakkan daun, air mengalir menggerakkan roda). Guru memfasilitasi diskusi untuk membangun pemahaman awal konsep transformasi energi air menjadi energi gerak.                                        |
|          |                                                                        | Siswa kemudian merancang sketsa awal desain kincir air beserta badan mobil, mendiskusikan bentuk baling-baling yang efisien, dan menentukan material yang akan digunakan.                                                                                                               |
| 2        | <b>Konst<br/>ruksi<br/>Mobil<br/>Kincir<br/>Air<br/>(Taha<br/>p 1)</b> | Siswa mulai merakit komponen utama: badan mobil dari kaset bekas, poros roda dari sedotan atau tusuk sate, dan rangka kincir dari sumpit kayu dan tutup botol. Guru membimbing aspek Engineering: bagaimana menjaga keseimbangan badan mobil, cara mengencangkan sambungan agar stabil, |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | dan pertimbangan berat total terhadap kemudahan bergerak. Siswa mencatat setiap keputusan desain beserta alasannya dalam jurnal proyek.                                                                                                                                                                                                                               |
|   | Siswa melanjutkan perakitan baling-baling kincir, memasangnya pada poros, dan menghubungkan putaran kincir ke roda melalui tali atau benang.                                                                                                                                                                                                                          |
| 3 | <b>Konst<br/>ruksi<br/>&amp;<br/>Pengu<br/>jian<br/>Awal<br/>(Taha<br/>p 2)</b> <p>Pengujian awal dilakukan dengan menggunakan air: apakah mobil bergerak? Seberapa jauh? Siswa mengukur luas permukaan baling-baling yang mereka buat (Mathematics) dan menggunakan timer untuk mengamati perbedaan respons kincir pada banyaknya air yang berbeda (Technology).</p> |
| 4 | <b>Penye<br/>mpurn<br/>aan,<br/>Demo<br/>nstras<br/>i &amp;<br/>Reflek<br/>si</b> <p>Berdasarkan data pengujian awal, setiap kelompok mengukur seberapa banyak air yang dipakai. Demonstrasi akhir dilakukan antar kelompok untuk membandingkan performa masing-</p>                                                                                                  |

|                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| masing mobil. Sesi ditutup dengan diskusi reflektif: konsep perubahan energi apa yang paling terasa nyata dalam proses ini? Mengapa ada mobil yang bergerak lebih jauh? |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 3. Instrumen Penelitian

Penelitian ini menggunakan tiga jenis instrumen utama. Pertama, tes pemahaman konsep perubahan energi yang terdiri dari 25 butir soal pilihan ganda dan 5 soal uraian singkat, mencakup enam indikator pemahaman konsep menurut taksonomi Bloom revisi: menafsirkan, mencontohkan, mengklasifikasikan, merangkum, membandingkan, dan menjelaskan. Indikator pemahaman konsep semacam ini lazim digunakan dalam penelitian STEM/STEAM di jenjang sekolah dasar untuk memastikan instrumen benar-benar mengukur kedalaman pemahaman, bukan sekadar hafalan (Khoiriyah et al., 2023). Instrumen telah divalidasi isi oleh dua orang ahli pembelajaran IPA SD dengan nilai Content Validity Ratio (CVR) sebesar 0,82.

Validitas empiris butir soal diuji menggunakan korelasi Point Biserial

( $r \geq 0,30$ ) dan reliabilitas menggunakan formula Kuder-Richardson 20 (KR-20) dengan koefisien 0,81 (kategori sangat tinggi). Kedua, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran STEM digunakan untuk memastikan perlakuan berjalan sesuai rancangan. Ketiga, pedoman wawancara semi-terstruktur untuk guru dan perwakilan siswa digunakan untuk menggali data kualitatif pendukung.

#### **4. Teknik Analisis Data**

Analisis data dilakukan secara bertahap. Pertama, uji normalitas menggunakan Kolmogorov-Smirnov dan uji homogenitas menggunakan Levene dilakukan sebagai prasyarat sebelum analisis inferensial. Kedua, skor N-Gain ternormalisasi dihitung menggunakan formula (Hake, 1998):  $N\text{-Gain} = (\text{Skor Posttest} - \text{Skor Pretest}) / (\text{Skor Maksimal} - \text{Skor Pretest})$ , dengan interpretasi: tinggi ( $\geq 0,70$ ), sedang ( $0,30 - 0,69$ ), dan rendah ( $< 0,30$ ). N-Gain dipilih karena mampu mengoreksi perbedaan kemampuan awal antara kedua kelompok, sehingga perbandingan peningkatan menjadi lebih adil. Ketiga, independent t-test digunakan untuk menguji hipotesis, dengan kriteria penolakan  $H_0$  apabila  $p < 0,05$ .

Seluruh analisis menggunakan bantuan SPSS versi 25 (Creswell, 2014).

### **C.Hasil Penelitian dan Pembahasan**

#### **1. Uji Prasyarat dan Kesetaraan Awal**

Sebelum perlakuan diberikan, kedua kelompok mengerjakan pretest untuk mengukur kemampuan awal. Uji normalitas Kolmogorov-Smirnov menunjukkan data pretest kedua kelompok berdistribusi normal:  $p = 0,137$  untuk kelas eksperimen dan  $p = 0,092$  untuk kelas kontrol (keduanya  $> 0,05$ ). Uji Levene menghasilkan  $p = 0,412$  ( $> 0,05$ ), artinya varians kedua kelompok homogen. Uji t independen pada data pretest menghasilkan  $t = 0,24$  dengan  $p = 0,81$  ( $> 0,05$ ), membuktikan bahwa kedua kelompok setara dalam kemampuan awal sebelum perlakuan.

#### **2. Uji Normalitas dan Homogenitas Data Posttest**

Setelah perlakuan selesai, kedua kelompok mengerjakan posttest dengan instrumen sama namun urutan soal diacak. Uji normalitas terhadap data posttest menghasilkan  $p = 0,183$  untuk kelas eksperimen dan  $p = 0,107$  untuk kelas kontrol, keduanya  $> 0,05$ , sehingga

asumsi normalitas terpenuhi. Uji Levene pada data posttest memberikan  $p = 0,318$  ( $> 0,05$ ), menegaskan varians tetap homogen. Seluruh asumsi statistik terpenuhi untuk melanjutkan ke pengujian hipotesis.

### 3. Hasil Pretest, Posttest, dan N-Gain

Data hasil pretest, posttest, dan N-Gain kedua kelompok dirangkum pada Tabel 2 berikut:

**Tabel 2 Pretest, Posttest dan N-Gain Kemampuan Pemahaman Konsep Perubahan Energi Siswa Kelas IV**

| Kelas Eksperimen |           |     |           |     |           |      |
|------------------|-----------|-----|-----------|-----|-----------|------|
| N                | Pretest   |     | Posttest  |     | N-Gain    |      |
|                  | $\bar{x}$ | S   | $\bar{x}$ | s   | $\bar{x}$ | S    |
| 28               | 41,3      | 8,7 | 73,2      | 7,2 | 0,67      | 0,12 |

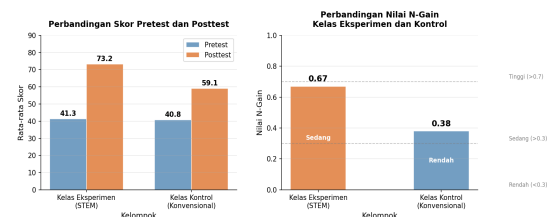
| Kelas Kontrol |           |     |           |     |           |      |
|---------------|-----------|-----|-----------|-----|-----------|------|
| N             | Pretest   |     | Posttest  |     | N-Gain    |      |
|               | $\bar{x}$ | S   | $\bar{x}$ | s   | $\bar{x}$ | S    |
| 28            | 40,8      | 9,1 | 59,1      | 8,5 | 0,38      | 0,11 |

Berdasarkan data pada Tabel 2, rata-rata skor pretest kedua kelompok setara, 41,3 untuk kelas eksperimen dan 40,8 untuk kelas kontrol. Setelah empat sesi perlakuan, peningkatan yang terjadi sangat berbeda antar kelompok. Rata-rata posttest kelas eksperimen mencapai 73,2

(melampaui KKM 70), sementara kelas kontrol hanya mencapai 59,1 (masih di bawah KKM). Nilai N-Gain kelas eksperimen 0,67 (sedang), sedangkan kelas kontrol 0,38, selisih 0,29 poin yang mencerminkan kontribusi nyata perlakuan STEM.

### 4. Uji Hipotesis

Uji  $t$  independen pada data posttest menghasilkan  $t = 6,14$  dengan  $p = 0,000$  ( $< 0,05$ ), sehingga  $H_0$  ditolak: terdapat perbedaan yang signifikan antara pemahaman konsep kelas eksperimen dan kontrol. Hasil serupa diperoleh pada uji  $t$  terhadap data N-Gain ( $t = 5,87$ ;  $p < 0,05$ ), memperkuat bukti bahwa peningkatan yang terjadi bukan kebetulan statistik melainkan dampak nyata pendekatan STEM yang diterapkan.



**Grafik 1 Peningkatan Kemampuan Pemahaman Konsep Perubahan Energi**

### 5. Pembahasan

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa proyek mobil kincir air secara efektif meningkatkan pemahaman konsep perubahan energi siswa. Peningkatan ini dapat

dijelaskan melalui beberapa mekanisme. Pertama, proyek menyediakan konteks autentik yang membuat konsep perubahan energi menjadi konkret: saat siswa merakit baling-baling dan melihat mobilnya bergerak karena tekanan air yang mengalir, mereka tidak sekadar membaca bahwa 'energi air dapat menjadi energi gerak', mereka mengalaminya langsung dan dapat menelusurinya hingga ke level komponen. Tinjauan sistematis terhadap pembelajaran STEM berbasis masalah autentik menegaskan bahwa pendekatan semacam ini secara konsisten menghasilkan pemahaman konsep, motivasi, dan keterlibatan siswa yang lebih tinggi dibandingkan pembelajaran konvensional (Kopbossyn et al., 2025). Ini selaras dengan prinsip meaningful learning Ausubel dan tahap operasional konkret Piaget (Santrock, 2011).

Kedua, arsitektur proyek mendorong integrasi lintas disiplin yang bermakna. Ketika siswa menghitung banyaknya air dan lamanya mobil berjalan dan menghubungkannya dengan jarak tempuh mobil, matematika menjadi alat analisis yang menjawab

pertanyaan nyata, bukan pelajaran yang berdiri sendiri. Penggunaan aplikasi sensor menjadikan teknologi sebagai perpanjangan kemampuan pengamatan. Integrasi semacam ini, yang oleh Kelley dan Knowles (2016) disebut integrated STEM, terbukti menghasilkan pemahaman yang lebih dalam dibandingkan penyajian disiplin-disiplin tersebut secara terpisah (Kelley & Knowles, 2016). Temuan serupa dilaporkan pada penerapan STEM materi rangkaian listrik di kelas V SD, ketika siswa diajak menghitung dan mengamati secara langsung, mereka mampu menjelaskan transformasi energi dengan lebih runtut dibandingkan ketika hanya menerima penjelasan lisan dari guru (Helga et al., 2024).

Ketiga, siklus desain-uji-revisi yang menjadi inti sesi ketiga dan keempat mengaktifkan metakognisi siswa. Saat mobil tidak bergerak sesuai harapan, siswa diarahkan untuk mendiagnosis masalah: apakah sudut baling-baling salah? Apakah badan mobil terlalu berat? Proses ini melatih pemecahan masalah sekaligus memperdalam pemahaman konseptual, karena kesalahan menjadi titik belajar yang kaya (Bybee, 2013). Pola siklus rancang-uji-revisi

semacam ini merupakan ciri khas proyek interdisipliner yang dirancang dengan baik, sebagaimana didokumentasikan dalam studi kasus pembelajaran berbasis proyek di ruang kelas multidisiplin (Bolick dkk., 2024). Hasil ini konsisten dengan meta-analisis Wahono, Lin, dan Chang (2020) yang menunjukkan STEM secara konsisten menghasilkan capaian belajar lebih tinggi di kawasan Asia, khususnya pada dimensi pemahaman konsep (Wahono et al., 2020).

Meskipun demikian, durasi perlakuan yang hanya empat sesi merupakan keterbatasan nyata. Nilai N-Gain kelas eksperimen (0,67) yang belum mencapai kategori tinggi ( $\geq 0,70$ ) dapat dipahami dalam konteks ini: pendekatan STEM membutuhkan waktu adaptasi bagi siswa yang terbiasa dengan pembelajaran berpusat guru. Pada sesi awal, sebagian siswa masih tampak bingung dengan kebebasan yang diberikan dalam perancangan, fenomena yang dikenal sebagai *productive struggle* dan merupakan bagian wajar dari pembelajaran berbasis proyek (Nurhadiyati et al., 2020). Dengan durasi yang lebih

panjang, pola N-Gain yang lebih tinggi sangat mungkin dapat dicapai.

#### **D. Kesimpulan**

Penelitian ini mengkaji efektivitas pendekatan STEM berbasis proyek mobil kincir air dalam meningkatkan pemahaman konsep perubahan energi pada siswa kelas IV sekolah dasar. Dengan melibatkan 56 siswa dalam dua kelas paralel dan perlakuan sebanyak empat sesi, hasil menunjukkan bahwa pendekatan STEM secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep dibandingkan pembelajaran konvensional.

Hal ini tercermin dari N-Gain kelas eksperimen (0,67; sedang) yang lebih tinggi dibandingkan kontrol (0,38), dengan perbedaan bermakna secara statistik ( $p < 0,05$ ). Proyek mobil kincir air terbukti menjadi wahana efektif untuk mengkonkretkan konsep perubahan energi air menjadi energi gerak melalui pengalaman merancang, membangun, menguji, dan merefleksikan langsung.

Berdasarkan temuan ini disarankan: (1) guru kelas IV SD mempertimbangkan pendekatan STEM berbasis proyek sebagai alternatif untuk materi perubahan energi dan topik abstrak serupa; (2)

sekolah menyediakan dukungan bagi guru dalam merancang pembelajaran berbasis proyek, mengingat kesiapan guru menjadi salah satu faktor penentu keberhasilan implementasi STEM di kelas (Khoiriya et al., 2023); (3) penelitian lanjutan dengan durasi lebih panjang, sampel lebih besar, dan melibatkan beberapa sekolah diperlukan untuk memperkuat generalisasi temuan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Bariroh, U., Prayogo, M. S., Kamaliah, D. N., & Aini, C. N. (2026). Analisis Konseptual Pembelajaran Energi dan Perubahannya Dalam Kehidupan Sehari-Hari di Sekolah Dasar: Sebuah Structured Literature Review. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*.
- Bolick, M. A., Thomassen, M., Aplan, J., Spencer, O., Nicole, F., Tran, S. K. N., Lazar, K. B. (2024). Project-Based Learning in Interdisciplinary Spaces: A Case Study in Norway and the United States. *Education Sciences*, 14(8), 866. <https://doi.org/10.3390/educsci14080866>
- Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. Arlington: National Science Teachers Association.
- Corrigan, M. W., Wong, J. T., Grove, D., Andersen, S., & Hughes, B. S. (2025). Enhancing Elementary Students Conceptual Understandings of Scientific Phenomena: The Impact of STEAM-First and STEM-First Approaches. *Science Education*, 109(5), 1336–1364. <https://doi.org/10.1002/sce.21942>
- Creswell, J. W. (2014). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (4. ed). Los Angeles, Calif.: SAGE.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74.

- <https://doi.org/10.1119/1.1880>  
9
- Helga, M., Untari, M. F. A., & Mulyani, M. (2024). Penerapan Pendekatan STEM pada Pembelajaran Rangkaian Arus Listrik dan Pembangkit Listrik Kelas 5 Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 8(2), 1068–1077. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v8i2.7243>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kemendikbudristek. (2021). Kurikulum untuk pemulihan pembelajaran. Pusat Kurikulum dan Pembelajaran, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Khoiriya, R. M., Oktariato, M. L., & Rohmiati, D. P. (2023). Penerapan Pendekatan STEAM Dalam Pembelajaran IPA Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Dan Literasi Sains Siswa Kelas IV SD Aanak Saleh Malang. *JTIEE (Journal of Teaching in Elementary Education)*, 7(2).
- Kopbossyn, A., Laiskhanov, S., Aksoy, B., Tokbergenova, A., Nametkulov, M., & Kozybakova, A. (2025). Integrated STEM for sustainability in school and early teacher education: A systematic review (2019–2025). *Frontiers in Education*, 10, 1697058. <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1697058>
- Mariyana, N. S. A., & Usman, H. (2023). Pengembangan Bahan Ajar IPA melalui Pendekatan STEAM untuk Meningkatkan Hasil Belajar pada Siswa Adi Widya Pasraman. *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 6(4), 888–895. <https://doi.org/10.37329/cetta.v6i4.2833>
- Nurhadiyati, A., Rusdinal, R., & Fitria, Y. (2020). Pengaruh Model Project Based Learning (PJBL) terhadap Hasil Belajar Siswa di Sekolah Dasar. *Jurnal*

- Basicedu, 5(1), 327–333.  
<https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i1.684>
- OECD. (2023). PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education. OECD Publishing.  
<https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Santrock, J. W. (Ed.). (2011). Educational psychology (5th ed., international student ed). McGraw-Hill.
- Sircar, M., Orr, S., Madis, C., & DiMaria, S. (2024). Conceptualizing an Initial Framework to Support Discipline-Rich Project-Based Learning in STEM. *Education Sciences*, 14(7), 793.  
<https://doi.org/10.3390/educsci14070793>
- Solihin, R. R., Susanto, T. T. D., Fauziyah, E. P., Yanti, N. V. I., & Ramadhania, A. P. (2024). The Efforts of Indonesian Government In Increasing Teacher Quality Based On PISA Result In 2022: A Literature Review. *Perspektif Ilmu Pendidikan*, 38(1), 57–65.
- <https://doi.org/10.21009/PIP.381.6>
- Sugiyono. (2021). *Metode Penelitian: Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D* (Cetakan Ke-3). Bandung: Alfabeta. Diambil dari <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=1543971>
- Wahono, B., Lin, P.-L., & Chang, C.-Y. (2020). Evidence of STEM enactment effectiveness in Asian student learning outcomes. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 36.  
<https://doi.org/10.1186/s40594-020-00236-1>