



PENGEMBANGAN PEMBELAJARAN STEM OVEN TENAGA SURYA UNTUK MENGEMBANGKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KOMPUTASIONAL PESERTA DIDIK SEKOLAH DASAR

Tina Zakiah¹, Dindin Abdul Muiz Lidinillah², Edi Hendri Mulyana³

^{1 2 3} Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Universitas Pendidikan Indonesia Kampus
Tasikmalaya

Jl. Dadaha No. 18, Kota Tasikmalaya, Jawa Barat 46115

E-mail: tinazakiah@upi.edu

Corresponding Author:

Tina Zakiah

Submit: 4 Oktober 2026

Revisi: 9 Oktober 2026

Approve: 9 Oktober 2026

Pengutipan: Zakiah, T.,
Lidinillah, D. A. M., &
Mulyana, E. H. (2026).
Pengembangan Pembelajaran
STEM Oven Tenaga Surya
Untuk Mengembangkan
Keterampilan Berpikir
Komputasional Peserta Didik
Sekolah Dasar. *Elementar:*
Jurnal Pendidikan Dasar,
6(1), 115–135.,
10.15408/elementar.v6i1.
54370

Permalink: doi:
10.15408/elementar.v6i1.
54370

Abstract

This study aims to develop a project-based STEM learning design involving a solar oven that facilitates the application of computational thinking skills among elementary school students. The study employs the Educational Design Research (EDR) method based on the McKenney and Reeves model, comprising three stages: analysis and exploration, design and construction, and evaluation and reflection. The research subjects consisted of 24 fourth-grade students from SDN 1 Gunungpereng, while validation was conducted by one expert validator. Data were collected using validation sheets, observation sheets, interviews, and documentation. The data were analyzed using both quantitative and qualitative descriptive methods. Validation results indicated that the learning design achieved a score of 80% (categorized as feasible), the student worksheet (LKPD) achieved 93.33% (highly feasible), and the assessment rubric achieved 78.33% (feasible). Beta evaluation results based on observations and documentation of learning activities as well as educator interviews demonstrated that the learning design enables students to apply four aspects of computational thinking skills: decomposition, abstraction, algorithms, and debugging. Thus, the developed project-based STEM learning design (solar oven) yields a design and set of learning principles that can serve as an initial reference for facilitating the application of computational thinking skills through contextual projects in elementary schools.

Keywords: STEM, solar oven, computational thinking, elementary school, project.

PENDAHULUAN

Setiap manusia memiliki kemampuan dan daya pikir yang diperlukan untuk menjalani kehidupan sehari-hari (Putri *et al.*, 2021). Seiring dengan semakin kompleksnya permasalahan dalam kehidupan, kemampuan berpikir perlu dikembangkan melalui berbagai keterampilan yang relevan dengan kebutuhan abad ke-21. Salah satu keterampilan yang penting untuk dikembangkan adalah keterampilan berpikir komputasional. Keterampilan berpikir komputasional (*computational thinking/CT*) merupakan salah satu kompetensi esensial abad ke-21 yang wajib dimiliki oleh peserta didik dan telah berkembang menjadi tren global dalam dunia pendidikan dalam beberapa tahun terakhir (Yadav *et al.*, 2016; Acevedo-Borrega *et al.*, 2022; Liu *et al.*, 2024). Keterampilan ini secara luas diakui sebagai hal yang penting, tidak hanya bagi individu yang tertarik pada ilmu komputer dan matematika, tetapi juga bagi seluruh peserta didik di abad ke-21 (Y. Li *et al.*, 2020). Haseski *et al.* (2018) menegaskan bahwa peserta didik masa kini dihadapkan pada tantangan yang lebih kompleks dibandingkan generasi sebelumnya sehingga penguasaan keterampilan berpikir komputasional menjadi semakin penting. Voogt *et al.* (2015) menyebut berpikir komputasional sebagai kompetensi universal yang perlu ditambahkan ke dalam kerangka kemampuan analitis anak sebagai bagian integral dari pembelajaran di sekolah. Sejalan dengan itu, Wing (2006) menekankan bahwa berpikir komputasional merupakan keterampilan analitis fundamental yang setara dengan membaca, menulis, dan berhitung.

Keterampilan berpikir komputasional tidak hanya penting dalam dunia informatika, tetapi relevan juga untuk membantu peserta didik dalam menyelesaikan masalah kontekstual dalam kehidupan sehari-hari (Z. Li & Oon, 2024). Y. Li *et al.* (2020) mengingatkan bahwa berpikir komputasional tidak boleh dibatasi hanya pada pemrograman karena akan mereduksi nilai berpikir komputasional sebagai cara berpikir sistematis dan logis. Dalam konteks pembelajaran, keterampilan berpikir komputasional berperan dalam membentuk pola pikir yang terstruktur, efisien, dan reflektif yang dibutuhkan untuk menghadapi kompleksitas tantangan di era modern. Keterampilan ini terdiri dari beberapa aspek utama, yaitu dekomposisi (memecah masalah kompleks menjadi bagian yang lebih kecil), abstraksi (menyaring informasi penting dan mengenali

pola), algoritma (menyusun langkah logis dan efisien untuk menyelesaikan masalah), *debugging* (mendeteksi dan memperbaiki kesalahan), iterasi (mengulangi proses desain untuk penyempurnaan), dan generalisasi (menerapkan keterampilan ke berbagai konteks) (Shute, Sun, & Asbell-Clarke, 2017).

Di era pendidikan STEM yang terintegrasi saat ini, keterampilan berpikir komputasional dianggap sebagai salah satu kompetensi dasar yang penting (Dasgupta, Rynearson, Purzer, Ehsan, & Cardella, 2017). Pendidikan STEM menitikberatkan pada penguatan kemampuan berpikir dan kolaborasi lintas disiplin sebagai upaya membentuk kompetensi peserta didik dalam mengintegrasikan pengetahuan interdisipliner untuk menyelesaikan masalah nyata dalam kehidupan (Zhan, Shen, Xu, Niu, & You, 2022). Yin *et al.* (2020) menyatakan bahwa tanpa berpikir komputasional, hampir tidak mungkin menyelesaikan persoalan praktis dalam sains dan teknik. Almujaiddid *et al.* (2025) menunjukkan bahwa integrasi berpikir komputasional dalam pembelajaran STEM berkontribusi positif terhadap keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Richardo *et al.* (2023) juga menyimpulkan bahwa pendekatan STEM mampu mengembangkan kemampuan berpikir komputasional.

STEM merupakan singkatan dari *Science, Technology, Engineering*, dan *Mathematics*. Menurut Johnson STEM merupakan suatu pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan ilmu sains dan matematika melalui penerapan praktik penyelidikan ilmiah, perancangan teknologi dan rekayasa, serta analisis matematis yang dikaitkan dengan tema dan keterampilan lintas disiplin abad ke-21 (Estapa & Tank, 2017). Dalam pembelajaran STEM di sekolah dasar, terdapat tiga pendekatan umum yang dapat diadaptasi, yaitu pendekatan *silo* (terpisah), *embedded* (tertanam), dan *integrated* (terpadu) (Roberts & Cantu, 2012). Ketiga pendekatan STEM tersebut dapat diterapkan di sekolah dasar sesuai dengan kebutuhan masing-masing. Meskipun demikian, para pendukung pendidikan STEM menganggap bahwa pendekatan terpadu merupakan pilihan yang paling efektif dalam pelaksanaan pembelajaran STEM (Roberts & Cantu, 2012). Pendekatan STEM terpadu ini membayangkan penghapusan dinding antara setiap mata pelajaran STEM (Lidinillah, Mulyana, Karlimah, & Hamdu, 2019).

Urgensi pengembangan keterampilan berpikir komputasional juga dapat dilihat dari kondisi kemampuan peserta didik Indonesia. Hasil Programme for Student Assessment (PISA) 2022 menunjukkan bahwa peserta didik Indonesia dalam bidang Matematika mendapatkan skor 366, membaca 356, dan Sains 383 yang masih berada di bawah rata-rata negara-negara anggota Organization for Economic Cooperation and Development (OECD, 2023). Hasil tersebut memberikan gambaran mengenai tantangan yang masih dihadapi dalam pengembangan kemampuan berpikir, bernalar, dan memecahkan masalah peserta didik. Kondisi tersebut memperkuat pentingnya pengembangan berbagai keterampilan yang relevan dengan kebutuhan pembelajaran abad ke-21, termasuk keterampilan berpikir komputasional. Pentingnya keterampilan tersebut juga telah memperoleh perhatian dalam kebijakan pendidikan di Indonesia. Keputusan Kepala BSKAP No. 046/H/KR/2025 yang menyatakan bahwa pembelajaran berpikir komputasional pada jenjang sekolah dasar diintegrasikan dengan mata pelajaran lain, terutama Pendidikan Pancasila, Bahasa, Matematika, dan Sains.

Salah satu konteks yang relevan untuk mengembangkan keterampilan berpikir komputasional melalui pembelajaran STEM adalah isu lingkungan. Menurut Kelana *et al.* (2024) isu lingkungan dalam pembelajaran STEM efektif meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik sekolah dasar terhadap tantangan lingkungan nyata. Menurut para pakar dan aktivis, kondisi lingkungan global saat ini tengah menghadapi berbagai tantangan serius dan berada dalam keadaan yang mengkhawatirkan (Qodriyatun, 2024). Salah satu tantangan utama yang dihadapi banyak negara saat ini adalah kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh emisi karbon dioksida yang dilepaskan secara tidak terkendali ke atmosfer (Seneviratne *et al.*, 2016). Emisi karbon dioksida tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu: penebangan hutan yang berlebihan; penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan (pembakaran minyak dan gas alam, terutama batu bara yang digunakan untuk pembangkit listrik merupakan penyumbang utama karbon dioksida ke atmosfer (Yoro & Daramola, 2020).

Meskipun demikian, penerapan konteks isu lingkungan dalam pembelajaran STEM yang mengintegrasikan keterampilan berpikir komputasional masih menghadapi berbagai tantangan. Salah satu tantangannya adalah guru masih mengalami kesulitan dalam

mengintegrasikannya ke dalam pembelajaran (Liu *et al.*, 2024), termasuk guru di Indonesia (Inasari, Lidinillah, & Prehanto, 2023). Pada jenjang sekolah dasar, integrasi keterampilan berpikir komputasional dengan pendekatan STEM, khususnya dalam pembelajaran sains, juga masih terbatas (Kristiandari, Akbar, & Limiansih, 2023).

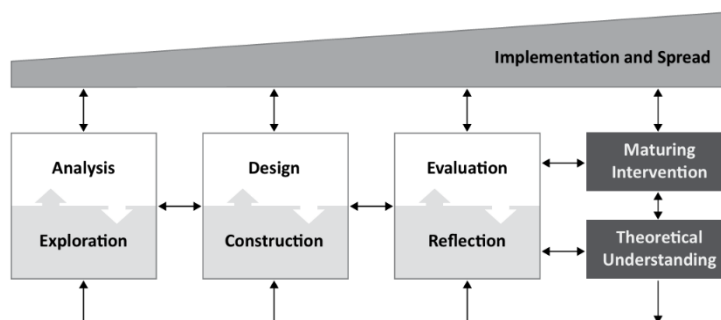
Berdasarkan studi lapangan di SDN 1 Gunungpereng, Kota Tasikmalaya, guru telah memahami pentingnya keterampilan berpikir komputasional, tetapi keterampilan tersebut belum diintegrasikan dalam pembelajaran. Pembelajaran juga jarang dilakukan secara interdisipliner dan belum secara khusus diarahkan pada pengembangan keterampilan abad ke-21. Meskipun penelitian terdahulu menunjukkan bahwa integrasi keterampilan berpikir komputasional dalam pembelajaran STEM dapat mendukung kemampuan pemecahan masalah peserta didik, penerapannya pada jenjang sekolah dasar melalui proyek berbasis isu lingkungan masih terbatas. Kristiandari, Akbar, & Limiansih (2023) telah mengintegrasikan *computational thinking* dan STEM dalam pembelajaran IPA di sekolah dasar, tetapi penelitian tersebut berfokus pada pendeskripsian hasil belajar, aktivitas peserta didik selama pembelajaran, dan respons peserta didik setelah pembelajaran. Dengan demikian, masih terdapat keterbatasan penelitian dalam pengembangan desain pembelajaran STEM berbasis proyek yang mengintegrasikan isu lingkungan dan keterampilan berpikir komputasional melalui aktivitas perancangan, pembuatan, pengujian, dan perbaikan produk. Kondisi tersebut menunjukkan adanya *research gap* berupa kebutuhan akan desain pembelajaran yang mengintegrasikan STEM, isu lingkungan, dan keterampilan berpikir komputasional melalui proyek yang sesuai dengan karakteristik peserta didik sekolah dasar.

Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada pengembangan desain pembelajaran STEM berbasis proyek oven tenaga surya yang mengintegrasikan isu lingkungan dan keterampilan berpikir komputasional pada aspek dekomposisi, abstraksi, algoritma, dan *debugging* melalui aktivitas perancangan, pembuatan, pengujian, dan perbaikan. Keempat aspek tersebut dipilih karena paling sesuai dengan kegiatan perancangan, pembuatan, pengujian, dan perbaikan produk yang dilakukan dalam penelitian. Aspek iterasi dan generalisasi tidak dikaji karena penelitian dibatasi pada proses pengembangan dan pengujian satu produk dalam waktu penelitian yang terbatas. Berdasarkan hal tersebut,

penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan desain pembelajaran STEM berbasis proyek oven tenaga surya yang dapat memfasilitasi pengembangan keterampilan berpikir komputasional peserta didik sekolah dasar.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan dengan menggunakan metode *Educational Design Research* (EDR) model McKenney & Reeves (2018) karena memungkinkan pengembangan desain pembelajaran dilakukan secara sistematis melalui proses perancangan, pengujian, evaluasi, dan perbaikan secara iteratif. Model ini terdiri atas tiga tahap utama, yaitu: (1) Analisis dan eksplorasi, dilakukan melalui studi lapangan dan studi literatur untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran STEM dan urgensi integrasi keterampilan berpikir komputasional di sekolah dasar; (2) Desain dan konstruksi, berupa pengembangan rencana pembelajaran STEM oven tenaga surya untuk mengembangkan keterampilan berpikir komputasional di sekolah dasar; dan (3) Evaluasi dan refleksi, dilakukan melalui validasi oleh Lembaga SEAMEO QITEP in Mathematics (SEAQIM), uji coba terbatas kepada peserta didik, observasi selama pelaksanaan pembelajaran, wawancara dengan guru, serta dokumentasi kegiatan. Proses iteratif dilakukan dengan menggunakan hasil evaluasi dan refleksi sebagai dasar untuk memperbaiki desain pembelajaran. Gambaran umum tahapan dalam model EDR dapat dilihat pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Model generik untuk melakukan penelitian *Educational Design Research*

Sumber: McKenney & Reeves (2018)

Sumber data yang diperoleh, yaitu berdasarkan subjek penelitian yang ditentukan oleh peneliti (*purposive sampling*). Subjek penelitian terdiri dari 2 guru kelas serta peserta didik kelas IV yang telah mempelajari materi yang ditetapkan oleh peneliti dan menggunakan Kurikulum Merdeka. Jumlah peserta didik yang terlibat adalah 24 orang. Kriteria inklusi dalam penelitian ini adalah peserta didik yang mengikuti seluruh rangkaian pembelajaran pada ketiga pertemuan dan bersedia menjadi responden angket. Sementara itu, peserta didik yang tidak hadir lebih dari satu kali pertemuan tidak dimasukkan dalam analisis (eksklusi). Dalam penelitian ini, peneliti berperan langsung sebagai perancang dan pengembang, serta pelaksana uji coba desain pembelajaran.

Teknik pengumpulan data yang digunakan meliputi observasi, wawancara, dokumentasi proses pembelajaran, dan validasi ahli. Instrumen yang digunakan meliputi lembar observasi kinerja peserta didik, pedoman wawancara guru, lembar validasi desain pembelajaran oven tenaga surya, dan lembar kusioner peserta didik. Kelayakan desain pembelajaran STEM oven tenaga surya oleh dinilai oleh Lembaga SEAMEO QITEP in Mathematics (SEAQIM) yang ahli dalam bidang pembelajaran matematika, STEM, dan berpikir komputasional dengan menggunakan *rating scale* (1-5) sesuai dengan ketercapaian indikator setiap aspek. Data berupa skor angka dari *rating scale* ini merupakan data kuantitatif yang kemudian ditafsirkan secara kualitatif untuk menggambarkan tingkat kelayakan desain pembelajaran (Sugiyono, 2019). Hasil perhitungan validasi desain pembelajaran tersebut dapat dikategorikan kelayakannya berdasarkan rentang skala berikut: sangat layak (81% - 100%), layak (61%-80%), cukup layak (41%-60%), tidak layak (21%-40%), dan sangat tidak layak (<21%) (Afrijhon, Sutrisno, & Maison, 2022).

Dalam penelitian ini, data dianalisis menggunakan data kuantitatif dan kualitatif yang dianalisis secara deskriptif. Data hasil validasi ahli dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan menghitung persentase skor pada setiap aspek penilaian, kemudian dikategorikan ke dalam tingkat kelayakan. Sementara itu, data hasil wawancara guru, observasi, dan dokumentasi proses pembelajaran dianalisis secara deskriptif kualitatif melalui tahapan reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Keabsahan data diperoleh melalui triangulasi teknik, yaitu dengan membandingkan data yang diperoleh melalui observasi, wawancara, dan dokumentasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini berupa desain pembelajaran STEM proyek oven tenaga surya dalam bentuk rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) untuk peserta didik kelas IV sekolah dasar pada mata pelajaran IPAS dan Matematika. Materi yang dikembangkan mencakup perubahan bentuk energi, pengukuran dengan satuan baku, analisis data, dan operasi pengurangan. Desain pembelajaran ini dikembangkan melalui tahapan *Educational Design Research* (EDR) yang dikemukakan oleh McKenney & Reeves, dengan penjelasan rinci mengenai setiap tahapannya disajikan pada bagian berikut.

Analisis dan Eksplorasi

Tahapan pertama dalam penelitian *educational design research* (EDR) ini adalah tahapan analisis dan eksplorasi. Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan memahami permasalahan pendidikan, baik dari sisi konseptual maupun praktik di lapangan. Pada tahap ini, peneliti melakukan kajian literatur dan studi lapangan. Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa keterampilan berpikir komputasional merupakan salah satu keterampilan penting yang perlu dimiliki oleh peserta didik di era abad ke-21 (Jong *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2024). Berpikir komputasional (CT) dipandang sebagai kompetensi kunci abad ke-21 dan berbagai negara telah mulai mengintegrasikannya ke dalam kurikulum wajib sekolah mereka (Babazadeh & Negrini, 2022; Peng *et al.*, 2023). Keterampilan ini dapat membantu peserta didik untuk berpikir secara sistematis, logis, dan terstruktur dalam menyelesaikan berbagai masalah, baik dalam konteks pembelajaran maupun dalam kehidupan sehari-hari (Andrian & Hikmawan, 2021). Salah satu cara mengintegrasikan keterampilan berpikir komputasional ke dalam pembelajaran adalah melalui pendekatan *Science, Technology, Engineering*, dan *Mathematics* (STEM). Studi literatur juga menunjukkan bahwa pembelajaran STEM yang dirancang dengan baik dapat memberikan pengalaman belajar yang kontekstual dan bermakna, serta mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik (Rahman, 2022; Kristiandari *et al.*, 2023; Sartina *et al.* 2023; Richardo *et al.*, 2023; Almujaiddid *et al.*, 2025). Oleh karena itu, pendekatan pembelajaran STEM dinilai relevan untuk digunakan sebagai sarana pengembangan keterampilan berpikir komputasional di sekolah dasar. Namun, integrasi pembelajaran berpikir komputasional dan STEM khususnya dalam pembelajaran sains

masih minim dilakukan di sekolah dasar (Kristiandari *et al.*, 2023). Liu *et al.* (2024) juga menyatakan bahwa masih banyak pendidik yang mengalami kesulitan dalam mengintegrasikan berpikir komputasional ke dalam kegiatan pembelajaran di kelas.

Sejalan dengan temuan tersebut, hasil studi lapangan yang dilakukan di SDN 1 Gunungpereng menunjukkan bahwa pendidik menyadari pentingnya keterampilan berpikir komputasional, terutama dalam menghadapi pesatnya perkembangan teknologi dan perubahan zaman. Pendidik berpendapat bahwa berpikir komputasional relevan untuk diterapkan dalam pembelajaran Sains dan Matematika karena banyak konteks permasalahan dalam kedua mata pelajaran tersebut yang membutuhkan keterampilan berpikir logis, sistematis, dan terstruktur. Pendidik juga mengungkapkan bahwa sarana prasarana sekolah sudah mendukung untuk melaksanakan pembelajaran berpikir komputasional. Namun, pendidik mengakui adanya kesenjangan antara kebijakan Kurikulum Merdeka dan praktik di lapangan, khususnya dalam penerapan pembelajaran berpikir komputasional. Meskipun arah kebijakan sudah jelas, banyak pendidik masih mengalami kesulitan dalam penerapannya karena kurangnya pemahaman. Akibatnya, pembelajaran berpikir komputasional belum pernah diimplementasikan. Selain itu, pendidik juga mengalami kesulitan dalam merancang pembelajaran yang terintegrasi sehingga belum pernah menerapkan pendekatan STEM secara terpadu dalam kegiatan pembelajaran.

Pendidik mengungkapkan bahwa peserta didik memiliki antusias yang tinggi ketika pembelajaran proyek, tetapi antusias tersebut tidak bertahan lama. Hal tersebut disebabkan oleh kurangnya pemahaman peserta didik terhadap tujuan proyek yang mereka lakukan. Pendidik juga mengatakan bahwa peserta didik masih mengalami kesulitan dalam menyelesaikan masalah kompleks. Pendidik menyadari bahwa keterampilan berpikir komputasional penting bagi peserta didik, terutama dalam membantu peserta didik dalam menyelesaikan masalah. Namun, kurangnya pemahaman terhadap cara mengimplementasikannya dan kurangnya contoh konkret mengakibatkan pendidik tidak mengimplementasikannya. Oleh karena itu, pendidik berharap adanya panduan dan contoh praktis yang dapat membantu dalam mengimplementasikan pembelajaran berpikir komputasional di kelas.

Berdasarkan studi pendahuluan tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat kebutuhan terhadap pengembangan desain pembelajaran STEM untuk mengembangkan keterampilan berpikir komputasional di sekolah dasar.

Desain dan Kontruksi

Tahapan kedua dalam penelitian *educational design research* (EDR) ini adalah tahapan desain dan konstruksi. Pada tahap ini, peneliti mulai mengembangkan rancangan awal pembelajaran STEM yang bertujuan untuk mengembangkan keterampilan berpikir komputasional peserta didik sekolah dasar. Aktivitas yang dilakukan meliputi: merumuskan prinsip-prinsip desain sebagai landasan pengembangan, menetapkan capaian pembelajaran yang ingin dicapai, menyusun Alur dan Tujuan Pembelajaran (ATP), merumuskan tujuan pembelajaran secara rinci, menyeleksi dan menyesuaikan materi pembelajaran, menyusun *Hypothetical Learning Trajectory* (HLT), serta merancang prototipe awal pembelajaran yang nantinya akan divalidasi dan diuji pada tahap berikutnya. Kerangka kerja prototipe desain pembelajaran STEM untuk mengembangkan keterampilan berpikir komputasional disajikan lebih rinci pada tabel 1 dan tabel 2 di bawah ini.

Tabel 1. Prinsip Desain

Komponen Desain	Deskripsi
Intervensi	Desain pembelajaran STEM berbasis proyek oven tenaga surya.
Tujuan	Mengembangkan keterampilan berpikir komputasional peserta didik sekolah dasar.
Konteks	Pembelajaran dilaksanakan pada jenjang sekolah dasar dan mengintegrasikan IPAS serta Matematika, khususnya materi energi dan perubahannya, pengukuran satuan baku, analisis data, dan operasi pengurangan.
Karakteristik	Desain bersifat kontekstual, praktis, dan mudah diimplementasikan, menggunakan pendekatan STEM terpadu dan tahapan <i>Engineering Design Process</i> (Ask, Imagine, Plan, Create, Improve), memuat isu lingkungan, serta mengembangkan dekomposisi, abstraksi, algoritma, dan debugging.
Prosedur	Peserta didik mengidentifikasi perubahan bentuk energi, mengidentifikasi masalah dan batasan, melakukan percobaan, memilih solusi, membuat rancangan dan daftar bahan, membuat serta menguji oven tenaga surya, lalu memperbaiki kualitas produk.

Dasar Teoretis	Keterampilan berpikir komputasional penting untuk membantu peserta didik berpikir sistematis dalam memecahkan masalah. Pendekatan STEM relevan untuk mengembangkan keterampilan tersebut melalui aktivitas perancangan solusi berbasis isu lingkungan.
Dasar Empiris	Studi pendahuluan menunjukkan bahwa integrasi berpikir komputasional dalam pembelajaran masih terbatas, sementara konteks lingkungan sekolah mendukung pengembangan pembelajaran STEM berbasis proyek oven tenaga surya.

Berdasarkan tabel 1, prinsip desain merupakan rancangan awal yang bersifat sementara dan dapat direvisi setelah proses uji coba. EDR memungkinkan peneliti untuk terus merancang, mengevaluasi, dan mendesain ulang intervensi instruksional (Zhu & Zhang, 2023). Hasil akhir dari penelitian ini berupa desain pembelajaran STEM dan prinsip-prinsip desain yang dihasilkan selama proses pengembangan sebagai bentuk pengetahuan tambahan. Prinsip tersebut terdiri atas prinsip umum yang dapat diterapkan pada berbagai proyek STEM di sekolah dasar dan prinsip khusus yang disesuaikan dengan proyek tertentu seperti proyek oven tenaga surya. Keduanya dirancang untuk memfasilitasi pengembangan keterampilan berpikir komputasional khususnya aspek dekomposisi, abstraksi, algoritma.

Kerangka desain pembelajaran STEM oven tenaga surya dirancang untuk mengembangkan keterampilan berpikir komputasional khususnya aspek dekomposisi, abstraksi, algoritma, dan *debugging*. Empat aspek tersebut mengacu pada aspek berpikir komputasional yang dikembangkan oleh Shute *et al.* (2017). Pemetaan aktivitas pembelajaran terhadap setiap aspek didasarkan pada indikator operasional, yaitu dekomposisi melalui kegiatan menguraikan masalah menjadi bagian-bagian yang lebih sederhana; abstraksi melalui kegiatan mengidentifikasi informasi yang relevan dan mengabaikan informasi yang tidak diperlukan; algoritma melalui penyusunan langkah-langkah penyelesaian secara sistematis; dan *debugging* melalui kegiatan mengidentifikasi serta memperbaiki kesalahan berdasarkan hasil pengujian. Kerangka desain tersebut lebih rinci dijelaskan dalam tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Kerangka Desain Pembelajaran STEM Oven Tenaga Surya

Tahap EDP	Aktivitas Pembelajaran Inti	Keterampilan Berpikir Komputasional	Hasil yang Diharapkan
1. Menanya (Ask)	Aktivitas 1: Mengamati contoh perubahan energi melalui gambar/video dan mengidentifikasi konsep energi yang relevan. Aktivitas 2: Menganalisis isu lingkungan, merumuskan masalah, mengidentifikasi batasan, dan mengeksplorasi solusi oven tenaga surya. Aktivitas 3: Melakukan percobaan untuk memahami fungsi reflektor, tutup transparan, dan alas hitam.	Abstraksi, dekomposisi	Rumusan masalah, batasan, dan konsep energi yang relevan
2. Membayangkan (Imagine)	Aktivitas 4: Membandingkan alternatif desain dan memilih solusi berdasarkan hasil percobaan. Aktivitas 5: Menggambar rancangan oven tenaga surya, menentukan komponen dan bahan, serta mempresentasikan rencana desain.	Dekomposisi, abstraksi	Pemahaman fungsi komponen dan alternatif desain terpilih
3. Merencanakan (Plan)	Aktivitas 6: Menyusun urutan kerja, merakit prototipe, menguji oven di bawah sinar matahari, mencatat perubahan suhu dan kondisi cuaca, serta mengevaluasi hasil pengujian.	Abstraksi	Gambar rancangan dan daftar kebutuhan bahan
4. Membuat (Create)	Aktivitas 7: Mengidentifikasi kelemahan prototipe, melakukan perbaikan, menguji ulang,	Algoritma, abstraksi	Prototipe oven tenaga surya dan data hasil pengujian
5. Meningkatkan (Improve)		Debugging	Prototipe yang diperbaiki dan hasil

membandingkan hasil,
dan merefleksikan
manfaat lingkungan.

evaluasi
kinerjanya

Evaluasi dan Refleksi

Tahapan ketiga dalam penelitian *educational design research* (EDR) ini adalah tahapan evaluasi dan refleksi. Sebelum desain pembelajaran STEM oven tenaga surya diimplementasikan di sekolah dasar, desain pembelajaran divalidasi terlebih dahulu oleh ahli (evaluasi alpha). Tujuan utama dari validasi ahli ini adalah untuk memberikan perspektif tambahan yang mungkin belum dipertimbangkan oleh pengembang atau peneliti, mengidentifikasi kekeliruan atau kekurangan, serta memberikan saran perbaikan terhadap desain (McKenney & Reeves, 2018). Hasil validasi desain pembelajaran memperoleh skor 80% (layak). Meskipun produk dinyatakan layak digunakan, validator memberikan beberapa masukan perbaikan terhadap desain pembelajaran. Pada desain pembelajaran, revisi dilakukan dengan memperjelas tujuan pembelajaran keterampilan berpikir komputasional dan keterkaitannya dengan kegiatan, menyesuaikan alokasi waktu, memperjelas komponen oven tenaga surya untuk mendukung aspek dekomposisi, serta memperjelas konteks isu lingkungan dan media pembelajaran. Hasil validasi dan masukan tersebut menjadi dasar revisi desain sebelum tahap implementasi.

Selanjutnya, peneliti melakukan uji coba terbatas (evaluasi beta) untuk menentukan apakah intervensi berfungsi sebagaimana mestinya, dan untuk mengumpulkan umpan balik untuk perbaikan lebih lanjut (McKenney & Reeves, 2018). Berdasarkan hasil uji coba di SDN 1 Gunungpereng, desain pembelajaran STEM berbasis proyek oven tenaga surya memfasilitasi kemunculan aspek keterampilan berpikir komputasional peserta didik. Temuan tersebut didukung oleh hasil observasi dan dokumentasi kegiatan pembelajaran yang disajikan pada Tabel 3. Hasil observasi menunjukkan bahwa peserta didik terlibat dalam aktivitas yang mencerminkan aspek dekomposisi, abstraksi, algoritma, dan *debugging*.

Tabel 3. Contoh Aspek Berpikir Berpikir Komputasional yang Muncul
pada Uji Coba Terbatas Desain STEM Oven Tenaga Surya

Contoh Aspek Berpikir Komputasional yang Muncul	Dokumentasi
Dekomposisi: Peserta didik memecah proses pembuatan oven tenaga surya menjadi beberapa bagian yang saling berkaitan seperti menyiapkan dan memotong aluminium foil, menyiapkan karton hitam, serta menyiapkan bagian lainnya sesuai rancangan. Setiap bagian kemudian dikerjakan oleh anggota kelompok sesuai pembagian tugas. Sebagai contoh yang terlihat pada gambar dua peserta didik mengukur dan memotong aluminium foil, sementara tiga peserta didik lainnya mengukur dan memotong karton hitam sesuai ukuran yang telah ditentukan.	
Abstraksi: Peserta didik mengamati beberapa contoh desain oven tenaga surya, kemudian mengidentifikasi karakteristik yang dianggap penting agar oven dapat berfungsi dengan baik dan memilih desain yang sesuai. Selanjutnya, peserta didik menuangkan hasil pemilihan tersebut ke dalam gambar rancangan oven tenaga surya pada LKPD.	
Algoritma: Peserta didik menyusun urutan langkah kerja secara sistematis berdasarkan desain oven tenaga surya yang telah dirancang. Urutan langkah tersebut kemudian digunakan sebagai pedoman dalam proses pembuatan oven. Sebagaimana terlihat pada dokumentasi gambar, peserta didik terlebih dahulu mengoleskan lem pada bagian dalam kotak kardus, kemudian menempelkan aluminium foil sesuai urutan langkah yang telah mereka tentukan.	

Contoh Aspek Berpikir Komputasional yang Muncul	Dokumentasi
<i>Debugging:</i> Peserta didik menguji kinerja oven tenaga surya dan mengidentifikasi bagian yang perlu diperbaiki berdasarkan hasil pengujian. Ketika panas yang dihasilkan belum optimal, peserta didik memperbaiki posisi reflektor agar arah pantulan cahaya matahari lebih tepat ke dalam kotak oven. Perbaikan tersebut dilakukan berdasarkan hasil pengamatan peserta didik terhadap kinerja oven selama pengujian.	

Berdasarkan hasil observasi dan dokumentasi pada Tabel 3, setiap tahapan pembelajaran menunjukkan keterlibatan peserta didik dalam menerapkan aspek keterampilan berpikir komputasional. Pada tahap *Ask*, peserta didik menguraikan permasalahan yang perlu diselesaikan melalui dekomposisi. Pada tahap *Imagine*, peserta didik mengidentifikasi informasi dan karakteristik penting untuk menentukan rancangan oven tenaga surya sebagai bentuk abstraksi. Pada tahap *Plan*, peserta didik menyusun urutan langkah pembuatan oven secara sistematis sebagai bentuk algoritma. Selanjutnya, pada tahap *Create* dan *Improve*, peserta didik membuat, menguji, serta mengidentifikasi dan memperbaiki bagian oven yang belum berfungsi optimal sebagai bentuk *debugging*. Pendidik juga menyatakan bahwa kegiatan proyek dapat memunculkan proses keterampilan berpikir komputasional dan meningkatkan antusiasme peserta didik. Hal ini mendukung temuan bahwa desain pembelajaran STEM oven tenaga surya mampu memfasilitasi penerapan keterampilan berpikir komputasional. Zhang *et al.* (2024) menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek secara nyata meningkatkan kemampuan peserta didik dalam inovasi, kolaborasi, analisis kritis, penalaran algoritmik, dan pemecahan masalah. Hasil penelitian Prajuabwan & Worapun (2023) juga menunjukkan bahwa kegiatan berbasis STEM memberikan dampak positif terhadap prestasi belajar dan keterampilan berpikir komputasional peserta didik kelas 5. STEM memiliki dampak positif terhadap peningkatan pemikiran komputasional dan keterampilan abad ke-21 (Richardo *et al.*, 2023).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain pembelajaran STEM berbasis proyek oven tenaga surya yang dikembangkan memfasilitasi peserta didik sekolah dasar dalam menerapkan empat aspek keterampilan berpikir komputasional, yaitu dekomposisi, abstraksi, algoritma, dan *debugging*. Berdasarkan uji coba terbatas di SDN 1 Gunungpereng, peserta didik terlibat aktif dalam kegiatan yang mencerminkan keempat aspek tersebut melalui tahapan *Engineering Design Process* (*Ask, Imagine, Plan, Create, dan Improve*). Penelitian ini terbatas pada uji coba di satu sekolah dan pengamatan terhadap kemunculan empat aspek keterampilan berpikir komputasional, sehingga belum dapat menunjukkan peningkatan kemampuan secara kuantitatif. Selain itu, penelitian ini belum mengkaji aspek iterasi dan generalisasi dalam keterampilan berpikir komputasional. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan kajian dengan mengukur aspek iterasi dan generalisasi serta menguji desain pembelajaran pada lebih dari satu sekolah menggunakan pengukuran sebelum dan sesudah pembelajaran untuk mengetahui perkembangan keterampilan berpikir komputasional secara kuantitatif. Adapun desain dan prinsip pembelajaran yang dihasilkan dapat menjadi acuan awal bagi pendidik dalam merancang pembelajaran STEM berbasis proyek melalui permasalahan kontekstual.

Kontribusi Penulis

TZ berkontribusi dalam perumusan konsep dan tujuan penelitian, pelaksanaan analisis dan eksplorasi kebutuhan pembelajaran, penyusunan rancangan penelitian *Educational Design Research* (EDR), pengembangan desain pembelajaran STEM berbasis proyek oven tenaga surya beserta instrumen penelitian, pelaksanaan uji coba dan pengumpulan data, serta penulisan draf awal naskah. DAML berkontribusi dalam penguatan landasan teori mengenai pembelajaran STEM, *Engineering Design Process*, dan keterampilan berpikir komputasional, penelaahan desain penelitian dan prinsip-prinsip desain pembelajaran, serta pendalaman pembahasan mengenai integrasi aspek dekomposisi, abstraksi, algoritma, dan *debugging* dalam pembelajaran. EHM berkontribusi dalam penelaahan proses evaluasi dan refleksi, peninjauan prosedur analisis data kuantitatif dan kualitatif, pemeriksaan interpretasi hasil validasi dan uji coba terbatas, peninjauan kesesuaian temuan

dengan tujuan penelitian, serta penyuntingan naskah. Seluruh penulis berkontribusi dalam diskusi dan interpretasi hasil penelitian, penyempurnaan argumentasi mengenai pengembangan pembelajaran STEM berbasis proyek oven tenaga surya untuk memfasilitasi keterampilan berpikir komputasional peserta didik sekolah dasar, serta peninjauan naskah. Seluruh penulis telah membaca dan menyetujui versi akhir naskah ini.

REFERENSI

- Acevedo-Borrega, J., Valverde-Berrocso, J., & Garrido-Arroyo, M. D. C. (2022). Computational Thinking and Educational Technology: A Scoping Review of the Literature. *Education Sciences*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/educsci12010039>
- Afrijhon, N. S., Sutrisno, & Maison. (2022). Pengembangan LKPD Berbasis Model PJBLS-STEM Terintegrasi Karakteristik Entrepreneur Berorientasi Terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif Peserta Didik. *Edufisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7, 1–8.
- Almujaddid, S. A., Yuliaty, L., & Wisodo, H. (2025). Experiential Learning with STEM-Computational Thinking (STEM-CT) Approach to Develop Students' Problem Solving Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(1), 1026–1032. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i1.9639>
- Andrian, R., & Hikmawan, R. (2021). The Importance of Computational Thinking to Train Structured Thinking in Problem Solving. *Jurnal Online Informatika*, 6(1), 113–117. <https://doi.org/10.15575/join.v6i1.677>
- Babazadeh, M., & Negrini, L. (2022). How is computational thinking assessed in European K-12 education? A systematic review. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 5(4), 3–19. <https://doi.org/10.21585/ijcses.v5i4.138>
- Cunningham, C. M. (2018). *Engineering in Elementary STEM Education: Curriculum Design, Instruction, Learning, and Assessment*. New York: Teacher College Press. Retrieved from https://books.google.co.id/books?id=usVQDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=id&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Dasgupta, A., Rynearson, A. M., Purzer, S., Ehsan, H., & Cardella, M. E. (2017). Computational Thinking in K-2 Classrooms: Evidence from Student Artifacts (Fundamental) Computational Thinking in Kindergarten: Evidence from Student

- Artifacts (Fundamental). *American Society of Engineering Education*.
- Estapa, A. T., & Tank, K. M. (2017). Supporting integrated STEM in the elementary classroom: a professional development approach centered on an engineering design challenge. *International Journal of STEM Education*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0058-3>
- Haseski, H. I., Ilic, U., & Tugtekin, U. (2018). Defining a New 21st Century Skill- Computational Thinking: Concepts and Trends. *International Education Studies*, 11(4), 29. <https://doi.org/10.5539/ies.v11n4p29>
- Inasari, L., Lidinillah, D. A. M., & Prehanto, A. (2023). Pengembangan instrumen tes computational thinking Siswa Sekolah Dasar melalui analisis RASCH model. *COLLASE (Creative of Learning Students Elementary Education)*, 6(1), 102–110. <https://doi.org/10.22460/collase.v1i1.16188>
- Jong, M. S. Y., Geng, J., Chai, C. S., & Lin, P. Y. (2020). Development and predictive validity of the computational thinking disposition questionnaire. *Sustainability (Switzerland)*, 12(11), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su12114459>
- Kelana, J. B., Widodo, A., & Suwarma, I. R. (2024). *STEM Learning: How Can Environmental Issues Stimulate Elementary School Students' Problem-Solving Abilities?* (Issue Ictlt 2023). Atlantis Press SARL. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-206-4_27
- Kristiandari, C. S. D., Akbar, M. A., & Limiansih, K. (2023). Integrasi Computational Thinking dan STEM dalam Pembelajaran IPA pada Siswa Kelas V-B SD Kanisius Kadirojo. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 3(2), 4794–4806.
- Li, Y., Schoenfeld, A. H., diSessa, A. A., Graesser, A. C., Benson, L. C., English, L. D., & Duschl, R. A. (2020). Computational Thinking Is More about Thinking than Computing. *Journal for STEM Education Research*, 3(1), 1–18. <https://doi.org/10.1007/s41979-020-00030-2>
- Li, Z., & Oon, P. T. (2024). The transfer effect of computational thinking (CT)-STEM: a systematic literature review and meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00498-z>
- Lidinillah, D. A. M., Mulyana, E. H., Karlimah, K., & Hamdu, G. (2019). Integration of STEM learning into the elementary curriculum in Indonesia: An analysis and

- exploration. *Journal of Physics: Conference Series*, 1318(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1318/1/012053>
- Liu, Z., Gearty, Z., Richard, E., Orrill, C. H., Kayumova, S., & Balasubramanian, R. (2024). Bringing computational thinking into classrooms: a systematic review on supporting teachers in integrating computational thinking into K-12 classrooms. *International Journal of STEM Education*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00510-6>
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2018). Conducting Educational Design Research. In *Conducting Educational Design Research* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315105642>
- OECD. (2023). PISA 2022 Results Factsheets Indonesia. *OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development) Publication*, 1–9. Retrieved from https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/indonesia_c2e1ae0e-en.html
- Peng, H. H., Murti, A. T., Silitonga, L. M., & Wu, T. T. (2023). Effects of the Fundamental Concepts of Computational Thinking on Students' Anxiety and Motivation toward K-12 English Writing. *Sustainability (Switzerland)*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/su15075855>
- Prajuabwan, P., & Worapun, W. (2023). The Use of STEM-Based Learning Activities to Promote Computational Thinking of Grade 5 Students. *Journal of Education and Learning*, 12(4), 118. <https://doi.org/10.5539/jel.v12n4p118>
- Putri, I. A., Widiyanto, R., & Mahmud, M. (2021). Efektivitas Model Pembelajaran SETS Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis pada Siswa Berkemampuan Rendah (Single Subject Research). *Elementar: Jurnal Pendidikan Dasar*, 1(2), 2021, 141-160.
- Qodriyatun, S. N. (2024). Pekerjaan Rumah Masalah Lingkungan Hidup Bagi Presiden Terpilih. *Pusaka*, 16(2), 16–20.
- Rahman, A. A. (2022). Integrasi Computational Thinking dalam Model EDP-STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP. *Jurnal Didaktika Pendidikan Dasar*, 6(2), 575–590. <https://doi.org/10.26811/didaktika.v6i2.409>
- Richardo, R., Dwiningrum, S. I. A., Wijaya, A., Retnawati, H., Wahyudi, A., Sholihah, D.

- A., & Hidayah, K. N. (2023). The impact of STEM attitudes and computational thinking on 21st-century via structural equation modelling. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 12, 571–578. Retrieved from <https://doi.org/10.11591/ijere.v12i2.24232>
- Roberts, A., & Cantu, D. (2012). Applying STEM Instructional Strategies to Design and Technology Curriculum. *PATT 26 Conference; Technology Education in the 21st Century; Stockholm; Sweden; 26-30 June; 2012*, 073, 111–118.
- Sartina, D., Maylani, S., & Limiansih, K. (2023). Integrasi Computational Thinking Dalam Pembelajaran Proyek Topik Energi Alternatif Kelas Iii Sekolah Dasar. *Prima Magistra: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 4(3), 294–304. <https://doi.org/10.37478/jpm.v4i3.2773>
- Seneviratne, S. I., Donat, M. G., Pitman, A. J., Knutti, R., & Wilby, R. L. (2016). Allowable CO2 emissions based on regional and impact-related climate targets. *Nature*, 529(7587), 477–483. <https://doi.org/10.1038/nature16542>
- Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142–158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Pendidikan* (ke-3; A. Nuryanto, ed.). Bandung: Alfabeta.
- Voogt, J., Fisser, P., Good, J., Mishra, P., & Yadav, A. (2015). Computational thinking in compulsory education: Towards an agenda for research and practice. *Education and Information Technologies*, 20(4), 715–728. <https://doi.org/10.1007/s10639-015-9412-6>
- Yadav, A., Hong, H., & Stephenson, C. (2016). Computational Thinking for All: Pedagogical Approaches to Embedding 21st Century Problem Solving in K-12 Classrooms. *TechTrends*, 60(6), 565–568. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0087-7>
- Yin, Y., Hadad, R., Tang, X., & Lin, Q. (2020). Improving and Assessing Computational Thinking in Maker Activities: the Integration with Physics and Engineering Learning. *Journal of Science Education and Technology*, 29(2), 189–214. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09794-8>
- Yoro, K. O., & Daramola, M. O. (2020). CO2 emission sources, greenhouse gases, and the global warming effect. In *Advances in Carbon Capture: Methods, Technologies and*

Applications. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819657-1.00001-3>

- Zhan, Z., Shen, W., Xu, Z., Niu, S., & You, G. (2022). A bibliometric analysis of the global landscape on STEM education (2004-2021): towards global distribution, subject integration, and research trends. *Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 16(2), 171–203. <https://doi.org/10.1108/apjie-08-2022-0090>
- Zhang, W., Guan, Y., & Hu, Z. (2024). The efficacy of project-based learning in enhancing computational thinking among students: A meta-analysis of 31 experiments and quasi-experiments. In *Education and Information Technologies* (Vol. 29). Springer US. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12392-2>
- Zhu, M., & Zhang, K. (2023). Promote collaborations in online problem-based learning in a user experience design course: Educational design research. *Education and Information Technologies*, 28(6), 7631–7649. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11495-6>