

DESAIN PEMBELAJARAN STEM PROYEK *SIMPLE VACUUM CLEANER* UNTUK MENGEMBANGKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KOMPUTASIONAL SISWA SEKOLAH DASAR

STEM Learning Design a Simple vacuum cleaner Project to Develop Elementary School Students Computational Thinking

Reva Indrianingsih¹, Dindin Abdul Muiz Lidinillah^{1*}, Srie Mulyati¹

¹ Universitas Pendidikan Indonesia

*dindin_a_muiz@upi.edu

Diterima: 13 Agustus 2025; Direvisi: 03 November 2025; Dipublikasi: 05 November 2025



ABSTRACT

This research aims to develop elementary school students' computational thinking skills through a simple vacuum cleaner STEM project-based learning. The method used in this study is Educational Design Research (EDR), which consists of the stages of analysis and exploration, design and construction, as well as evaluation and reflection. The analysis and exploration phase is carried out through a literature review and field study to identify needs, challenges, and the potential for integrating STEM into learning. The design and construction phase results in a learning plan with a project using the EDP (Engineering Design Process) syntax, namely ask, imagine, plan, create, and improve. The evaluation and reflection phase contains limited trials. The resulting learning design consists of a design analysis, expected learning outcomes and learning goals, a STEM learning design framework to develop computational thinking skills, and a Hypothetical Learning Trajectory (HLT). The results of this study indicate that STEM learning can develop students' computational thinking skills

Keywords: *Computational Thinking, EDP, Elementary School, STEM Learning.*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk untuk mengembangkan kemampuan berpikir komputasional siswa sekolah dasar melalui pembelajaran STEM *proyek simple vacuum cleaner*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Educational Design Research* (EDR) yang terdiri dari tahap analisis dan eksplorasi, desain dan konstruksi, serta evaluasi dan refleksi. Tahap analisis dan eksplorasi dilakukan melalui kajian literatur dan studi lapangan untuk mengidentifikasi kebutuhan, tantangan dan potensi integrasi STEM dalam pembelajaran. Tahap desain dan konstruksi menghasilkan rancangan berbasis

proyek dengan menggunakan sintaks EDP yaitu *ask, imagine, plan, create*, dan *improve*. Tahap evaluasi dan refleksi berisi uji coba terbatas. Desain pembelajaran terdiri dari desain pembelajaran, analisis hasil pembelajaran yang diharapkan dan tujuan pembelajaran, kerangka desain pembelajaran STEM untuk mengembangkan kemampuan berpikir komputasional, dan *Hypothetical Learning Trajectory* (HLT). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dalam pembelajaran STEM dapat mengembangkan kemampuan berpikir komputasional siswa.

Kata Kunci: Berpikir Komputasional, EDP, Pembelajaran STEM, Sekolah Dasar

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang pesat di era Revolusi Industri 4.0 telah mengubah hampir seluruh aspek kehidupan manusia, termasuk dunia pendidikan. Dalam hal ini siswa tidak hanya dituntut untuk menguasai literasi dasar (membaca, menulis, berhitung), tetapi juga menuntut siswa agar memiliki keterampilan abad ke-21 yang mencakup berpikir kritis, kolaborasi, kreativitas dan komunikasi termasuk kemampuan tingkat tinggi seperti berpikir komputasional (Wijaya et al., 2016; P et al., 2024).

Berpikir komputasional merupakan keterampilan mendasar dalam memecahkan masalah dengan memanfaatkan prinsip ilmu komputer (Wing, 2006). Istilah *computational thinking* diperkenalkan oleh Wing sebagai kemampuan yang meliputi pemecahan masalah, perancangan sistem, dan pemahaman perilaku manusia dengan menggambarkan konsep dasarnya berdasarkan ilmu komputer (Wing, 2020). Gagasan ini tidak hanya dikaitkan saja dengan komputer, tetapi berdekatan dengan cara manusia untuk bisa memecahkan suatu permasalahan tanpa menggunakan komputer (Wing, 2006). Keterampilan berpikir komputasional ini menjadi semakin penting karena mendukung siswa dalam memahami masalah kompleks di kehidupan nyata serta memanfaatkan teknologi secara efektif (Bocconi et al., 2016). Sejalan dengan hal tersebut, Shute et al., (2017) mengungkapkan bahwa berpikir komputasional diartikan sebagai serangkaian sebuah proses pengetahuan yang melibatkan suatu pemecahan masalah yang cukup kompleks dengan membagi masalah tersebut menjadi bagian-bagian dengan mengidentifikasi suatu permasalahan dan pengembangan suatu algoritma untuk mendapatkan solusi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kemampuan berpikir komputasional merupakan salah satu keterampilan abad 21 dengan proses pendekatan sistematis untuk memecahkan masalah kompleks dengan memanfaatkan konsep dasar dari komputasi yang dapat diterapkan dalam berbagai bidang keilmuan.

Dalam artikelnya, Shute et al., (2017) merangkum aspek utama berpikir komputasional yang terdiri dari *decomposition, abstraction, algoritma, debugging, iterations*, dan *generalitation*. Shute et al., (2017) mendefinisikan abstraksi menjadi tiga sub kategori diantaranya: a) pengumpulan analisis data dari sumber yang paling relevan dan penting dari berbagai sumber; b) pengenalan pola dengan mengidentifikasi aturan yang mendasari struktur data; serta c) pemodelan dengan membangun untuk menggambarkan bagaimana suatu sistem beroperasi dan bagaimana pemodelan berfungsi. Dekomposisi diartikan dengan membagi masalah yang kompleks menjadi bagian-bagian yang dapat dikelola. Algoritma Shute et al., (2017) mendefinisikan sebagai merancang ilustrasi logis dan teratur untuk memberikan solusi terhadap suatu masalah. Debugging didefinisikan sebagai mendeteksi dan mengidentifikasi

kesalahan, lalu memperbaiki kesalahan tersebut, ketika solusi tidak berjalan sebagaimana mestinya. Mengulangi proses desain untuk menyempurnakan solusi hingga hasil ideal tercapai merupakan bagian dari *iterations*. *Generalization* didefinisikan sebagai mentransfer keterampilan berpikir komputasional ke berbagai situasi untuk memecahkan masalah secara efektif dan efisien. Aspek utama berpikir komputasional tersebut dapat dijadikan sebagai acuan atau panduan untuk menerapkan prinsip dasar dalam pemecahan masalah.

Temuan lainnya berdasarkan keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum dan Assesmen Kemendikbud tahun 2024 nomor 032/H/KR/2024 terdapat kebijakan baru yaitu adanya pembelajaran Informatika yang berisikan pembelajaran berpikir komputasional dan literasi digital. Namun, di jenjang sekolah dasar capaian pembelajaran informatika ini tidak diterapkan. Pembelajaran berpikir komputasional dan literasi digital dapat diintegrasikan dengan mata pelajaran lainnya terutama dalam pendidikan pancasila, bahasa, mematanikan, dan sains. Pembelajaran berpikir komputasional ini penting diajarkan sebagai fondasi untuk tercapainya *computationally literate creators* dan *wise and wellbeing digital citizenship* (Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan, 2024).

Berdasarkan temuan tersebut, salah satu hal yang dapat dilakukan untuk mengembangkan kemampuan berpikir komputasional adalah melalui pembelajaran STEM. Istilah STEM ini pertama kali dikenalkan oleh *National Science Foundation* di Amerika Serikat pada tahun 1990-an yang berasal dari kata SMET (*Science, Mathematic, Engineering, and Technology*). Namun, istilah ini diubah menjadi STEM karena SMET menimbulkan kontroversi karena kemiripannya dengan “smut”. (Chesky & Wolfmeyer, 2015). Lidinillah et al., (2019) menyatakan bahwa STEM merupakan integrasi dari empat disiplin ilmu yang menghasilkan “meta disiplin”. Pendekatan STEM ini menekankan keterpaduan keempat bidang ilmu untuk menciptakan pembelajaran yang kontekstual, bermakna, dan berorientasi pada pemecahan masalah dalam situasi nyata (Suwardi, 2021).

Dalam implementasinya, Roberts (n.d.) mengemukakan bahwa ada tiga pendekatan dalam pembelajaran STEM, diantaranya pendekatan silo, pendekatan tertanam, dan pendekatan terpadu. Pendekatan silo dalam pembelajaran STEM ini mengacu pada pendekatan yang terpisah dengan mata pelajaran sains, teknologi, teknik, dan matematika. Pendekatan tertanam dalam pembelajaran sains ditandai dengan penekanan situasi dunia nyata dan teknik pemecahan masalah dalam konteks sosial, budaya, dan fungsional. Pendekatan terpadu dalam pembelajaran STEM melibatkan penggabungan disiplin ilmu sains, teknologi, teknik, dan matematika. Ketiga pendekatan ini dapat dipertimbangkan untuk diterapkan dalam kurikulum sekolah dasar di Indonesia (Lidinillah et al., 2019).

Pelaksanaan pembelajaran dengan menggunakan pendekatan STEM di sekolah dasar, Cunningham (2018) mengemukakan bahwa terdapat lima siklus atau tahapan yang perlu dihadapi siswa dalam menerapkan pembelajaran STEM diantaranya adalah *ask* (mendefinisikan masalah dan mengidentifikasi kendala), *imagine* (menghasilkan ide melalui diskusi dan memilih pilihan yang terbaik), *plan* (mengumpulkan bahan-bahan yang diperlukan), *create* (membuat sesuai rencana), dan *improve* (memperbaiki jika ada kekurangan). Kelima proses yang cukup sederhana ini dapat diajarkan kepada siswa di tingkat sekolah dasar sehingga siswa terlibat aktif dalam proses rekayasa (Lee et al., 2014).

Pendidikan STEM ini diyakini mampu mengembangkan kemampuan berpikir komputasional siswa. Hal ini sesuai dengan studi meta-analisis yang dilakukan oleh Cheng et al. (dalam Sari et al., 2025) yang menunjukkan bahwa dengan mengintegrasikan kemampuan berpikir komputasional pada pembelajaran STEM akan memberikan dampak positif terhadap pembelajaran. Penelitian lainnya juga mengungkapkan bahwa dengan melakukan pendekatan STEM, motivasi belajar, kemampuan berpikir kritis dan keterampilan siswa dalam menyelesaikan masalah yang lebih kompleks menjadi meningkat (Suwardi, 2021; Rarastika et al., 2025; Mulyani, 2019). Weintrop et al., (2015) menjelaskan bahwa berpikir komputasional dapat menjadi kerangka kerja yang sistematis dalam memahami fenomena STEM. Dengan adanya pembelajaran STEM ini, siswa belajar memecahkan masalah kompleks menjadi bagian-bagian kecil, mengenali pola, menyusun algoritma, serta mengevaluasi solusi yang dibuat (Sengupta et al., 2013).

Di Indonesia, pemerintah telah berupaya mengimplementasikan pendekatan STEM melalui kurikulum merdeka yang mendorong pembelajaran berbasis proyek. Irmayani et al (2023) mengemukakan bahwa pendidikan STEM cocok untuk diterapkan di sekolah dasar Indonesia, khususnya dalam konteks kurikulum merdeka. Namun, dalam pelaksanaannya, sekolah masih menghadapi banyak kendala diantaranya adalah kurangnya pemahaman pendidik dalam merancang pembelajaran dengan mengintegrasikan keempat aspek STEM secara utuh serta keterbatasan sarana dan prasarana di sekolah (Lidinillah et al., 2019). Temuan lainnya dari Kristiandari et al., (2023) menyatakan bahwa masih minimnya integrasi *computational thinking* dan STEM dalam kegiatan pembelajaran di sekolah dasar. Dengan mengintegrasikan *computational thinking* dan STEM mampu meningkatkan keaktifan siswa dalam berpikir komputasional berbasis pendekatan STEM (Kristiandari et al., 2023). Hasil studi pendahuluan mengungkapkan bahwa para pendidik masih menemui berbagai kendala dalam menerapkan pembelajaran berpikir komputasional karena keterbatasan pemahaman konsep dan pengalaman praktis. Akibatnya, integrasi berpikir komputasional dalam proses pembelajaran belum pernah dilakukan di kelas. Selain itu, guru juga menghadapi kesulitan dalam merancang pembelajaran STEM karena harus menggabungkan berbagai disiplin ilmu sehingga belum pernah diterapkan dalam kegiatan belajar mengajar.

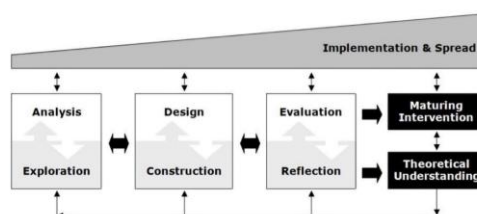
Berdasarkan kajian tersebut, peneliti akan mengembangkan sebuah desain pembelajaran berupa rencana pelaksanaan pembelajaran dengan pendekatan STEM untuk mengembangkan kemampuan berpikir komputasional siswa sekolah dasar melalui pembelajaran berbasis proyek membuat *simple vacuum cleaner* dari barang bekas. Proyek ini dipilih dengan mempertimbangkan aspek keberlanjutan dan kepedulian terhadap lingkungan karena memanfaatkan barang bekas sebagai bahan utama. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan bagi guru dalam menerapkan pembelajaran dengan pendekatan STEM untuk mengembangkan kemampuan berpikir komputasional siswa khususnya di sekolah dasar.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk jenis penelitian pengembangan dengan menggunakan pendekatan Educational Design Research (EDR). Pendekatan EDR didefinisikan sebagai penelitian yang dilakukan secara berulang (iteratif) yang bertujuan untuk mengembangkan solusi terhadap

permasalahan nyata yang terjadi di lapangan, sekaligus mengumpulkan data secara sistematis guna memperkuat teori maupun menghasilkan pengetahuan ilmiah yang baru (McKenney, 2018). Lidinillah (2012) juga mengemukakan bahwa hasil dari penelitian EDR seringkali berkontribusi pada pengembangan teori pembelajaran yang lebih baik.

Pendekatan EDR ini mencakup tiga tahapan yaitu analisis dan eksplorasi, desain dan konstruksi, serta evaluasi dan refleksi (McKenney & Reeves, 2018). Berikut adalah gambar model generik untuk penelitian EDR.



Gambar 1. Model Generik untuk penelitian EDR

Berdasarkan gambar 1, model generik EDR memiliki tiga tahapan. Tahap pertama yaitu analisis dan eksplorasi yang di mana peneliti menganalisis dan mengeksplorasi terhadap permasalahan yang ada di sekolah. Tahap kedua yaitu desain dan konstruksi, peneliti mengembangkan desain pembelajaran yang sesuai dengan informasi dari permasalahan yang diperoleh pada tahap sebelumnya. Tahap terakhir yaitu evaluasi dan refleksi melalui uji coba produk yang telah dikembangkan..

Analisis data kualitatif menggunakan kerangka kerja Miles dan Huberman untuk mendapatkan pemahaman yang mendalam dan komprehensif tentang fenomena yang menjadi fokus studi. Analisis data dilakukan melalui serangkaian tahapan yang terdiri dari tiga langkah yaitu reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan atau verifikasi. Data dianalisis secara berulang hingga mencapai titik jenuh untuk memperoleh pemahaman yang mendalam terkait fenomena yang diteliti sehingga dapat memberikan pemahaman yang mendalam dan komprehensif tentang fenomena yang sedang diselidiki (Miles & Huberman dalam Sugiyono, 2011).

Subjek penelitian ini adalah siswa kelas IV di SDN Cilingga Kota Tasikmalaya sebanyak 26 orang sebagai sasaran penerapan desain pembelajaran STEM proyek *simple vacuum cleaner*. Adapun teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui wawancara, observasi, dan dokumentasi pembelajaran. Wawancara dilakukan dengan guru kelas IV untuk mengidentifikasi masalah penelitian. Observasi yang digunakan bersifat partisipatif, yang di mana peneliti terlibat langsung dalam kegiatan yang diamati (Sugiyono, 2011).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis dan Eksplorasi

Tahap awal dalam pendekatan EDR adalah analisis dan eksplorasi. Tahap ini merupakan satu sub-siklus (empiris) yang mencakup identifikasi dan diagnosis masalah (McKenney & Reeves, 2018). Proses ini diawali dengan mengidentifikasi masalah pembelajaran melalui studi literatur dan pengumpulan data awal di lapangan melalui wawancara dan observasi lapangan di sekolah

dasar. Melalui studi literatur menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran STEM di tingkat sekolah dasar masih terbatas untuk dilakukan (Irmayani et al., 2023; Dulyapit & Winarsih, 2024 ;Yatin & Abidin, 2020). Selanjutnya, pengumpulan data lapangan dilakukan melalui wawancara guru kelas. Hasilnya guru menilai bahwa pembelajaran STEM dan berpikir komputasional penting untuk diajarkan sejak dini. Namun pada kenyataannya, pembelajaran STEM belum pernah dilaksanakan di sekolah tersebut karena keterbatasan waktu dalam menyusun rancangan pembelajaran. Padahal, pembelajaran STEM ini dinilai mampu menumbuhkan keterampilan abad 21 seperti berpikir kritis, komunikasi, kolaborasi, dan keterampilan pemecahan masalah (Rusminati & Juniarso, 2023). Selain itu, guru jarang melakukan variasi ketika pembelajaran dan lebih sering menggunakan metode konvensional sehingga siswa lebih pasif ketika pembelajaran. Temuan lainnya, penyusunan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) pun jarang dilakukan. Hal ini terjadi karena keterbatasan waktu ketika menyusun pembelajaran. Studi dokumentasi juga dilakukan dalam tahapan analisis dan eksplorasi ini. Dalam hal ini ditemukan bahwa penyusunan RPP sesuai dengan ketentuan kriteria modul ajar Kemendikbud tahun 2024. Namun, dalam RPP tersebut kegiatan praktikum atau eksperimen jarang dilakukan sehingga siswa minim pengalaman langsung terutama dalam pemecahan masalah. Kondisi ini berdampak pada terbatasnya kesempatan siswa untuk mengembangkan keterampilan berpikir komputasional.

Berdasarkan temuan tersebut menunjukkan bahwa persiapan yang memadai dan optimal diperlukan sebelum melaksanakan proses pembelajaran di kelas. Salah satu aspek penting dari adanya persiapan adalah merancang rancangan pembelajaran. Kualitas pengajaran guru dengan menggunakan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran sejak awal akan berbeda dengan guru yang tidak membuat Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (Chatib, 2016). Oleh karena itu, guru perlu merancang pembelajaran sebelum memulai proses belajar mengajar di kelas. Selain itu, hasil analisis dan eksplorasi menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM yang mengintegrasikan empat disiplin ilmu dan berorientasi pada pemecahan masalah sangat relevan untuk mengembangkan kemampuan berpikir komputasional siswa. Melalui pembelajaran STEM, siswa didorong untuk menguraikan masalah menjadi bagian-bagian yang lebih sederhana (dekomposisi), menyusun langkah-langkah penyelesaian (algoritma), memilih bagian penting (abstraksi), serta menguji dan memperbaiki solusi (debugging). Dengan menumbuhkan kemampuan tersebut, siswa akan lebih siap menghadapi tantangan abad 21.

Desain dan Konstruksi

Tahap selanjutnya adalah desain dan konstruksi. Pada tahap ini, peneliti melakukan merancang desain pembelajaran STEM yang berfokus pada pengembangan desain pembelajaran STEM. Desain pembelajaran STEM meliputi prinsip desain, menentukan capaian pembelajaran atau hasil pembelajaran yang diharapkan, menetapkan tujuan pembelajaran, menentukan *hypothetical learning trajectory* (HLT), dan merancang prototipe awal dari desain pembelajaran. Prinsip desain, analisis hasil pembelajaran yang diharapkan dan tujuan pembelajaran, serta kerangka desain pembelajaran disajikan secara rinci dalam tabel 1, tabel 2, dan tabel 3.

Tabel.1 Desain Pembelajaran

Prinsip Desain Komponen	Keterangan
Intervensi x	Proyek <i>simple vacuum cleaner</i> dalam pembelajaran STEM untuk mengembangkan kemampuan berpikir komputasional siswa kelas IV sekolah dasar.
Tujuan y	• Siswa dapat memahami perubahan energi melalui proyek <i>simple vacuum cleaner</i>. • Siswa dapat memahami fungsi masing-masing komponen proyek <i>simple vacuum cleaner</i>. • Siswa dapat merancang dan mengembangkan proyek <i>simple vacuum cleaner</i> dan menggunakannya. • Siswa dapat memanfaatkan konsep lingkaran untuk mengembangkan proyek <i>simple vacuum cleaner</i>. • Siswa dapat menentukan bagian penting dari proyek <i>simple vacuum cleaner</i>. • Siswa dapat menguraikan komponen <i>vacuum cleaner</i> menjadi bagian-bagian kecil. • Siswa dapat menyusun langkah-langkah pembuatan <i>simple vacuum cleaner</i> secara sistematis. • Siswa dapat menemukan dan memperbaiki kesalahan ketika membuat <i>simple vacuum cleaner</i>.
Konteks z	Proyek rekayasa <i>simple vacuum cleaner</i> ini merupakan salah satu media pembelajaran STEM untuk siswa kelas IV sebagai bagian dari pendidikan STEM dalam kurikulum merdeka di sekolah dasar.
Karakteristik C1, C2, ... C3 (penekanan substantif)	Pembelajaran STEM dengan proyek <i>simple vacuum cleaner</i> ini menggunakan: • Tahapan EDP yang meliputi: <i>ask, imagine, plan, create</i>, dan <i>implikasi</i>. • Pada tahapan pembelajaran tersebut memuat kemampuan berpikir komputasional yang meliputi: abstraksi, dekomposisi, algoritma, dan debugging. • Bahan dan alat yang mudah ditemukan.
Prosedur P1, P2, (penekanan metodologis)	• Menyiapkan prototipe <i>simple vacuum cleaner</i>. • Uji coba prototipe <i>simple vacuum cleaner</i>. • Menyiapkan panduan membuat <i>simple vacuum cleaner</i>. • Menyiapkan bahan ajar. • Menyiapkan instrumen penilaian. • Mengembangkan rencana pembelajaran. • Melakukan pengujian dan evaluasi.
Argumen T1, T2, T3 (argumen teoretis)	Argumen teoretis merujuk pada hasil studi literatur.

Prinsip Desain Komponen	Keterangan
Argumen E1, E2, E3 (argumen empiris)	Argumen empiris merujuk pada temuan melalui observasi dan wawancara.

Prinsip desain yang tersaji dalam Tabel.1 adalah rancangan awal yang sifatnya tidak permanen dan akan disempurnakan setelah melalui tahap pengujian (Irmayani et al., 2023). Hasil penelitian ini berupa serangkaian prinsip desain sebagai bentuk pengetahuan baru untuk melengkapi produk STEM berupa desain instruksional.

Tabel 2. Analisis Hasil Pembelajaran yang Diharapkan dan Tujuan Pembelajaran

Hasil Pembelajaran yang Diharapkan	Tujuan Pembelajaran
a. Siswa dapat memahami perubahan energi melalui proyek <i>simple vacuum cleaner</i> . (IPA)	a.meningkatkan pemahaman siswa tentang perubahan energi melalui penggunaan <i>simple vacuum cleaner</i> .
b. Siswa dapat memahami fungsi masing-masing komponen proyek <i>simple vacuum cleaner</i> . (Teknologi)	b.memperkenalkan siswa pada konsep teknologi dan fungsi komponen <i>simple vacuum cleaner</i> .
c. Siswa dapat merancang dan mengembangkan proyek <i>simple vacuum cleaner</i> dan menggunakannya. (Teknik)	c.Mengembangkan keterampilan siswa dalam merancang dan menggunakan <i>simple vacuum cleaner</i> .
d. Siswa dapat memanfaatkan konsep lingkaran untuk mengembangkan proyek <i>simple vacuum cleaner</i> . (Matematika)	d.Mengintegrasikan konsep lingkaran ke dalam pengembangan <i>simple vacuum cleaner</i> .
e. Siswa dapat menentukan bagian penting dari proyek <i>simple vacuum cleaner</i> . (abstraksi)	e.Mengembangkan keterampilan siswa dalam menentukan bagian penting dari proyek <i>simple vacuum cleaner</i> .
f. Siswa dapat menguraikan komponen <i>vacuum cleaner</i> menjadi bagian-bagian kecil. (dekomposisi)	f.Mengembangkan keterampilan siswa dalam menguraikan komponen <i>vacuum cleaner</i> menjadi bagian-bagian kecil.
g. Siswa dapat menyusun langkah-langkah pembuatan <i>simple vacuum cleaner</i> secara sistematis. (algoritma)	g.Mengembangkan keterampilan siswa dalam menyusun langkah-langkah pembuatan <i>simple vacuum cleaner</i> secara sistematis.
h. Siswa dapat menemukan dan memperbaiki kesalahan ketika membuat <i>simple vacuum cleaner</i> . (debugging)	h.Mengembangkan keterampilan siswa dalam menemukan dan memperbaiki kesalahan ketika membuat <i>simple vacuum cleaner</i> .

Tabel. 2 memetakan keterkaitan pembelajaran berdasarkan dari Capaian Pembelajaran pada kurikulum merdeka tahun 2024 dengan kemampuan berpikir komputasional melalui pembelajaran berbasis proyek. Pemetaan ini disusun untuk memastikan bahwa setiap tujuan pembelajaran selaras dengan capaian kompetensi yang ingin diraih oleh siswa. Struktur ini

memudahkan guru dalam merancang kegiatan pembelajaran yang fokus dan terarah sekaligus memastikan setiap tujuan dapat diukur pencapaiannya. Sebagai contoh, hasil “Siswa memahami perubahan energi (IPA)” dikaitkan dengan tujuan “Meningkatkan pemahaman siswa tentang perubahan energi melalui *simple vacuum cleaner*”. Hubungan ini memastikan bahwa pembelajaran tidak hanya mengajarkan konsep secara teoretis, tetapi juga memfasilitasi penerapan pembelajaran dalam konteks nyata. Integrasi indikator berpikir komputasional juga tampak jelas, misalnya dekomposisi pada proses menguraikan sistem kerja alat menjadi bagian-bagian kecil yang lebih mudah dianalisis.

Tabel. 3 Kerangka Desain Pembelajaran STEM untuk Mengembangkan Kemampuan Berpikir Komputasional

Tahap 1: Menentukan Pertanyaan Dasar (Ask)
• Guru membagi siswa menjadi 4 kelompok yang terdiri dari 5-7 orang. • Setiap siswa berkumpul dengan kelompoknya masing-masing. • Guru memberikan pertanyaan kepada siswa “<i>Perahkan kalian melihat alat yang bisa membersihkan debu sendiri tanpa disapu?</i>” • Guru menayangkan video singkat penemu <i>vacuum cleaner</i>. https://drive.google.com/file/d/10xXr0RGAX2TCLn9cqDP4ie6v_Usw2cSA/view?usp=drivesdk • Setelah mengamati video, guru bertanya kepada siswa “<i>Menurut kalian, mengapa alat itu bisa menyedot debu? Apa yang membuatnya bisa menyedot sendiri?</i>” (Berpikir kritis) (Sains) • Siswa aktif berdiskusi, mengajukan pertanyaan dan mengidentifikasi masalah. (Berpikir kritis) • Siswa mengisi identitas dan pertanyaan di LKPD. • Guru menegaskan poin penting dengan menjelaskan secara sederhana bahwa alat <i>vacuum cleaner</i> bekerja karena adanya perubahan energi.
Tahap 2: Membayangkan (<i>Imagine</i>)
• Guru membawa media <i>vacuum cleaner</i> dan menyimpannya di depan kelas yang dapat dilihat oleh semua siswa. Media <i>vacuum cleaner</i> terdiri dari 2 desain. Hal yang membedakan antara desain 1 dan 2 adalah penempatan dinamo. Jika desain 1, dinamo diletakan di bagian bawah botol, sedangkan desain 2 dinamo diletakan di tengah botol sehingga memerlukan dudukan dinamo. • Guru memberi panduan teknis dan memberikan sumber informasi terkait pembuatan <i>vacuum cleaner</i> sederhana dari barang bekas melalui media video. https://drive.google.com/file/d/1VKM5ztW3n_rqg14TyubPoBf-xSOJc8wt/view?usp=drivesdk • Siswa menyimak penjelasan guru tentang pembuatan <i>vacuum cleaner</i>. • Siswa dengan bimbingan guru diarahkan untuk memperhatikan uji coba media <i>vacuum cleaner</i> yang dilakukan oleh guru. • Guru menanyakan: “<i>Menurut kalian, kira-kira bagian mana yang paling penting dari alat ini?</i>” (Berpikir kritis) (Abstraksi: mengidentifikasi bagian penting dari <i>vacuum cleaner</i>) • Guru menginstruksikan siswa untuk menggambar desain <i>vacuum cleaner</i> dan menuliskan bagian-bagian dari <i>vacuum cleaner</i> beserta fungsinya ke dalam LKPD.

Tahap 3: Merencanakan (<i>Plan</i>) • Siswa mengamati dan mengenal komponen untuk membuat <i>vacuum cleaner</i> sederhana. (Teknologi: mengeksplorasi komponen/alat sederhana yang digunakan). • Guru memberi penguatan dengan menjelaskan cara kerja <i>vacuum cleaner</i> dan fungsi tiap komponen yang digunakan dalam membuat <i>vacuum cleaner</i> dengan berbantuan media <i>simple vacuum cleaner</i> yang telah dibuat: contohnya “Kabel untuk menyalurkan arus listrik. Dinamo berputar saat diberi energi listrik. Kipas terbalik akan menarik udara sehingga dapat menyedot debu.” (Sains, teknologi, abstraksi). • Guru meminta masing-masing kelompok untuk merancang model <i>vacuum cleaner</i> sederhana membuat sketsa desain, dan membagi tugas tiap anggota kelompok. (engineering: merancang desain) (dekomposisi: menguraikan masalah menjadi bagian-bagian kecil dalam membuat proyek) • Setiap kelompok membagi peran masing-masing, mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dengan menuliskannya dalam LKPD (Kegiatan 4).
Tahap 4: Mencipta (<i>Create</i>) • Setiap kelompok menyiapkan alat dan bahan yang telah disiapkan pada pertemuan lalu. • Sebelum mengerjakan proyek, guru memastikan siswa dengan cara bertanya perihal pengukuran dan membuat lingkaran. (Matematika) • Siswa mengerjakan tugas sesuai dengan tugas yang telah dibagikan. • Guru melakukan monitoring kepada setiap kelompok untuk mengawasi proses, memastikan keamanan, memberikan umpan balik. • Setiap kelompok yang selesai merakit <i>vacuum cleaner</i>, menuliskan langkah-langkah yang telah dilakukan secara berurutan ke dalam LKPD. (algoritma: mengerjakan sesuai urutan kerja)
Tahap 5: Meningkatkan (<i>Improve</i>) • Siswa dapat melakukan uji coba alat. Jika terdapat kesalahan, siswa dapat menelusuri kesalahan kemudian melakukan perbaikan. Setiap kesalahan dan perbaikan dapat dicatat di LKPD yang telah disediakan. (debugging: memperbaiki jika ada yang salah). • Jika sudah berhasil, setiap kelompok melakukan uji coba <i>vacuum cleaner</i> sesuai panduan LKPD dan menuliskan jawabannya di LKPD. • Setiap kelompok menyimpulkan laporan hasil uji coba terhadap <i>vacuum cleaner</i> yang telah dibuat dan dipresentasikan di depan kelas. Selain itu, setiap kelompok dapat menyebutkan tantangan dan solusi yang dilakukan ketika membuat proyek. • Melalui bimbingan guru, setiap kelompok diajak untuk mengapresiasi kelompok lain dengan cara memberikan tepuk tangan.

Kerangka desain pada tabel.3 dapat dijadikan sebagai contoh dalam mengembangkan pembelajaran STEM melalui sintaks yang dikembangkan oleh Cunningham (2018).

Hipotesis Proses Belajar Siswa

Hyphothetical Learning Trajectory (HLT) merupakan panduan yang dirancang untuk membantu guru menyesuaikan mode, strategi, materi, dan penilaian pembelajaran agar selaras dengan tahapan berpikir siswa (Lantakay et al., 2023). HLT ini berisikan dugaan pemikiran

siswa dalam aktivitas pembelajaran yang dirancang oleh guru agar tujuan pembelajaran tercapai.

Adapun hipotesis proses belajar siswa dalam pembelajaran STEM untuk mengembangkan kemampuan berpikir komputasional adalah sebagai berikut.

1. Kegiatan Mengamati Video tentang Penemu *Vacuum Cleaner*

Pada tahap ini, guru menayangkan sebuah video mengenai sejarah penemu *vacuum cleaner*. Melalui tayangan tersebut, siswa memperoleh gambaran singkat tentang sejarah penemuan *vacuum cleaner* pertama oleh Hubert Cecil Booth. Pemutaran video ini diharapkan dapat memotivasi siswa untuk melakukan percobaan membuat *vacuum cleaner*. Setelah kegiatan mengamati video, guru mengarahkan siswa untuk melakukan tanya jawab terkait *vacuum cleaner*. Namun, terdapat kemungkinan siswa mengajukan pertanyaan di luar materi atau bahkan tidak mengajukan pertanyaan sama sekali karena kurang memahami atau merasa kebingungan. Untuk mengatasi hal tersebut, guru secara aktif memancing pertanyaan dari siswa, kemudian memberikan contoh nyata kepada siswa dengan cara menugaskan salah satu siswa untuk menyalakan papan proyektor elektik atau layar proyektormotorized yang terdapat di ruang kelas.

2. Mengamati Cara Membuat *Simple Vacuum Cleaner* dan Memperhatikan Percobaannya

Dalam hal ini, guru menunjukkan *simple vacuum cleaner* di depan kelas, kemudian guru mendemonstrasikan cara membuat *simple vacuum cleaner* di depan kelas dengan berbantuan video. Dengan demonstrasi ini diharapkan siswa dapat meningkatkan rasa keingintahuannya mengenai perubahan energi listrik menjadi energi gerak sehingga siswa dapat mulai membayangkan, berpikir bagaimana caranya agar dapat membuat *simple vacuum cleaner*. Pada tahapan ini, guru menjelaskan secara singkat bagian-bagian dari *simple vacuum cleaner*. Salah satu contohnya ketika membuat kipas guru dapat mengawali penjelasan dengan memperhatikan bangun datar apa yang terdapat di dalam *simple vacuum cleaner* dan memberikan contoh konkrit jenis bangun datar yang terdapat dalam *simple vacuum cleaner*. Hal ini sejalan dengan pendapat Heruman (dalam Unaenah et al., 2020) yang menyatakan bahwa di dalam matematika, setiap konsep yang bersifat abstrak dan baru dipahami oleh siswa memerlukan penguatan agar agar konsep tersebut dapat tertanam dan bertahan lama dalam memori siswa. melalui penjelasan tersebut, siswa diharapkan dapat memahami unsur-unsur lingkaran seperti diameter, jari-jari dan titik pusat. Namun, terdapat kemungkinan sebagian siswa kurang tertarik dengan media yang didemonstrasikan sehingga perhatian mereka terhadap penjelasan guru menjadi berkurang. Untuk mengatasi hal ini, guru dapat melibatkan siswa secara langsung dalam proses demonstrasi, misalnya dengan memintanya maju ke depan agar dapat mengamati media dari jarak dekat.

3. Berdiskusi tentang *Simple Vacuum Cleaner*

Pada tahapan ini, guru menugaskan siswa secara berkelompok dalam mendiskusikan produk pembuatan *simple vacuum cleaner* berdasarkan desain yang telah dibuat dengan menggunakan alat dan bahan yang tersedia, serta mengikuti langkah kerja seperti yang telah didemonstrasikan di awal. Setiap kelompok melakukan pembagian peran agar pelaksanaan berjalan lebih efektif. Pembagian tugas ini penting untuk melatih keterampilan kolaborasi dan tanggung jawab individu dalam kerja tim. Meskipun sebagian besar kelompok dapat

berdiskusi dengan lancar, terdapat kemungkinan beberapa kelompok kurang optimal karena seluruh anggotanya masih mengalami kebingungan. Dalam situasi tersebut, guru dapat memberikan bimbingan langsung dengan menghampiri kelompok terkait dan memberikan contoh pembagian tugas yang jelas. Misalnya, menugaskan satu anggota kelompok untuk membuat komponen kipas, sementara anggota lain menyiapkan rangkaian listrik.

4. Membuat *Simple vacuum cleaner*

Pada kegiatan ini siswa bersama anggota kelompoknya ditugaskan agar membuat *simple vacuum cleaner* sesuai alat dan bahan yang telah disediakan serta mengikuti langkah-langkah yang terdapat pada Lembar Kerja Siswa. Setiap anggota kelompok bertugas sesuai dengan pembagian tugas yang telah didiskusikan pada kegiatan sebelumnya. Namun, ada kemungkinan anggota kelompok yang sudah diberi tanggungjawab terhadap tugasnya kurang bisa atau tidak bisa menjalankan tugasnya dengan baik. Mengatasi hal tersebut, guru dapat membimbing siswa dengan memberikan contoh cara mengerjakannya. Misalnya ada siswa yang belum bisa membuat lingkaran menggunakan jangka, maka guru dapat mencontohkan cara membuatnya, atau misalnya ada siswa yang belum mengerti cara merangkai listrik, maka guru membimbing siswa tersebut. Pada tahap ini, guru harus selalu memantau setiap perkembangan dari tiap-tiap kelompok. Selain itu, guru juga meminta siswa agar lebih berhati-hati ketika melakukan kegiatan terutama ketika melubangi botol menggunakan solder. Guru harus siap sedia untuk melakukan pertolongan kepada setiap siswa jika terdapat hal yang tidak diinginkan.

5. Melakukan Percobaan *Simple Vacuum Cleaner*

Pada tahap percobaan kemungkinan siswa tidak akan mengalami kesulitan-kesulitan jika *simple vacuum cleaner* yang dibuat berjalan dengan benar. Hal ini dikarenakan percobaan yang dilakukan dalam *simple vacuum cleaner* sangat sederhana. Siswa diinstruksikan untuk menekan saklar kemudian arahkan *simple vacuum cleaner* pada benda-benda yang akan dihisap/dibersihkan. Pada tahap ini, guru mengingatkan kepada setiap kelompok agar memperhatikan daya hisap yang setiap benda yang dijadikan percobaan apakah benda tersebut mudah dihisap atau sulit dihisap.

6. Memperbaiki Kekurangan pada *Simple Vacuum Cleaner*

Jika terdapat kesalahan, maka siswa diinstruksikan untuk melakukan perbaikan terhadap proyek yang dibuat. Adapun kemungkinan hal yang terjadi adalah kipas tidak bergerak. Siswa dapat mencari tahu penyebabnya jika *simple vacuum cleaner* tidak bergerak. Jika siswa kebingungan, guru dapat memberi arahan kepada siswa untuk memperhatikan sambungan kabel apakah kuat atau tidak dan meminta siswa untuk meninjau kembali pemasangan setiap komponen dalam *simple vacuum cleaner*nya apakah terpasang benar. Selain itu, hal yang dapat terjadi lainnya adalah *vacuum cleaner* tidak dapat menghisap debu meskipun kipas bergerak. Hal ini kemungkinan siswa memasang balik kipas terbalik. Hal lainnya yang dapat memungkinkan adalah bentuk dasar dari kipas tidak simetris dan ujung tidak ditumpulkan. Selain itu, kemungkinan lainnya adalah ketika melengkungkan kipas lengkungannya tidak proporsional. Seharusnya lengkungan kipas seimbang antara bagian atas dan bawah. Jangan sampai semua bagian lengkungan kipas arahnya ke depan semua atau ke belakang semua.

7. Presentasi Hasil Kinerja

Pada kegiatan ini, setiap kelompok baik semuanya atau perwakilan harus mempresentasikan hasil dari proyek yang telah dibuat. Presentasi ini meliputi bagaimana cara kerja dari *vacuum cleaner*, bagaimana hambatan yang dialami kelompok ketika membuat *simple vacuum cleaner* serta membaca dan menjelaskan hasil percobaan dari tabel yang telah disediakan dalam LKS. Namun, tidak semuanya siswa memiliki tingkat kepercayaan diri yang baik. Ketika mendapatkan siswa yang kebingungan ketika menjelaskan, maka guru dapat membantu siswa untuk presentasi dengan cara memberikan pertanyaan yang sesuai dengan tujuan dari pembelajaran. Misalnya ketika siswa sulit atau bingung dalam menjelaskan kendala yang dialami pada saat membuat proyek karena terlalu banyak, maka guru dapat bertanya masalah yang dihadapi dari tiap-tiap bagian dari *simple vacuum cleaner* seperti “apakah teman-teman mengalami kesulitan ketika membelah botol? Jika ya, bagaimana cara yang dilakukan teman-teman kelompok sehingga berhasil membelah botol dengan baik?”. Dengan pertanyaan seperti ini dapat membantu siswa untuk mengungkapkan pemikirannya sehingga kemampuan berpikir kritis dan kemampuan dalam berkomunikasi berkembang.

Evaluasi dan Refleksi

Tahap ketiga adalah evaluasi dan refleksi. Pada tahap ini, dilakukan evaluasi serta refleksi terhadap pengembangan desain pembelajaran melalui pelaksanaan uji coba awal (*pilot test*). Tujuan dari tahapan ini adalah untuk mendapatkan gambaran mengenai proses pembelajaran dengan menggunakan desain pembelajaran yang telah dikembangkan. Uji coba ini dilaksanakan dengan dilengkapi umpan balik dan kuesioner yang diisi oleh guru dan siswa terkait penerapan desain pembelajaran tersebut.

Hasil dari uji coba ini disajikan dalam tabel 4.

Tabel. 4 Proses Pembelajaran STEM dan Kegiatan Berpikir Komputasional Siswa

Proses Pembelajaran STEM	Kegiatan Berpikir Komputasional	Kegiatan Siswa
Asking: Kegiatan mengamati dan tanya jawab mengenai video penemu <i>vacuum cleaner</i> diikuti dengan antusias oleh siswa. Hal ini tercermin siswa aktif untuk menjawab dan mengajukan pertanyaan tentang vacuum cleaner.	Tahap ini belum memunculkan aspek kemampuan berpikir komputasional	

Proses Pembelajaran STEM	Kegiatan Berpikir Komputasional	Kegiatan Siswa
Imagining: Tahap ini, guru mendemonstrasikan cara membuat dan mengoperasikan <i>simple vacuum cleaner</i> yang akan dibuat oleh setiap kelompok.	Abstraksi: Tahap ini guru mengajukan pertanyaan kepada siswa “<i>Kira-kira apa bagian penting dari vacuum cleaner</i>”. (menentukan bagian penting dari proyek). Dari kegiatan ini, siswa dapat mengemukakan aspek penting yang terdapat dalam vacuum cleaner seperti “<i>bagian penting dari vacuum cleaner adalah dinamo karena dinamo dapat menggerakkan kipas</i>” ada juga yang menjawab “<i>bagian penting adalah energi listrik karena dengan adanya energi listrik dinamo akan menyala</i>”	
Planning: Tahap ini, guru meminta siswa berdiskusi untuk merencanakan pembuatan <i>simple vacuum cleaner</i>.	Dekomposisi: Guru meminta siswa untuk menguraikan masalah menjadi bagian-bagian kecil dengan cara membagi tugas tiap anggota kelompok. Pada tahap ini, setiap anggota kelompok saling berdiskusi untuk pembagian tugas. Algoritma: Setiap kelompok membuat urutan langkah kerja dari awal sampai akhir.	

Proses Pembelajaran STEM	Kegiatan Berpikir Komputasional	Kegiatan Siswa
Creating: Pada tahap ini, siswa memulai membuat <i>simple vacuum cleaner</i> sesuai langkah kegiatan yang direncanakan (algoritma). Jika ada bagian detail yang lupa, siswa dapat mengikuti petunjuk yang terdapat dalam LKPD. Contoh alur singkat pengerjaannya: memotong bagian botol, melubangi botol bagian atas dan bawah untuk tempat selang dan dinamo, membuat kipas, memasang kipas pada dinamo, memasang selang dan kain bekas, merakit rangkaian listrik, menyambungkan kembali botol dan melakukan percobaan dengan bimbingan dari guru.	Algoritma: Siswa merangkai proyek sesuai dengan algoritma yang dibuat. Kegiatan ini dapat diamati setiap kelompok terlebih dahulu membelah botol dan melubangi botol sebelum merangkai bagian listrik kemudian menyambungkan kembali botol.	
Improve: Tahap ini siswa melakukan perbaikan ketika <i>vacuum cleaner</i> tidak bekerja dengan baik.	Debugging: Tahap ini siswa menemukan dan memperbaiki kesalahan dalam membuat proyek. Pada kegiatan ini ditemukan bahwa ketika vacuum cleaner tidak menghisap dari bagian depan, maka siswa memperbaikinya dengan membalikan kipas dan cara ini berhasil dilakukan.	

Berdasarkan tabel.4 terlihat bahwa terdapat keterlibatan siswa untuk mengembangkan keterampilan berpikir komputasional melalui pembelajaran STEM. Selain itu, guru juga menyatakan bahwa dalam pembelajaran STEM proyek *simple vacuum cleaner* ini memunculkan aspek berpikir komputasional dan antusiasme siswa. Hasil penelitian yang

dilakukan oleh Prajuabwan & Worapun, (2023) mengindikasikan bahwa kegiatan pembelajaran berbasis STEM memberikan pengaruh positif terhadap pembelajaran serta kemampuan berpikir komputasional siswa kelas 5.

4. SIMPULAN

Secara keseluruhan, desain pembelajaran STEM berbasis proyek *simple vacuum cleaner* ini berpotensi menjadi acuan awal dalam mengintegrasikan berpikir komputasional pada pembelajaran di sekolah dasar. Berdasarkan hasil uji coba terbatas, menunjukkan bahwa pembelajaran STEM proyek *simple vacuum cleaner* ini dapat memfasilitasi siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir komputasional. Desain yang dihasilkan diharapkan dapat membantu guru dalam mengembangkan pembelajaran berbasis proyek yang kontekstual, kolaboratif, dan berorientasi pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. atas limpahan nikmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Proses penelitian yang cukup panjang dan tentunya tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih disampaikan kepada kepala sekolah SDN Cilingga yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian. Ucapan terima kasih kepada wali kelas IV SDN Cilingga atas bantuan dan dukungannya untuk melakukan penelitian. Ucapan terima kasih kepada siswa/siswi kelas IV SDN Cilingga yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini.

6. REKOMENDASI

Perlu dilakukan uji coba secara luas untuk menerapkan pembelajaran STEM dan melibatkan siswa yang beragam untuk mengetahui kemampuan berpikir komputasional siswa di luar sampel awal penelitian.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., & Engelhardt, K. (2016). *Developing Computational Thinking in Compulsory Education* (P. Kampylis & Y. Punie (eds.)). European Commission. <https://doi.org/10.2791/792158>
- Chatib, M. (2016). *Gurunya Manusia (Menjadikan Semua Anak Istimewa dan Semua Anak Juara)*. PT Mizan Pustaka.
- Chesky, N. Z., & Wolfmeyer, M. R. (2015). *Philosophy of STEM Education*. PALGRAVE MACMILLAN. <https://doi.org/10.1057/9781137535467.0001>
- Cunningham, C. M. (2018). *Engineering in Elementary STEM Education*. Teachers College Press.
- Dulyapit, A., & Winarsih. (2024). Implementasi Model Pembelajaran STEM / STEAM dalam Meningkatkan Kompetensi Abad 21 di Madrasah Ibtidaiyah: Studi Pustaka. *Madrosatuna: Jurnal Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah*, 7(2), 86–95. <http://jurnal.iailm.ac.id/index.php/madrosatuna>
- Irmayani, O., Lidilillah, D. A. M., & Putri, A. R. (2023). Developing STEM Learning Design

- with Mini Projector Media in Grade V of Elementary School. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 07(November), 2688–2702. <https://doi.org/https://doi.org/10.31004/cendekia.v7i3.2680>
- Kebudayaan, K. P. dan. (2024). *KEPUTUSAN KEPALA BADAN STANDAR, KURIKULUM, DAN ASESMEN PENDIDIKAN KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI NOMOR 032/H/KR/2024 TENTANG CAPAIAN PEMBELAJARAN PADA PENDIDIKAN ANAK USIA DINI, JENJANG PENDIDIKAN DASAR, DAN JENJANG PENDIDIKAN ME* (Issue 021).
- 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.
- Lantakay, C. N., Senid, P. P., Blegur, I. K. S., & Samo, D. D. (2023). Hypothetical Learning Trajectory: Bagaimana Perannya dalam Pembelajaran Matematika di Sekolah Dasar? *Griya Journal of Mathematics Education and Application*, 3(2), 384–393. <https://mathjournal.unram.ac.id/index.php/Griya/index>
- Lee, C., Difrancesca, D., Lee, C., & McIntyre, E. (2014). Where Is the “E” in STEM for Young Children? Engineering Design Education in an Elementary Teacher Preparation Program. In *Issues in Teacher Education* (Vol. 23, Issue 1). Spring.
- Lidinillah, D. A. M. (2012). *Educational Design Research : a Theoretical Framework for Action. 1*.
- 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: Conf. Series*, 1318, 1–7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1318/1/012053>
- Mckenney, S. (2018). ROLES AND COMPETENCIES OF EDUCATIONAL DESIGN RESEARCHERS: ONE FRAMEWORK AND SEVEN GUIDELINES. *Learning, Design, and Technology, January*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-17727-4>
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2018). Conducting Educational Design Research. In *Conducting Educational Design Research* (2nd ed.). Routledge (Taylor & Francis Group). <https://doi.org/10.4324/9781315105642>
- Mulyani, T. (2019). Pendekatan Pembelajaran STEM untuk menghadapi Revolusi. In *Seminar Nasional Pascasarjana 2019*.
- P, F. L. R., Putri, I. A., Tanjung, M. S., & Siregar, R. (2024). Studi Literatur : Pentingnya Berpikir Komputasional dalam Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa. *Bilangan : Jurnal Ilmiah Matematika, Kebumihan Dan Angkasa*, 2(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.62383/bilangan.v2i2>
- Prajuabwan, P., & Worapun, W. (2023). The Use od STEM-Based Learning Activities to Promote Computational Thinking of Grade 5 Student. *Journal of Education and Learning*, 12(4), 118–127.
- Rarastika, N., Nasution, K., Monalisa Chaira Nainggolan, D. T., Safira, R., Isyrofirrahmah, I., & Mailani, E. (2025). Efektivitas Pendekatan Berbasis STEM (Science , Technology , Engineering , and Mathematics) dalam Pembelajaran Matematika Abad ke-21. *Jurnal Sadewa: Publikasi Ilmu Pendidikan, Pembelajaran Dan Ilmu Sosial*, 3(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.61132/sadewa.v3i1.1464>
- Roberts, A. (n.d.). Applying STEM Instructional Strategies to Design and Technology Curriculum. In *Department of STEM Education and Professional Studies Old Dominion University, Norfolk, VA, U.S.A.*
- Rusminati, S. H., & Juniarso, T. (2023). Studi Literatur : STEM untuk Menumbuhkan

- Keterampilan Abad 21 di Sekolah Dasar. *Journal on Education*, 05(03), 10722–10727. <http://jonedu.org/index.php/joe>
- Sari, U., Ulusoy, A., & Pektaş, H. M. (2025). Computational Thinking in Science Laboratories Based on the Flipped Classroom Model: Computational Thinking , Laboratory Entrepreneurial and Attitude. *Journal of Science Education and Technology*, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10192-y>
- Sengupta, P., Kinnebrew, J. S., Basu, S., Biswas, G., & Clark, D. (2013). Integrating computational thinking with K-12 science education using agent- based computation : A theoretical framework. *Education and Information Technologies*, May 2014. <https://doi.org/10.1007/s10639-012-9240-x>
- 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. (2011). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Suwardi, S. (2021). Stem (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Inovasi Dalam Pembelajaran Vokasi Era Merdeka Belajar Abad 21. *PAEDAGOGY : Jurnal Ilmu Pendidikan Dan Psikologi*, 1(1), 40–48. <https://doi.org/10.51878/paedagogy.v1i1.337>
- Unaenah, E., Hidayah, A., Muzeeb, A., Yolawati, N. N., Maghfiroh, N., Dewanti, R. R., & Safitri, T. (2020). Teori Bruner pada Konsep Bangun Datar Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Sosial*, 2(2), 327–349.
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2015). Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms. *Journal of Science Education and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
- Wijaya, E. Y., Sudjimat, D. A., Nyoto, A., & Malang, U. N. (2016). Transformasi pendidikan abad 21 sebagai tuntutan pengembangan sumber daya manusia di era global. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika ~ Universitas Kanjuruhan Malang*, 1, 263–278.
- Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35.
- Wing, J. M. (2020). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical of the Royal Society*, 3717–3725. <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118>
- Yatin, & Abidin, Z. (2020). Tinjauan Pustaka: Perkembangan Pembelajaran STEM di Indonesia Berdasarkan Variasi Mata Pelajaran, Bahan Ajar, dan Aspek Penilaian Tahun 2019-2022 Yatin1,. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(11), 23–34. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.6830219>