

# Pembelajaran Matematika SD Berbasis Eco-Friendly Unplugged Coding Terintegrasi AI untuk Problem-Solving dan Computational Thinking

<sup>1</sup>Sri Handayani, <sup>2</sup>Fider Lumbanbatu, <sup>3</sup>Nurhalimah

<sup>1\*,2,3</sup>Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia

\*Korespondensi: [srihandayani111218@gmail.com](mailto:srihandayani111218@gmail.com)

Submit : 28 Jun 2026 | Diterima : 23 Jul 2026 | Terbit : 26 Jul 2026

## ABSTRACT

*Mathematics learning in elementary schools still faces challenges in simultaneously developing students' problem-solving and computational thinking skills, especially in schools with limited digital devices. This study aims to analyze the effect of elementary school mathematics learning based on eco-friendly unplugged coding integrated with Artificial Intelligence on students' problem-solving and computational thinking. The study used a quantitative approach with an explanatory survey design. Data were collected through questionnaires from 120 public elementary school students in Lubuk Pakam, then analyzed using Partial Least Squares-Structural Equation Modeling with SmartPLS software. The evaluation model included testing convergent validity, discriminant validity, construct reliability, coefficient of determination, and hypothesis testing through bootstrapping. The results showed that elementary school mathematics learning had a positive and significant effect on computational thinking with a path coefficient of 0.649, a t-statistic of 11.630, and a P value of 0.000. A positive and significant effect was also found on problem-solving, with a path coefficient of 0.623, a t-statistic of 10.527, and a P value of 0.000. These findings indicate that the integration of unplugged coding activities, an environmentally friendly context, and AI support can encourage problem decomposition, pattern recognition, algorithm development, debugging, and systematic mathematical problem solving. The research implications confirm that this model can be an innovative and inclusive learning alternative for elementary schools. Further research is recommended using experimental designs, control groups, larger samples, and testing the contribution of each learning component separately.*

**Keywords:** Artificial Intelligence; Computing; Environmentally Friendly; Mathematics; Coding.

## ABSTRAK

Pembelajaran matematika di sekolah dasar masih menghadapi tantangan dalam mengembangkan kemampuan problem solving dan computational thinking siswa secara bersamaan, terutama pada sekolah dengan keterbatasan perangkat digital. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh pembelajaran matematika SD berbasis eco-friendly unplugged coding terintegrasi Artificial Intelligence terhadap problem solving dan computational thinking siswa. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain survei eksplanatori. Data dikumpulkan melalui kuesioner kepada 120 siswa Sekolah Dasar Negeri di Lubuk Pakam, kemudian dianalisis menggunakan Partial Least Squares-Structural Equation Modeling dengan perangkat lunak SmartPLS. Evaluasi model mencakup pengujian validitas konvergen, validitas diskriminan, reliabilitas konstruk, koefisien determinasi, serta pengujian hipotesis melalui bootstrapping. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran matematika SD berpengaruh positif dan signifikan terhadap computational thinking dengan koefisien jalur sebesar 0,649, nilai t-statistics 11,630, dan P sebesar 0.000. Pengaruh positif dan signifikan juga ditemukan terhadap problem solving dengan koefisien jalur sebesar 0,623, nilai t-statistics 10,527, dan P sebesar 0.000. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi aktivitas unplugged coding, konteks ramah lingkungan, dan dukungan AI mampu mendorong dekomposisi masalah, pengenalan pola, penyusunan algoritma, debugging, serta penyelesaian masalah matematika secara sistematis. Implikasi penelitian menegaskan bahwa model ini dapat menjadi alternatif pembelajaran inovatif dan inklusif bagi sekolah dasar. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain eksperimen, kelompok kontrol, sampel lebih luas, dan menguji kontribusi masing-masing komponen pembelajaran secara terpisah.

**Kata Kunci:** Artificial Intelligence ; Computational; Eco Friendly; Matematika; Coding

## PENDAHULUAN

Perkembangan Artificial Intelligence (AI) dan transformasi digital dalam lima tahun terakhir telah mendorong perubahan paradigma pembelajaran matematika, khususnya pada jenjang sekolah dasar (Prasetio A, dkk, 2025). Berbagai kajian internasional menegaskan bahwa pembelajaran matematika tidak lagi cukup berorientasi pada penguasaan prosedural, tetapi harus menekankan pengembangan problem solving dan computational thinking sebagai kompetensi kunci abad ke-21 (Cunha AS. Pathlt, 2023), (Cen Z, 2025), (Pimdee P, 2024), (Yildizli H, 2025). Kompetensi tersebut berperan penting dalam membentuk kemampuan berpikir logis, algoritmik, dan reflektif sejak usia dini.

Data nasional menunjukkan bahwa lingkungan digital masyarakat Indonesia terus menguat. Persentase penduduk usia 5 tahun ke atas yang mengakses internet meningkat dari 53,73% pada tahun 2020 menjadi 72,78% pada tahun 2024. Peningkatan ini mencerminkan semakin dekatnya anak usia sekolah dasar dengan ekosistem digital. Namun, peningkatan akses teknologi belum secara otomatis berbanding lurus dengan kualitas pembelajaran matematika di sekolah dasar. Studi menunjukkan bahwa integrasi teknologi tanpa pendekatan pedagogis yang tepat tidak selalu meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa (Zerega R, 2025), (Chakkaravarthy PA, 2025).

Sekolah Dasar Negeri yang berada di Kota Lubuk Pakam, pembelajaran matematika masih didominasi pendekatan konvensional dan berorientasi pada penyelesaian soal rutin. Kondisi ini berdampak pada rendahnya kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah non-rutin dan mengembangkan strategi penyelesaian secara sistematis. Di sisi lain, penerapan pembelajaran berbasis komputasi di SD masih menghadapi keterbatasan infrastruktur teknologi, kesiapan guru, serta isu keberlanjutan lingkungan akibat ketergantungan pada perangkat digital (Handayani S, Putra RR, 2023), (Omeh CB, 2023).

Pendekatan Unplugged coding dipandang sebagai alternatif pedagogis yang relevan karena mampu mengembangkan computational thinking tanpa ketergantungan pada perangkat teknologi, sehingga lebih inklusif dan ramah lingkungan (Silva JC e, 2025), (Junruang C, 2025). Namun, kajian empiris yang mengintegrasikan eco-friendly Unplugged coding dengan dukungan Artificial Intelligence dalam pembelajaran matematika SD masih sangat terbatas, terutama pada konteks lokal Indonesia (Lin Y, 2025), (Prasetio A, dkk, 2025).

Penelitian ini semakin menguat ketika dikaitkan dengan kerangka Asta Cita, yang menekankan penguatan kualitas sumber daya manusia melalui transformasi pendidikan berbasis sains, teknologi, dan keberlanjutan. Oleh karena itu, pengembangan model pembelajaran matematika Sekolah Dasar berbasis eco-friendly Unplugged coding terintegrasi AI menjadi penting untuk menyediakan dasar konseptual dan empiris awal bagi inovasi pembelajaran matematika yang relevan, berkelanjutan, dan kontekstual di Sekolah Dasar Negeri Kota Lubuk Pakam.

Penelitian terdahulu menunjukkan meningkatnya perhatian terhadap pengembangan computational thinking (CT) dan problem solving pada jenjang sekolah dasar melalui berbagai pendekatan pembelajaran. Sejumlah studi mengapresiasi bahwa CT dapat dikembangkan secara efektif sejak usia dini melalui aktivitas yang terstruktur dan kontekstual (Hamal S, 2021), (Wang C, 2025). Penelitian ini menegaskan bahwa CT tidak harus diajarkan sebagai mata pelajaran terpisah, tetapi dapat diintegrasikan dalam pembelajaran matematika.

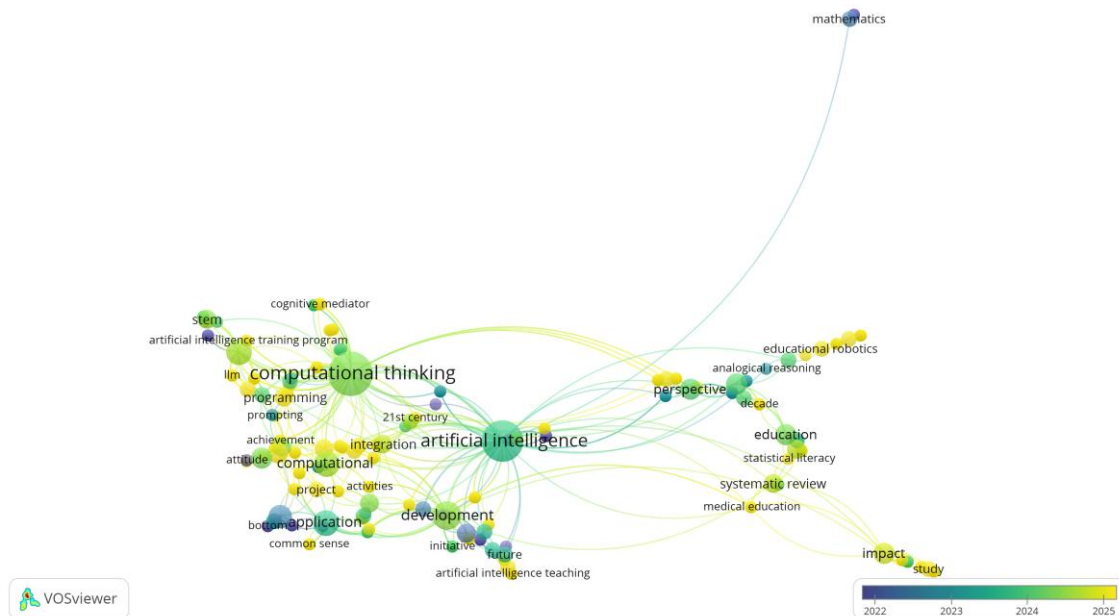
Pendekatan Unplugged coding mendapat perhatian luas karena dinilai inklusif dan sesuai untuk konteks sekolah dasar. Studi empiris menunjukkan bahwa aktivitas Unplugged coding mampu meningkatkan kemampuan CT dan penalaran logis siswa tanpa ketergantungan pada perangkat digital (Gojaria S, 2025). Penelitian lain mengapresiasi pendekatan ini karena lebih ramah lingkungan dan mudah diimplementasikan pada sekolah dengan keterbatasan infrastruktur (Wei B, 2024).

Namun demikian, sebagian besar penelitian Unplugged coding masih berfokus pada pengembangan CT secara umum, belum secara spesifik mengaitkannya dengan peningkatan problem solving matematika (Zakariya YF, 2022). Beberapa studi juga mengkritik bahwa integrasi CT dalam pembelajaran matematika sering kali bersifat parsial dan kurang memperhatikan tujuan konseptual matematika, sehingga aktivitas CT cenderung berdiri sendiri (Mung WL, 2025).

Di sisi lain, penelitian tentang Artificial Intelligence (AI) dalam pendidikan dasar

menunjukkan potensi AI dalam mendukung pembelajaran personalisasi dan pengambilan keputusan pedagogis guru (Chakkaravarthy PA, 2025), (Hsu MSL, 2025). Studi terbaru menekankan bahwa AI seharusnya diposisikan sebagai instructional support bagi guru, bukan sebagai pengganti peran pedagogis (Kavashev Z, 2025). Namun, kajian empiris integrasi AI pada pembelajaran matematika Sekolah Dasar masih terbatas dan umumnya menuntut kesiapan teknologi yang tinggi.

Kritik utama terhadap penelitian terdahulu adalah belum adanya model pembelajaran yang mengintegrasikan unplugged coding, AI, dan pembelajaran matematika SD secara utuh, serta minimnya kajian yang mempertimbangkan aspek keberlanjutan lingkungan (eco-friendly) dan konteks lokal sekolah dasar (Sri Handayani & Gunady, 2021). Selain itu, penelitian terdahulu umumnya menggunakan pendekatan kuantitatif tunggal, sehingga kurang menggali proses pembelajaran secara mendalam.



Gambar 1. Visualisasi VOSviewer State of the Art

Kebaruan usulan terletak pada pengembangan model pembelajaran matematika Sekolah Dasar yang mengikat tiga elemen dalam satu desain: eco-friendly Unplugged coding (media & strategi), AI (dukungan pedagogis), serta dua capaian kognitif (problem solving & CT) yang diuji melalui mixed methods untuk memastikan efektivitas sekaligus keterlaksanaan di kelas.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan dan analisis data kuantitatif. Tahap kuantitatif digunakan untuk mengukur peningkatan kemampuan problem solving dan computational thinking siswa setelah penerapan pembelajaran matematika berbasis eco-friendly Unplugged coding terintegrasi Artificial Intelligence.

Tabel 1. Definisi Operasional Variabel

| Variabel                                                          | Definisi Operasional                                                                                                                              | Indikator                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Pembelajaran <i>Eco-Friendly Unplugged coding</i> Terintegrasi AI | Pembelajaran matematika yang menggunakan aktivitas coding tanpa perangkat digital, dengan dukungan AI untuk perencanaan dan refleksi pembelajaran | Aktivitas algoritmik, media ramah lingkungan, dukungan AI pedagogis              |
| <i>Problem Solving</i>                                            | Kemampuan siswa menyelesaikan masalah matematika non-rutin secara sistematis                                                                      | Memahami masalah, merancang strategi, melaksanakan strategi, mengevaluasi solusi |
| <i>Computational Thinking</i>                                     | Kemampuan berpikir komputasional dalam konteks pemecahan masalah matematika                                                                       | Dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, algoritma                               |

**Teknik Pengambilan Sampel** menggunakan *purposive sampling*, yaitu pemilihan subjek penelitian berdasarkan karakteristik tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian, khususnya siswa SD yang mengikuti pembelajaran matematika di kelas penelitian (Sugiyono, 2022).

**Jumlah Sampel** penelitian kuantitatif sebanyak 120 siswa dari 6 kelas sekolah dasar negeri di Kota Lubuk Pakam. Jumlah ini dinilai memadai untuk penelitian awal pada skema Penelitian Dosen Pemula dan untuk menguji efektivitas pembelajaran secara terbatas (Putra RR, Handayani S, Kurniawan F, Wadisman C, 2023).

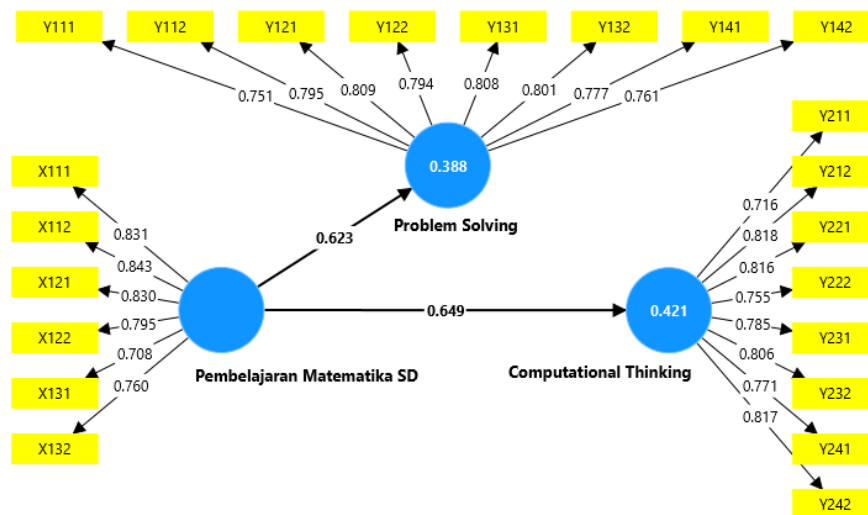
**Teknik Pengumpulan Data**, data kuantitatif dikumpulkan melalui tes kemampuan problem solving dan computational thinking yang dikembangkan sesuai indikator variabel. Data kualitatif dikumpulkan melalui observasi pembelajaran, wawancara semi-terstruktur, dan dokumentasi proses pembelajaran (Sugiyono, 2022).

**Teknik Analisis Data**, analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan pendekatan *mixed methods*. Data kuantitatif dianalisis menggunakan *Structural Equation Modeling–Partial Least Squares* (SEM-PLS) dengan bantuan perangkat lunak SmartPLS untuk menguji hubungan antara penerapan pembelajaran matematika berbasis *eco-friendly unplugged coding* terintegrasi *Artificial Intelligence* dengan peningkatan kemampuan *problem solving* dan *computational thinking* siswa. Analisis meliputi pengujian model pengukuran (validitas dan reliabilitas konstruk) serta model struktural untuk melihat kekuatan dan arah pengaruh antar variabel (Prana Ugiana Gio, dkk, 2022).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Uji Validitas

Validitas konvergen menunjukkan kemampuan indikator-indikator dalam menjelaskan konstruk yang diukur. Pengujian validitas konvergen dilakukan dengan memperhatikan nilai *outer loading* dan Average Variance Extracted atau AVE. Indikator dinyatakan memenuhi validitas konvergen apabila memiliki nilai *outer loading* lebih besar dari 0,70. Nilai *outer loading* antara 0,40 sampai 0,70 masih dapat dipertahankan apabila nilai AVE dan reliabilitas konstruk telah memenuhi kriteria. Sementara itu, suatu konstruk dinyatakan memenuhi validitas konvergen apabila nilai AVE lebih besar dari 0,50.



Gambar 2. Hasil Pengujian Validitas Instrumen  
Sumber: Data penelitian diolah menggunakan SmartPLS, 2026

Tabel 2. Hasil Pengujian Outer Loading  
Pemuatan luar (Outer loadings)

|      |       |
|------|-------|
| X111 | 0.831 |
| X112 | 0.843 |
| X121 | 0.830 |
| X122 | 0.795 |
| X131 | 0.708 |
| X132 | 0.760 |

| Pemuatan luar (Outer loadings) |       |
|--------------------------------|-------|
| Y111                           | 0.751 |
| Y112                           | 0.795 |
| Y121                           | 0.809 |
| Y122                           | 0.794 |
| Y131                           | 0.808 |
| Y132                           | 0.801 |
| Y141                           | 0.777 |
| Y142                           | 0.761 |
| Y211                           | 0.716 |
| Y212                           | 0.818 |
| Y221                           | 0.816 |
| Y222                           | 0.755 |
| Y231                           | 0.785 |
| Y232                           | 0.806 |
| Y241                           | 0.771 |
| Y242                           | 0.817 |

Sumber: Data penelitian diolah menggunakan SmartPLS, 2026

Berdasarkan Tabel 2, seluruh indikator pada konstruk pembelajaran matematika berbasis eco-friendly unplugged coding terintegrasi Artificial Intelligence, problem solving, dan computational thinking memiliki nilai outer loading antara nilai terendah sampai nilai tertinggi. Nilai tersebut telah melampaui batas minimum 0,70 sehingga seluruh indikator dinyatakan mampu merefleksikan konstruk yang diukur.

### Uji Reliabilitas Konstruk

Reliabilitas konstruk digunakan untuk mengetahui konsistensi internal indikator dalam mengukur konstruk penelitian. Pengujian reliabilitas dilakukan berdasarkan nilai Cronbach's Alpha, rho\_A, dan Composite Reliability. Konstruk dinyatakan reliabel apabila memiliki nilai Cronbach's Alpha, rho\_A, dan Composite Reliability lebih besar dari 0,70. Nilai Composite Reliability yang terlalu tinggi, yaitu lebih dari 0,95, perlu dicermati karena dapat menunjukkan adanya indikator yang memiliki kemiripan berlebihan.

Tabel 3. Hasil Pengujian Reliabilitas Konstruk

|                            | Cronbach's alpha | Keandalan komposit (rho_a) | Keandalan komposit (rho_c) | Rata-rata varians diekstraksi (AVE) |
|----------------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Computational Thinking     | 0.911            | 0.914                      | 0.928                      | 0.618                               |
| Pembelajaran Matematika SD | 0.885            | 0.896                      | 0.912                      | 0.634                               |
| Problem Solving            | 0.912            | 0.913                      | 0.929                      | 0.620                               |

Sumber: Data penelitian diolah menggunakan SmartPLS, 2026

Berdasarkan Tabel 3, seluruh konstruk memperoleh nilai Cronbach's Alpha, rho\_A, dan Composite Reliability lebih besar dari 0,70. Hal tersebut menunjukkan bahwa indikator-indikator pada setiap konstruk memiliki konsistensi internal yang baik. Dengan demikian, instrumen penelitian dinyatakan reliabel dan layak digunakan untuk pengujian model struktural.

### Validitas Diskriminan

Validitas diskriminan digunakan untuk memastikan bahwa suatu konstruk benar-benar berbeda dengan konstruk lainnya. Pengujian validitas diskriminan dilakukan menggunakan nilai Heterotrait-Monotrait Ratio atau HTMT. Validitas diskriminan dinyatakan terpenuhi apabila nilai HTMT antar konstruk lebih kecil dari 0,90.

Tabel 4. Hasil Pengujian HTMT

|                            | Computational Thinking | Pembelajaran Matematika SD | Problem Solving |
|----------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------|
| Computational Thinking     |                        |                            |                 |
| Pembelajaran Matematika SD | 0.710                  |                            |                 |
| Problem Solving            | 0.848                  | 0.681                      |                 |

Sumber: Data penelitian diolah menggunakan SmartPLS, 2026

Hasil pengujian pada Tabel 4 menunjukkan bahwa seluruh nilai HTMT antar konstruk berada di bawah 0,90. Hasil tersebut menunjukkan bahwa masing-masing konstruk memiliki karakteristik empiris yang berbeda sehingga validitas diskriminan telah terpenuhi.

### Evaluasi Model Struktural

Evaluasi model struktural atau *inner model* dilakukan untuk menguji hubungan antara konstruk eksogen dan konstruk endogen. Evaluasi model struktural meliputi pengujian kolinearitas, koefisien determinasi, relevansi prediktif, ukuran efek, dan pengujian hipotesis.

### Uji Kolinearitas

Pengujian kolinearitas dilakukan dengan memperhatikan nilai Variance Inflation Factor atau VIF. Model dinyatakan tidak mengalami masalah kolinearitas apabila nilai VIF berada di bawah 5,00. Kriteria yang lebih konservatif menggunakan nilai VIF di bawah 3,30.

Tabel 5. Hasil Pengujian Inner VIF

|      | VIF   |
|------|-------|
| X111 | 2.199 |
| X112 | 2.822 |
| X121 | 2.613 |
| X122 | 2.128 |
| X131 | 1.854 |
| X132 | 1.942 |
| Y111 | 1.986 |
| Y112 | 2.258 |
| Y121 | 2.535 |
| Y122 | 2.210 |
| Y131 | 2.330 |
| Y132 | 2.436 |
| Y141 | 2.389 |
| Y142 | 2.033 |
| Y211 | 1.784 |
| Y212 | 2.463 |
| Y221 | 2.428 |
| Y222 | 1.994 |
| Y231 | 2.163 |
| Y232 | 2.445 |
| Y241 | 2.392 |
| Y242 | 2.848 |

Sumber: Data penelitian diolah menggunakan SmartPLS, 2026

Nilai VIF pada seluruh hubungan antar konstruk berada di bawah 5,00. Dengan demikian, model penelitian tidak menunjukkan permasalahan multikolinearitas dan dapat dilanjutkan pada pengujian koefisien jalur.

### Koefisien Determinasi

Nilai  $R^2$  digunakan untuk mengetahui kemampuan konstruk eksogen dalam menjelaskan variasi konstruk endogen. Semakin tinggi nilai  $R^2$ , semakin besar kemampuan prediktif model terhadap konstruk endogen.

Tabel 6. Hasil Pengujian Koefisien Determinasi

|                               | R-square | Adjusted R-square |
|-------------------------------|----------|-------------------|
| <b>Computational Thinking</b> | 0.421    | 0.416             |
| <b>Problem Solving</b>        | 0.388    | 0.383             |

Sumber: Data penelitian diolah menggunakan SmartPLS, 2026

Berdasarkan Tabel 6, nilai  $R^2$  problem solving sebesar 0.388. Hal tersebut menunjukkan bahwa sebesar 38.8% variasi kemampuan problem solving dapat dijelaskan oleh pembelajaran matematika berbasis eco-friendly unplugged coding terintegrasi AI. Sisanya sebesar 61.2% dijelaskan oleh faktor lain di luar model penelitian.

Nilai  $R^2$  computational thinking sebesar 0.421. Artinya, pembelajaran matematika berbasis eco-friendly unplugged coding terintegrasi AI mampu menjelaskan sebesar 42.1% variasi computational thinking siswa, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak dimasukkan dalam penelitian.

### Ukuran Efek

Nilai  $f^2$  digunakan untuk mengetahui besarnya kontribusi konstruk eksogen terhadap konstruk endogen. Nilai  $f^2$  sekitar 0,02 menunjukkan efek kecil, 0,15 menunjukkan efek sedang, dan 0,35 menunjukkan efek besar.

Tabel 7. Hasil Pengujian Effect Size

|                                                                | f-square |
|----------------------------------------------------------------|----------|
| <b>Pembelajaran Matematika SD -&gt; Computational Thinking</b> | 0.728    |
| <b>Pembelajaran Matematika SD -&gt; Problem Solving</b>        | 0.635    |

Sumber: Data penelitian diolah menggunakan SmartPLS, 2026

Nilai  $f^2$  pengaruh pembelajaran eco-friendly unplugged coding terintegrasi AI terhadap problem solving sebesar 0.635, sehingga termasuk kategori besar. Sementara itu, nilai  $f^2$  terhadap computational thinking sebesar 0.728, sehingga termasuk kategori besar. Temuan tersebut menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran memberikan kontribusi substantif terhadap perkembangan kedua kemampuan siswa.

### Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis dilakukan menggunakan prosedur *bootstrapping*. Hipotesis dinyatakan diterima apabila nilai t-statistics lebih besar dari 1,96 dan nilai p-values lebih kecil dari 0,05 pada taraf signifikansi 5%.

Tabel 8. Hasil Pengujian Hipotesis

|                                                                | Sampel asli (O) | T statistik ( O/STDEV ) | Nilai P (P values) | Keputusan |
|----------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------|--------------------|-----------|
| <b>Pembelajaran Matematika SD -&gt; Computational Thinking</b> | 0.649           | 11.630                  | 0.000              | Diterima  |
| <b>Pembelajaran Matematika SD -&gt; Problem Solving</b>        | 0.623           | 10.527                  | 0.000              | Diterima  |

Sumber: Data penelitian diolah menggunakan SmartPLS, 2026

Hasil pengujian hipotesis pertama menunjukkan bahwa pembelajaran matematika berbasis eco-friendly unplugged coding terintegrasi AI memiliki koefisien jalur sebesar 0.623, nilai t-statistics sebesar 10.527, dan p-values sebesar 0.000. Nilai koefisien jalur yang positif menunjukkan bahwa semakin baik penerapan pembelajaran tersebut, semakin tinggi kemampuan problem solving siswa. Nilai t-statistics yang lebih besar dari 1,96 dan p-values yang lebih kecil dari 0,05 menunjukkan bahwa pengaruh tersebut signifikan. Dengan demikian,  $H_1$  diterima.

Hasil pengujian hipotesis kedua memperoleh koefisien jalur sebesar 0.649, nilai t-statistics sebesar 11.630, dan p-values sebesar 0.000. Koefisien jalur yang positif menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran eco-friendly unplugged coding terintegrasi AI mampu meningkatkan

computational thinking siswa. Karena nilai t-statistics lebih besar dari 1,96 dan p-values lebih kecil dari 0,05,  $H_2$  diterima.

## Pembahasan

### Pengaruh Pembelajaran Matematika SD terhadap Computational Thinking

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran matematika SD berbasis *eco-friendly unplugged coding* terintegrasi AI berpengaruh positif dan signifikan terhadap *computational thinking*. Koefisien jalur sebesar 0,649 menunjukkan bahwa semakin baik penerapan pembelajaran, semakin tinggi pula kemampuan berpikir komputasional siswa. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa aktivitas pembelajaran yang memuat penyusunan instruksi, pengenalan pola, pemecahan masalah menjadi bagian-bagian kecil, penyusunan algoritma, dan perbaikan kesalahan dapat mendukung perkembangan cara berpikir yang logis dan sistematis.

Secara pedagogis, pengaruh tersebut dapat dijelaskan melalui karakteristik *unplugged coding*. Pada aktivitas ini, siswa mempelajari konsep pemrograman tanpa harus selalu berhadapan dengan perangkat komputer. Siswa dapat menggunakan kartu perintah, papan permainan, simbol, lintasan, benda konkret, dan aktivitas gerak untuk menjalankan suatu algoritma. Proses tersebut melatih siswa melakukan dekomposisi masalah, mengenali pola, melakukan abstraksi, menyusun urutan langkah, serta mengevaluasi ketepatan solusi.

Temuan ini sejalan dengan meta-analisis Zhang et al. (2024) terhadap 15 penelitian eksperimen dan kuasi-eksperimen pada siswa K-9. Hasil meta-analisis menunjukkan bahwa aktivitas pemrograman *unplugged* memberikan pengaruh positif terhadap *computational thinking* dengan ukuran efek Hedges'  $g = 0.631$  dan  $p < 0.001$ . Efektivitasnya dipengaruhi oleh jenjang siswa, durasi pembelajaran, mata pelajaran, dan bentuk aktivitas yang digunakan. Hasil tersebut memperkuat temuan penelitian ini bahwa kegiatan coding tanpa perangkat digital dapat digunakan untuk mengembangkan *computational thinking* siswa sekolah dasar.

Integrasi *computational thinking* dalam pembelajaran matematika juga didukung oleh kajian sistematis Ye et al. (2023). Kajian tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran matematika berbasis *computational thinking* dapat menghubungkan proses berpikir matematis dengan dekomposisi, abstraksi, generalisasi, pemodelan, dan berpikir algoritmik. Dengan demikian, *computational thinking* tidak hanya menjadi kompetensi dalam pembelajaran informatika, tetapi dapat berfungsi sebagai pendekatan untuk mengorganisasi proses penyelesaian masalah matematika.

Aktivitas *unplugged coding* memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengubah permasalahan matematika menjadi serangkaian langkah yang dapat dilaksanakan. Ketika suatu langkah menghasilkan keluaran yang tidak sesuai, siswa harus menemukan kesalahan, mengidentifikasi penyebabnya, kemudian memperbaiki instruksi. Proses *debugging* tersebut melatih ketelitian, refleksi, evaluasi, dan kemampuan melakukan perbaikan terhadap strategi yang digunakan. Oleh karena itu, pembelajaran tidak hanya mengarahkan siswa memperoleh jawaban, tetapi juga memahami proses pembentukan jawaban.

Konteks *eco-friendly* dapat memperkuat kebermaknaan kegiatan melalui penggunaan bahan yang dapat digunakan kembali, seperti kartu dari kertas bekas, papan permainan, tutup botol, benda konkret, dan media daur ulang. Permasalahan coding juga dapat dikontekstualisasikan pada pengelolaan sampah, penghematan air, penggunaan energi, penghijauan, atau penentuan rute pengumpulan bahan daur ulang. Namun, karena penelitian ini menempatkan unsur *eco-friendly*, *unplugged coding*, dan AI dalam satu konstruk pembelajaran, pengaruh individual setiap unsur belum dapat dipisahkan. Temuan penelitian harus dipahami sebagai pengaruh keseluruhan dari model pembelajaran yang terintegrasi.

### Pengaruh Pembelajaran Matematika SD terhadap Problem Solving

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pembelajaran matematika SD berbasis *eco-friendly unplugged coding* terintegrasi AI berpengaruh positif dan signifikan terhadap *problem solving*. Koefisien jalur sebesar 0,623 menunjukkan adanya hubungan searah, yaitu semakin baik kualitas penerapan pembelajaran, semakin baik pula kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah matematika.

Pengaruh tersebut dapat dijelaskan melalui kesesuaian antara tahapan coding dan proses pemecahan masalah. Dalam kegiatan *unplugged coding*, siswa terlebih dahulu memahami tujuan yang hendak dicapai, mengidentifikasi informasi yang tersedia, memecah masalah menjadi beberapa tahap, menyusun urutan penyelesaian, menjalankan strategi, memeriksa hasil, dan memperbaiki langkah yang belum tepat. Tahapan tersebut membiasakan

siswa menyelesaikan masalah secara terstruktur, bukan hanya menebak atau menghafal prosedur.

Problem solving dalam pembelajaran matematika tidak terbatas pada kemampuan memperoleh jawaban yang benar. Siswa juga perlu membangun representasi masalah, memilih strategi, menghubungkan berbagai konsep, menguji kemungkinan penyelesaian, dan mengomunikasikan alasan yang mendasari jawabannya. Santos-Trigo (2024) menegaskan bahwa lingkungan pemecahan masalah perlu memberikan kesempatan kepada siswa untuk merumuskan masalah, mengembangkan representasi, melakukan eksplorasi, mengajukan dugaan, serta mengomunikasikan hasil. Penggunaan alat konkret, simbolis, dan digital turut membentuk cara siswa merepresentasikan dan menyelesaikan masalah matematika.

Pada pembelajaran yang diterapkan, kartu perintah dan aktivitas algoritmik dapat membantu siswa memvisualisasikan urutan penyelesaian. Setiap perintah mewakili langkah tertentu, sehingga siswa dapat mengamati hubungan antara urutan langkah dan hasil yang diperoleh. Ketika algoritma tidak menghasilkan solusi yang benar, siswa melakukan evaluasi dan revisi. Proses tersebut memperkuat kemampuan memahami masalah, merencanakan strategi, melaksanakan penyelesaian, dan memeriksa kembali hasil.

Integrasi AI berpotensi mendukung proses tersebut melalui penyediaan variasi permasalahan, penyesuaian tingkat kesulitan, pemberian pertanyaan pengarah, dan umpan balik terhadap jawaban siswa. Liu et al. (2025) menemukan bahwa lingkungan belajar berbasis *generative AI* yang dirancang untuk pemecahan soal cerita matematika pada 104 siswa kelas V menghasilkan peningkatan kinerja pemecahan masalah yang lebih baik daripada pembelajaran konvensional. Sistem tersebut membantu siswa mengembangkan strategi penyelesaian dan memperdalam pemahaman konseptual melalui dukungan yang dipersonalisasi.

Meskipun demikian, penggunaan AI harus ditempatkan sebagai pendukung proses berpikir, bukan sebagai pemberi jawaban akhir. Guru tetap berperan dalam memvalidasi materi, mengarahkan diskusi, memeriksa ketepatan keluaran AI, dan memastikan bahwa siswa tetap menjalankan proses penalaran secara mandiri. Li (2025) menjelaskan bahwa pemanfaatan AI pada pendidikan matematika sekolah dasar dapat mendukung pembelajaran personal, tutor cerdas, penilaian, dan umpan balik secara langsung. Namun, keberhasilan penerapannya turut ditentukan oleh kompetensi teknologi-pedagogi guru, sikap terhadap AI, dukungan sekolah, dan kesiapan lingkungan pembelajaran.

Dengan demikian, pengaruh positif terhadap *problem solving* tidak semata-mata berasal dari penggunaan teknologi, tetapi dari desain pembelajaran yang mengintegrasikan aktivitas konkret, pemikiran algoritmik, masalah kontekstual, umpan balik, dan refleksi. Kombinasi tersebut membantu siswa memahami bahwa penyelesaian masalah matematika merupakan proses yang dapat dirancang, diuji, diperbaiki, dan dikomunikasikan.

## KESIMPULAN

Hasil analisis menggunakan SmartPLS menunjukkan bahwa pembelajaran matematika sekolah dasar berbasis *eco-friendly unplugged coding* terintegrasi *Artificial Intelligence* berpengaruh positif dan signifikan terhadap *computational thinking* dan *problem solving* siswa. Pengaruh terhadap *computational thinking* ditunjukkan oleh koefisien jalur sebesar 0,649, nilai *t-statistics* 11,630, dan *P* sebesar 0.000, sedangkan pengaruh terhadap *problem solving* ditunjukkan oleh koefisien jalur sebesar 0,623, nilai *t-statistics* 10,527, dan *P* sebesar 0.000. Temuan ini membuktikan bahwa aktivitas pembelajaran yang memadukan masalah matematika kontekstual, media ramah lingkungan, penyusunan algoritma, pengenalan pola, dekomposisi, abstraksi, dan *debugging* mampu memperkuat proses berpikir logis, sistematis, dan terstruktur pada siswa sekolah dasar. Integrasi AI berperan sebagai sarana pendukung dalam menyediakan variasi masalah, umpan balik, dan pembelajaran adaptif, sementara guru tetap menjadi pengarah dan validator utama proses pembelajaran. Dengan demikian, model pembelajaran ini layak digunakan sebagai alternatif inovatif dalam pembelajaran matematika SD, khususnya pada sekolah dengan keterbatasan perangkat teknologi. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain eksperimen dengan kelompok kontrol, data *pretest-posttest*, sampel yang lebih luas, serta menguji pengaruh masing-masing komponen *eco-friendly*, *unplugged coding*, dan AI secara terpisah.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia atas dukungan akademik, fasilitas, dan kesempatan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian

ini. Apresiasi juga disampaikan kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat melalui Program Hibah BIMA yang telah memberikan dukungan pendanaan. Penulis turut mengucapkan terima kasih kepada pimpinan, guru, siswa, dan seluruh pihak di sekolah dasar negeri di Kota Lubuk Pakam yang telah memberikan izin, bantuan, serta berpartisipasi dalam proses pengumpulan data dan pelaksanaan pembelajaran. Dukungan seluruh pihak tersebut sangat berarti dalam penyelesaian penelitian dan penyusunan artikel ini.

## REFERENSI

- Adu, I. E. (2025). Integrating computational thinking and AI in early childhood education using holistic STEM framework. In M. Kalogiannakis and S. Papadakis (Eds.), *Empowering early education with computational thinking, AI, and STEM* (pp. 65–96). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-6210-5.ch003>
- Aytekin, A., & Topçu, M. S. (2024). Improving sixth-grade students' creative problem-solving skills through plugged and unplugged computational thinking approaches. *Journal of Science Education and Technology*, 33, 867–891. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10130-y>
- Cen, Z., Zheng, L., & Zhan, Z. (2025). Design and performance validation of a computational thinking gamified intelligent tutoring system focusing on thinking process. In *Proceedings of the 2025 14th International Conference on Educational and Information Technology* (pp. 181–187). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICEIT64364.2025.10975898>
- Chakkaravarthy, A. P., & Jaganathan, D. (2025). Pedagogical approaches in project-based learning, inquiry-driven methods, computational thinking, and design thinking for AI education. In *Developing AI literacy in students* (pp. 203–222). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-2297-1.ch007>
- Cunha, A. S., Araújo, C., Costa Neto, A., & Henriques, P. R. (2023). PathIt: Computational thinking training for visually impaired individuals. In *Methodologies and intelligent systems for technology enhanced learning, 13th International Conference (Lecture Notes in Networks and Systems, Vol. 764, pp. 160–167)*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-41226-4\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-031-41226-4_17)
- Dai, Y. (2025). Integrating unplugged and plugged activities for holistic AI education: An embodied constructionist pedagogical approach. *Education and Information Technologies*, 30, 6741–6764. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13043-w>
- E Silva, J. C. (2025). Computational thinking versus artificial intelligence in mathematics teaching. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 56(8), 1426–1437. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2025.2496695>
- Gojaria, S., Kolambkar, V., Pandey, A., & Sajwan, P. (2025). Create coding challenges and activities that foster the development of computational thinking. In *Proceedings of the 2025 International Conference on Next Generation Communication and Information Processing* (pp. 535–538). IEEE. <https://doi.org/10.1109/INCIP64058.2025.11019799>
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2022). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) (3rd ed.)*. Sage Publications.
- Hsu, M. S., & Wong, M. F. (2025). Pedagogical reflections on computational thinking: Using programming and computational thinking to enhance students' cross-border learning effectiveness. In S. C. Kong, T. C. Hsu, and J. H. Zhao (Eds.), *Proceedings of the 9th International Conference on Computational Thinking and STEM Education* (pp. 160–162). Asia-Pacific Society for Computers in Education.
- Junruang, C., & Kanjug, I. (2025). The relationship between computational and creative thinking in preschool children: An application through gamification and artificial intelligence-supported constructivist personalized learning environment. *Educational Process: International Journal*, 17, e2025337. <https://doi.org/10.22521/edupij.2025.17.337>
- Li, M. (2025). Integrating artificial intelligence in primary mathematics education: Investigating internal and external influences on teacher adoption. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23, 1283–1308. <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10515-w>
- Lin, Y., Yang, Y., & Zhang, Y. (2025). Scaffolding third graders' computational thinking in an artificial intelligence course: Concepts, practice, and perspectives. *Educational Technology & Society*, 28(4), 338–367. [https://doi.org/10.30191/ETS.202510\\_28\(4\).SP09](https://doi.org/10.30191/ETS.202510_28(4).SP09)

- Liu, J., Sun, D., Sun, J., Wang, J., & Yu, P. L. H. (2025). Designing a generative AI-enabled learning environment for mathematics word problem solving in primary schools: Learning performance, attitudes and interaction. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 9, 100438. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100438>
- Mung, W. L., Wong, C. Y., & Chu, W. L. (2025). Enhancing students' computational thinking and creative problem-solving skills through AI technology and environmental concepts: A case study of "AI recycling bin" project for Grade 6 students. In S. C. Kong, T. C. Hsu, and J. H. Zhao (Eds.), *Proceedings of the 9th International Conference on Computational Thinking and STEM Education* (pp. 144–146). Asia-Pacific Society for Computers in Education.
- Omeh, C. B., Ayanwale, M. A., Mnguni, L. E., & Olelewe, C. J. (2025). Fostering programming skill and critical thinking through AI-assisted PBL integration. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 14, Article 22. <https://doi.org/10.1007/s44322-025-00041-0>
- Pimdee, P., Sukkamart, A., Nantha, C., Kantathanawat, T., & Leekitchwatana, P. (2024). Enhancing Thai student-teacher problem-solving skills and academic achievement through a blended problem-based learning approach in online flipped classrooms. *Heliyon*, 10(7), e29172. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29172>
- Santos-Trigo, M. (2024). Problem solving in mathematics education: Tracing its foundations and current research-practice trends. *ZDM-Mathematics Education*, 56, 211–222. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01578-8>
- Su, J., & Yang, W. (2023). A systematic review of integrating computational thinking in early childhood education. *Computers and Education Open*, 4, 100122. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2023.100122>
- Sugiyono. (2022). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Ye, H., Liang, B., Ng, O. L., & Chai, C. S. (2023). Integration of computational thinking in K–12 mathematics education: A systematic review on CT-based mathematics instruction and student learning. *International Journal of STEM Education*, 10, Article 3. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00396-w>
- Yıldızlı, H., & Güner, P. (2025). Developing mathematical thinking skills of preservice mathematics teachers in the problem-solving process. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 1–37. <https://doi.org/10.1080/13511610.2025.2496176>
- Zerega, R., Velander, J., & Milrad, M. (2025). Using emerging technologies for bridging computational thinking and artificial intelligence in Swedish classrooms: Empirical insights and pedagogical implications. In *Integrating emerging technologies into education and training (Lecture Notes in Networks and Systems, Vol. 1274, pp. 83–97)*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-84170-5\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-84170-5_8)
- Zhang, Y., Liang, Y., Tian, X., & Yu, X. (2024). The effects of unplugged programming activities on K–9 students' computational thinking: Meta-analysis. *Educational Technology Research and Development*, 72, 1331–1356. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10339-5>