



Integrasi *Computational Thinking* dan Teori APOS pada Pembelajaran Matematika: Sebuah *Systematic Literature Review*

Muhammad Syarif Hidayatulloh*, Gede Suweken, I Made Suarsana, I Gusti Putu Sudiarta

Program Studi S2 Pendidikan Matematika, Fakultas Pascasarjana, Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja, Indonesia

*Penulis Korespondensi: muhsyarifh060606@gmail.com

Received: 13-05-2026; Revised: 30-05-2026; Published: 22-06-2026

Abstract: This study aims to synthesize global research trends and theoretical developments regarding the integration of APOS (Action, Process, Object, Schema) Theory and Computational Thinking (CT) in mathematics education over the past decade. The method used is a Systematic Literature Review (SLR) of 18 reputable journal articles with a time span of 2016–2026. The results of the review indicate that the integration of CT and APOS is not merely a pedagogical choice, but an epistemological necessity that forms a complementary symbiosis. On the one hand, APOS provides a structured cognitive map that reveals the urgency of providing scaffolding at the Action and Process stages to prevent missing stages in students who are still stuck at the basic computational level. On the other hand, empirical findings support the implementation of the M-APOS model which is proven to significantly improve CT abilities with Cohen's d of 1.57 raises a critical reciprocal hypothesis: that the CT pillars are suspected to act as facilitators that activate the effectiveness of the transition between APOS stages. This study concludes that designing learning tools such as diagnostic instruments, modules, and digital worksheets that position CT as a cognitive entry point in the APOS traversal is an urgent priority. This adaptive instructional design is projected to transform students from mere mechanical calculators into autonomous, reflective problem solvers with systemic thinking capabilities.

Keywords: APOS theory, computational thinking, mathematics learning, systematic literature review

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis tren penelitian global dan perkembangan teoretis mengenai integrasi Teori APOS (Action, Process, Object, Schema) dan Computational Thinking (CT) dalam pendidikan matematika selama satu dekade terakhir. Metode yang digunakan adalah Systematic Literature Review (SLR) terhadap 18 artikel jurnal bereputasi dengan rentang waktu 2016–2026. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa integrasi CT dan APOS bukan sekadar pilihan pedagogis, melainkan sebuah keniscayaan epistemologis yang membentuk simbiosis saling melengkapi. Di satu sisi, APOS menyediakan peta kognitif terstruktur yang mengungkap urgensi pemberian *scaffolding* pada tahap Action dan Process guna mencegah *missing stages* pada peserta didik yang masih tertahan di level komputasional dasar. Di sisi lain, dukungan temuan empiris pada implementasi model M-APOS yang terbukti meningkatkan kemampuan CT secara signifikan dengan Cohen's d sebesar 1,57 memunculkan hipotesis resiprokal yang kritis: bahwa pilar-pilar CT ditengarai justru berperan sebagai fasilitator yang mengaktifkan efektivitas transisi antar-tahapan APOS tersebut. Penelitian ini menyimpulkan bahwa perancangan perangkat pembelajaran seperti instrumen diagnostik, modul, dan lembar kerja digital yang menempatkan CT sebagai *entry point* kognitif dalam traversal tahapan APOS merupakan prioritas mendesak. Desain instruksional yang adaptif ini diproyeksikan mampu mengantarkan siswa bertransformasi dari sekadar penghitung mekanis menjadi pemecah masalah yang otonom, reflektif, dan berkemampuan pemikiran sistemik.

Kata kunci: computational thinking, pembelajaran matematika, systematic literature review, APOS

PENDAHULUAN

Kemampuan pemecahan masalah merupakan salah satu tujuan esensial dalam pembelajaran matematika di sekolah, yang secara khusus berfungsi untuk melatih cara berpikir,

bernalarnya menarik kesimpulan, serta mengembangkan kemampuan mengomunikasikan ide matematis secara sistematis, baik lisan maupun tulisan (Sumartini, 2018). Sejalan dengan itu pemecahan masalah merupakan inti dari pembelajaran matematika (Suharta et al., 2024). Meskipun krusial, fakta di lapangan menunjukkan bahwa kemampuan pemecahan masalah peserta didik masih tergolong rendah. Pada tingkat dasar, Yuliany et al. (2024) menemukan bahwa peserta didik mengalami kesulitan yang signifikan dalam memproses informasi matematis. Kondisi serupa berlanjut ke jenjang menengah pertama (Firda et al., 2023) hingga menengah atas, di mana peserta didik masih menunjukkan kemampuan pemecahan masalah yang sangat kurang (Akbar et al., 2017). Secara spesifik, ketidakmampuan ini berakar pada kesulitan peserta didik dalam memahami dan mengaplikasikan konsep pada masalah non-rutin, kelemahan dalam prosedur komputasi, serta kegagalan memanggil kembali memori prasyarat yang telah dipelajari sebelumnya (Nur Azmi & Rahmi Yunita, 2022; Utami & Puspitasari, 2022).

Rendahnya kemampuan tersebut mengindikasikan adanya hambatan epistemologis yang serius dalam proses kognitif peserta didik saat berhadapan dengan tantangan matematis. Krawec (2014) menegaskan bahwa peserta didik dengan kemampuan pemecahan masalah yang rendah seringkali mengalami kebuntuan pada tahap pemrosesan kognitif, terutama saat mengintegrasikan informasi. Dampaknya, peserta didik cenderung beralih pada hafalan rumus mekanis tanpa memahami konstruksi konsep yang mendasarinya. Fenomena kegagalan memindahkan informasi dari *short-term memory* ke pemahaman bermakna di *long-term memory* ini (Subanji, 2024) perlu dibedah melalui lensa mekanisme konstruksi pengetahuan yang lebih terstruktur. Teori APOS (Aksi, Proses, Objek, dan Skema) hadir sebagai kerangka yang sangat relevan untuk memetakan perkembangan mental peserta didik dalam menguasai konsep matematika melalui tahapan yang berkesinambungan (Mulyono, 2011).

Berdasarkan kerangka APOS, pembentukan pengetahuan dimulai dari tahap Aksi, yakni transformasi objek secara algoritmik berdasarkan stimulus eksternal. Aksi yang diulang dan direfleksikan secara internal akan berkembang menjadi Proses. Selanjutnya, ketika peserta didik mampu melihat proses tersebut secara utuh dan menguraikan sifat-sifatnya, struktur kognitifnya telah mencapai tahap Objek, yang pada akhirnya terintegrasi ke dalam kerangka pengetahuan utuh sebagai Skema (Cooley et al., 2007; Kusaeri, 2017). Namun, dalam praktiknya, transisi antar tahapan mental APOS terutama dari tahap Aksi menuju Proses, dan dari Proses menuju Objek sering kali menjadi titik hambat epistemologis bagi peserta didik (Jamdin et al., 2026). Kegagalan menembus transisi ini membuat struktur kognitif terfragmentasi, sehingga diperlukan instrumen mental yang mampu menjembatani celah konstruktivisme tersebut.

Di sinilah *Computational Thinking* (CT) beririsan secara esensial dengan teori APOS. CT bukan sekadar keterampilan meniru cara kerja mesin, melainkan proses mental algoritmik dalam memformulasikan masalah serta merancang solusi yang sistematis (Cahdriyana & Richardo, 2020). Secara filosofis, pilar-pilar CT menyediakan mekanisme operasional yang sangat selaras dengan lintasan kognitif APOS. Pilar dekomposisi membantu peserta didik memecah masalah yang sangat krusial pada tahap Aksi. Selanjutnya, pengenalan pola dan abstraksi menstimulasi refleksi internal yang memperlancar transisi kognitif menuju tahap Proses dan Objek, memandu peserta didik untuk memilah informasi yang relevan. Terakhir, pilar algoritma membimbing seluruh langkah menjadi sebuah Skema berpikir yang solid. Melalui sinergi ini, pemberian *scaffolding* berbasis CT diyakini mampu mendefragmentasi struktur kognitif yang keliru (Supiarmo et al., 2021) dan secara signifikan meningkatkan kualitas berpikir peserta didik (Sari et al., 2025).

Akan tetapi, fakta di lapangan menunjukkan bahwa keterampilan CT siswa masih rendah, dengan 75% mengalami kesulitan dalam menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan CT. Tantangan-tantangan ini mencakup empat aspek utama CT, yaitu dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, dan pemikiran algoritmik (Suarsana, Jupri, et al., 2025). Untuk mengatasi permasalahan tersebut, integrasi teknologi dalam ranah pendidikan menjanjikan prospek yang luas sebagai instrumen untuk menumbuhkembangkan kecakapan selama proses pembelajaran (Suarsana & Mahayukti, 2013). Salah satu bentuk nyata pemanfaatannya adalah penggunaan game edukasi matematika dalam upaya meningkatkan kemampuan berpikir komputasional siswa (Hartawan et al., 2025). Sebagai contoh, penggunaan media pembelajaran berbasis lingkungan telah terbukti secara signifikan efektif dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah matematis pada tingkat sekolah dasar (Parwati et al., 2019). Lebih lanjut pada jenjang pendidikan tinggi, implementasi bahan ajar berbasis masalah kontekstual berbantuan software statistika juga memberikan pengaruh positif yang signifikan terhadap hasil belajar mahasiswa (Hartawan & Suryawan, 2022). Salah satu upaya untuk meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran adalah dengan membuat pelajaran tersebut menarik. Penggunaan teknologi seperti *mathlet* dalam pembelajaran merupakan salah satu cara untuk membuat pembelajaran matematika menjadi menarik sekaligus eksploratif (Suweken, 2013). Selain pemanfaatan teknologi, penerapan strategi pembelajaran terstruktur juga sangat esensial. Sebagai contoh, strategi *Concrete-Pictorial-Abstract* (CPA) terbukti secara signifikan mampu meningkatkan pemahaman konsep dan representasi matematis peserta didik dengan memfasilitasi eksplorasi langsung, memotivasi, serta mendorong keberanian mereka dalam mengomunikasikan gagasan (Purwadi et al., 2019). Sejalan dengan itu, pengenalan konsep CT secara eksplisit melalui pembelajaran dan pemberian kesempatan yang luas bagi siswa dalam memecahkan masalah matematis menggunakan konsep CT telah berhasil memberdayakan kemampuan berpikir komputasional siswa secara optimal (Suarsana, Herman, et al., 2025). Oleh karena itu, pengintegrasian CT ke dalam pembelajaran matematika sangat dianjurkan, salah satunya melalui pengembangan e-modul yang mengintegrasikan CT di dalamnya (Hartawan et al., 2024).

Meskipun demikian, penelitian tentang integrasi CT di berbagai negara masih tergolong minim. Jenis penelitian mengenai integrasi CT dalam pendidikan matematika yang paling banyak dilakukan di Tiongkok adalah penelitian kuantitatif, sedangkan di Singapura, Inggris, Kanada, dan Amerika Serikat didominasi oleh penelitian kualitatif. Selanjutnya, penelitian mengenai integrasi CT dalam pendidikan matematika di Tiongkok, Inggris, Kanada, dan Amerika Serikat utamanya difokuskan pada tingkat sekolah dasar (Suarsana et al., 2024).

Meskipun potensi integrasi antara APOS dan CT serta dukungan media representasi digitalnya terlihat sangat menjanjikan, kajian literatur yang secara spesifik mensintesis hubungan konseptual dan efektivitas keduanya masih tersebar luas. Belum ada pemetaan yang komprehensif dalam satu dekade terakhir mengenai bagaimana intervensi CT secara presisi mengatasi kebuntuan pada setiap tahapan APOS. Terdapat kesenjangan yang nyata antara tuntutan kemampuan pemecahan masalah abad ke-21 dengan literatur akademik yang menyajikan kerangka integrasi ini secara utuh. Oleh karena itu, diperlukan sebuah tinjauan mendalam melalui metode *Systematic Literature Review* (SLR) untuk memetakan tren global dan mengidentifikasi bagaimana CT secara spesifik dapat menyelesaikan hambatan kognitif yang selama ini tidak terpecahkan oleh pendekatan APOS murni.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini difokuskan untuk menjawab rumusan masalah sebagai berikut: 1) Bagaimana tren penelitian global mengenai penggunaan Teori APOS dan *Computational Thinking* dalam satu dekade terakhir?; 2) Pada tahap kognitif APOS mana (*Action*,

Process, Object, Schema) pilar *Computational Thinking* paling sering memberikan intervensi?; 3) Apa saja hambatan siswa yang belum terpecahkan oleh Teori APOS murni namun berpotensi diselesaikan melalui integrasi CT?

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan mengacu pada protokol PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews*) untuk memastikan proses pengumpulan, seleksi, dan analisis data dilakukan secara sistematis, transparan, dan objektif. Penelusuran literatur dilaksanakan melalui tiga basis data utama, yaitu *ScienceDirect*, *Google Scholar* (diakses melalui *Publish or Perish*), dan *ResearchGate*. Pencarian artikel dibatasi dengan menggunakan *search string* yang mengintegrasikan variabel utama, yaitu: (“APOS theory” or “Action-Process-Object-Schema”) and (“computational thinking” or “CT”) AND (“mathematics education” or “pembelajaran matematika”). Fokus utama penggunaan kata kunci tersebut adalah untuk menjaring studi yang mengeksplorasi keterkaitan antara tahapan konstruksi mental dalam Teori APOS dengan keterampilan *Computational Thinking* dalam konteks pembelajaran matematika. Seluruh artikel yang diperoleh kemudian melalui proses penyaringan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang ketat untuk memastikan bahwa literatur yang disintesis memiliki kontribusi signifikan terhadap pengembangan kerangka teoretis integrasi kedua konsep tersebut.

Proses penelusuran literatur dilakukan dengan membatasi rentang waktu publikasi dari tahun 2016 hingga 2026. Berdasarkan prosedur sistematis yang diterapkan, total 391 artikel berhasil diidentifikasi melalui basis data *ScienceDirect*, *Google Scholar*, dan *ResearchGate*. Seluruh literatur tersebut kemudian melalui tahapan seleksi yang ketat sesuai dengan alur prosedur PRISMA, yang mencakup proses identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, hingga penetapan artikel akhir yang memenuhi kriteria inklusi untuk dianalisis lebih lanjut.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

No	Inklusi	Eksklusi
1	Artikel yang diterbitkan tahun 2016 – 2026.	Artikel di bawah tahun 2016.
2	Artikel Jurnal Ilmiah (<i>Peer-reviewed</i>).	<i>Systematic Literature Review</i> (SLR)
3	Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris.	Selain Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris
4	Integrasi APOS atau CT dalam Pemecahan Masalah Pembelajaran Matematika.	Selain membahas APOS dan CT
5	Teks lengkap (<i>Full-text PDF</i>).	Hanya Abstrak atau Berbayar.

Tabel 2. Proses Seleksi Artikel

Fase	Jumlah Artikel	Keterangan
<i>Identification</i>	391	Hasil Pencarian ScienceDirect, Google Scholar (diakses melalui <i>Publish or Perish</i>)
<i>Screening</i>	91	Artikel tidak relevan yang memenuhi kriteria eksklusi ada 300
<i>Eligibility</i>	18	Setelah seluruh teks di baca didapatkan 73 dieksklusi
<i>Included</i>	18	Artikel terpilih untuk analisis mendalam

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan proses seleksi literatur yang telah dilakukan sesuai dengan protokol PRISMA, diperoleh 18 artikel yang memenuhi kriteria inklusi dan layak untuk dianalisis lebih lanjut. Artikel-artikel tersebut kemudian dikaji secara mendalam untuk mengidentifikasi tren penelitian, bentuk integrasi antara *Computational Thinking* (CT) dan Teori APOS, serta temuan-temuan

utama yang relevan dengan fokus penelitian ini. Ringkasan hasil kajian dari artikel-artikel tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Artikel

No.	Penulis dan Judul	Hasil Penelitian
1.	Sari et al., (2025) <i>Analysis of the Application of the M-Apos Learning Model to the Improvement of Prospective Teachers' Computational Thinking Skills.</i>	Implementasi model pembelajaran M-APOS secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir komputasional mahasiswa dibandingkan dengan pembelajaran konvensional. Peningkatan ini didukung oleh nilai <i>Cohen's d</i> sebesar 1,57, yang menunjukkan ukuran efek (<i>effect size</i>) yang sangat besar dan membuktikan efektivitas model yang sangat kuat. Tahapan-tahapan terstruktur dari M-APOS (Aksi, Proses, Objek, Skema) secara efektif meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, dan pemikiran algoritmik. Temuan kualitatif juga menunjukkan tingkat keterlibatan yang lebih tinggi serta strategi pemecahan masalah yang lebih terstruktur. Dengan demikian, M-APOS dapat dianggap sebagai pendekatan pedagogis yang sangat efektif untuk mengembangkan keterampilan berpikir komputasional, khususnya bagi calon guru matematika
2.	Aminah et al., (2023) <i>Student activities in solving mathematics problems with a computational thinking using Scratch</i>	Pembelajaran CT melalui Scratch meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa kelas VIII melalui dekomposisi dan pengenalan pola.
3.	Syarifuddin et al., (2019) <i>Quantitative Reasoning Process in Mathematics Problem Solving: A Case on Covariation Problems Reviewed from APOS Theory.</i>	Menjelaskan proses mental siswa kelas 9 dalam pemecahan masalah, di mana kerangka APOS berhasil memetakan tingkat pemahaman dari aksi hingga skema.
4.	Umam et al., (2025) <i>Mathematical creative thinking skills: Using APOS theory to identify student errors in solving contextual problems.</i>	Teori APOS efektif digunakan untuk mendeteksi letak kesalahan siswa saat mencoba memecahkan masalah matematika secara kreatif.
5.	Ubaidullah et al., (2021) <i>Improving Novice Students' Computational Thinking Skills by Problem-Solving and Metacognitive Techniques.</i>	Kombinasi teknik pemecahan masalah dan metakognitif sangat penting bagi pemula untuk menguasai CT dalam pemrograman.
6.	Yadav et al., (2016) <i>Computational Thinking for All: Pedagogical Approaches to Embedding 21st Century Problem Solving in K-12 Classrooms.</i>	Menekankan pentingnya algoritma, abstraksi, dan otomatisasi sebagai inti dari CT yang harus diajarkan di seluruh jenjang sekolah (K-12).
7.	Syahputra & Sinaga, (2024) <i>Peningkatan Kemampuan Berpikir Komputasional Siswa Melalui Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Proyek.</i>	Model PjBL memberikan peningkatan yang konsisten pada kemampuan berpikir komputasional siswa. Siswa menjadi lebih aktif dan kreatif dalam menyelesaikan masalah matematis yang kompleks.
8.	Nuraini et al., (2023) <i>Analisis Kemampuan Berpikir Komputasi Ditinjau dari Kemandirian Belajar Siswa Kelas X SMK.</i>	Siswa dengan kemandirian belajar tinggi mampu memenuhi semua indikator berpikir komputasional, sedangkan siswa dengan kemandirian rendah hanya mampu pada tahap dekomposisi.
9.	(Jamdin et al., (2026) <i>The Need for the Scaffolding Method in Students' Mathematical Computational</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar siswa masih berada pada tingkat dasar hingga menengah dalam berpikir komputasional dan

	<i>Thinking Process Through APOS Theory</i>	menunjukkan kebutuhan <i>scaffolding</i> yang tinggi, terutama pada tahap aksi dan proses dalam kerangka APOS.
10.	Aristika et al., (2026) <i>Constructing Advanced Mathematical Thinking on Function Limits through Cognitive Styles and APOS-Based Scaffolding: A Qualitative Case Study</i>	Kontribusi utama dari studi ini terletak pada pembuktian bahwa <i>scaffolding</i> berbasis APOS dialami secara berbeda oleh siswa dengan gaya kognitif yang berbeda, yang pada akhirnya menghasilkan jalur yang berbeda pula dalam perkembangan AMT.
11.	Figula & Kása, (2025) <i>The application of cooperative group work and APOS Theory in topic of logarithms</i>	Pengintegrasian Teori APOS (<i>Action, Process, Object, Schema</i>) dengan metode kerja kelompok kooperatif memberikan dampak positif yang signifikan terhadap proses pembelajaran logaritma di tingkat sekolah menengah.
12.	Kay & Wong, (2018) <i>Discovering Missing Stages in the Teaching of Algorithm Analysis: an APOS-based study</i>	Penelitian ini menyimpulkan bahwa penguasaan mahasiswa terhadap konsep abstrak dalam analisis algoritma, seperti fungsi pertumbuhan, orde pertumbuhan, dan kompleksitas waktu, terjadi melalui tahapan kognitif yang progresif sesuai dengan kerangka Teori APOS. Melalui analisis materi pengajaran dan asesmen, ditemukan adanya "tahapan yang hilang" dalam proses instruksional yang menghambat mahasiswa untuk mencapai pemahaman pada level <i>Object</i> dan <i>Schema</i> .
13.	Aksoy et al., (2025) <i>An Overview of the Epistemological Link between Mathematical Thinking and Computational Thinking from Theory to Practice</i>	Penelitian ini menyimpulkan adanya hubungan timbal balik yang kuat secara epistemologis antara <i>Mathematical Thinking</i> (MT) dan <i>Computational Thinking</i> (CT), di mana keduanya saling memperkuat melalui proses kognitif yang serupa, terutama dalam aspek abstraksi dan dekomposisi.
14.	Putriani & Mulyono, (2025) <i>Development Of Digital Worksheets Assisted By Geogebra On Linear Function Material To Support Students Computational Thinking Skills</i>	Penelitian ini menyimpulkan bahwa pengembangan lembar kerja digital (<i>digital worksheet</i>) berbantu <i>GeoGebra</i> pada materi fungsi linear terbukti valid dan praktis untuk mendukung kemampuan <i>Computational Thinking</i> (CT) siswa.
15.	Tiengyoo et al., (2024) <i>A study of mathematical understanding levels in set theory based on the APOS framework by using python programming language for secondary school students</i>	Penelitian ini menyimpulkan bahwa pengintegrasian pemrograman Python dalam pembelajaran teori himpunan berbasis kerangka kerja APOS (<i>Action, Process, Object, Schema</i>) secara efektif meningkatkan tingkat pemahaman matematis siswa sekolah menengah.
16.	Aminah et al., (2022) <i>Computational Thinking Process of Prospective Mathematics Teacher in Solving Diophantine Linear Equation Problems</i>	Penelitian ini menyimpulkan bahwa proses <i>Computational Thinking</i> (CT) sangat krusial bagi calon guru matematika dalam menyelesaikan persoalan kompleks
17.	Suarsana et al., (2024) <i>Computational Thinking in Mathematics Education Across Five Nations</i>	Jenis penelitian mengenai integrasi CT dalam pendidikan matematika yang paling banyak dilakukan di Tiongkok adalah penelitian kuantitatif, sedangkan di Singapura, Inggris, Kanada, dan Amerika Serikat didominasi oleh penelitian kualitatif. Selain itu, penelitian mengenai integrasi CT dalam pendidikan matematika di Tiongkok, Inggris, Kanada, dan Amerika Serikat sebagian besar difokuskan pada jenjang sekolah dasar.
18.	Suarsana Et Al., (2025) <i>Computational Thinking And</i>	Pengenalan konsep CT secara eksplisit melalui proses pembelajaran, serta pemberian kesempatan yang

<i>Mathematical Problem Solving In Madrasah Tsanawiyah Students</i>	memadai bagi siswa untuk menerapkan konsep-konsep CT dalam memecahkan masalah matematis, telah terbukti berhasil memberdayakan keterampilan berpikir komputasional siswa secara optimal.
---	--

Berdasarkan analisis terhadap 18 artikel penelitian di atas didapat beberapa hal berikut. Satu dekade terakhir, tren penelitian global mengenai *Computational Thinking* (CT) dalam pendidikan matematika telah mengalami pergeseran paradigma yang signifikan, bergerak dari sekadar wacana pengenalan kurikulum menuju integrasi epistemologis yang mendalam dengan pemodelan kognitif. Pada awal dekade, literatur lebih banyak berfokus pada urgensi integrasi algoritma dan abstraksi di berbagai jenjang pendidikan dasar hingga menengah (Yadav et al., 2016; Suarsana et al., 2024). Namun, penelitian kontemporer mengonfirmasi bahwa CT tidak dapat diajarkan sekadar sebagai instruksi algoritmik yang kaku. Terdapat hubungan timbal balik yang kuat antara pemikiran matematis dan komputasional, di mana keduanya saling memperkuat melalui proses kognitif serupa, seperti dekomposisi dan abstraksi (Aksoy et al., 2025). Untuk memetakan proses mental yang kompleks ini, Teori APOS (*Action, Process, Object, Schema*) bertransformasi menjadi kerangka kerja utama yang menjembatani tindakan komputasional awal hingga terbentuknya skema pemecahan masalah yang utuh, baik bagi siswa menengah (Syarifuddin et al., 2019) maupun mahasiswa calon guru (Aminah et al., 2022). Pendekatan ini mengembalikan esensi pembelajaran pada proses “matematisasi” yang bermakna, di mana siswa benar-benar menginternalisasi konsep alih-alih hanya menghafal prosedur.

Sejalan dengan penguatan landasan filosofis tersebut, literatur mutakhir menunjukkan bahwa Teori APOS kini dioperasionalkan secara proaktif sebagai instrumen diagnostik dan preskriptif. Kerangka ini terbukti efektif untuk mendeteksi letak kesalahan siswa saat menyelesaikan masalah kontekstual (Umam et al., 2025) serta mengidentifikasi adanya “tahapan kognitif yang hilang” yang kerap menghambat pemahaman pada level *Object* dan *Schema* (Kay & Wong, 2018). Melalui diagnosis ini, berbagai studi mengungkap sebuah temuan kritis: mayoritas peserta didik masih berada pada tingkat pemikiran komputasional dasar hingga menengah (Jamdin et al., 2026; Ubaidullah et al., 2021). Kondisi ini melahirkan urgensi yang sangat tinggi terhadap pemberian *scaffolding* yang tepat sasaran. Intervensi pedagogis teridentifikasi paling mendesak diberikan pada tahap *Action* dan *Process* agar siswa tidak mengalami stagnasi kognitif (Jamdin et al., 2026). Lebih lanjut, pemberian *scaffolding* berbasis APOS ini ternyata dialami secara berbeda oleh siswa dengan gaya kognitif (Aristika et al., 2026) dan tingkat kemandirian belajar yang beragam (Nuraini et al., 2023), sehingga menuntut adanya desain instruksional yang sangat fleksibel dan empatik terhadap kondisi masing-masing peserta didik.

Upaya memfasilitasi kebutuhan *scaffolding* progresif tersebut, tren penelitian saat ini didominasi oleh upaya integrasi ekstensif antara tahapan APOS, model kolaboratif, dan perangkat teknologi digital. Proses *Action* dan *Process* komputasional kini banyak diwujudkan melalui interaksi langsung dengan instrumen seperti *digital worksheet* berbantu GeoGebra (Putriani & Mulyono, 2025), lingkungan pemrograman visual Scratch (Aminah et al., 2023), hingga penggunaan bahasa pemrograman Python untuk merepresentasikan materi abstrak (Tiengyoo et al., 2024). Pemanfaatan teknologi ini sering kali dibingkai dalam model pembelajaran yang terstruktur, seperti model M-APOS (Sari et al., 2025), kerja kelompok kooperatif (Figula & Kása, 2025), serta Pembelajaran Berbasis Proyek (Syahputra & Sinaga, 2024) yang terbukti konsisten meningkatkan keaktifan siswa. Secara keseluruhan, lanskap literatur global ini bermuara pada satu kesimpulan esensial: terdapat kebutuhan yang krusial untuk terus merancang dan

mengembangkan perangkat pembelajaran matematika yang secara komprehensif memadukan Teori APOS dan *Computational Thinking*. Pengembangan perangkat yang adaptif ini diyakini mampu menyediakan *scaffolding* yang terstruktur, mengantarkan siswa secara bertahap membangun pemahaman matematis yang mendalam dan mandiri.

Berdasarkan kajian literatur, intervensi pilar *Computational Thinking* (CT) melalui pemberian *scaffolding* teridentifikasi paling mendesak dan relevan difokuskan pada tahap kognitif *Action* (aksi) dan *Process* (proses) dalam kerangka APOS. Hal ini didasari oleh temuan empiris yang menunjukkan bahwa mayoritas peserta didik masih berada pada tingkat pemikiran komputasional dasar hingga menengah, sehingga membutuhkan bimbingan instruksional yang intensif di fase-fase awal (Jamdin et al., 2026). Pada tahap *Action*, pemahaman siswa umumnya masih bersifat mekanis; di sinilah pilar dekomposisi dan berpikir algoritmik berintervensi. Meskipun pembentukan algoritma kerap dipandang sebagai keterampilan tingkat lanjut, dalam pedagogi APOS, instruksi algoritmik di tahap awal justru difungsikan sebagai *entry point* yang sangat konkret untuk mencegah beban kognitif berlebih (*cognitive overload*). Dengan menuntun siswa memecah masalah kompleks dan menjalankan prosedur selangkah demi selangkah, pilar ini membekali siswa dengan “bahan baku” pengalaman prosedural. Selanjutnya, pada tahap *Process*, pilar pengenalan pola dan abstraksi mengambil alih agar siswa mampu menginternalisasi tindakan fisik yang diulang-ulang tersebut menjadi pemahaman mental yang utuh, sehingga mereka tidak lagi bergantung pada panduan manual. Fokus intervensi terstruktur pada kedua tahap ini berfungsi sebagai jembatan kognitif yang kritis. Sebagaimana dikemukakan oleh Kay dan Wong (2018), kegagalan dalam memberikan dukungan di fase mekanis awal sering kali memunculkan “tahapan kognitif yang hilang” (*missing stages*), yang menghambat siswa mencapai level pemahaman abstrak pada tahap *Object* dan *Schema*. Oleh karena itu, bagi peserta didik pemula (*novice*), *scaffolding* prosedural di tahap aksi dan proses menjadi prasyarat mutlak sebelum mereka dapat membangun penalaran matematis tingkat lanjut secara mandiri (Ubaidullah et al., 2021; Aristika et al., 2026).

Sebagai bukti empiris atas efektivitas sinergi antara Teori APOS dan *Computational Thinking* (CT), implementasi model pembelajaran M-APOS terbukti secara signifikan mengungguli pendekatan konvensional dalam menjembatani kebutuhan kognitif peserta didik. Keberhasilan ini dikonfirmasi secara kuantitatif melalui nilai *Cohen's d* sebesar 1,57 yang merepresentasikan ukuran efek (*effect size*) sangat besar, membuktikan daya ungkit model yang luar biasa terhadap kemampuan berpikir komputasional. Secara operasional, tahapan pedagogis M-APOS yang terstruktur yakni Aksi, Proses, Objek, dan Skema terbukti menjadi fasilitator langsung yang mengoptimalkan keempat pilar CT, sehingga mahasiswa secara nyata lebih mumpuni dalam dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, dan pemikiran algoritmik. Ditambah dengan temuan kualitatif berupa tingginya keterlibatan belajar dan strategi pemecahan masalah yang lebih tertata, M-APOS mengukuhkan posisinya sebagai pendekatan pedagogis yang komprehensif dan sangat efektif untuk mengembangkan keterampilan berpikir komputasional (Sari et al., 2025). Namun, berangkat dari temuan ini, muncul sebuah pertanyaan kritis yang menarik untuk direfleksikan: jika kerangka APOS terbukti sukses mewadahi pengembangan CT, bukankah sebaliknya instrumen CT itu sendiri khususnya pilar dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, dan algoritma yang sebenarnya bertindak sebagai “penyelamat” bagi siswa untuk keluar dari kebuntuan kognitif dan melancarkan tahapan APOS mereka menuju pemahaman yang utuh?

Meskipun Teori APOS sangat mumpuni dalam memetakan struktur kognitif siswa secara teoretis, implementasinya di lapangan sering kali menghadapi kendala praktis terkait operasionalisasi langkah-langkah berpikir siswa. Teori APOS cenderung deskriptif, sehingga bagi

siswa yang mengalami hambatan pada fase awal, kerangka ini terkadang belum mampu menyediakan 'kendaraan' atau intervensi spesifik yang dapat membantu mereka keluar dari kebuntuan kognitif. Oleh karena itu, integrasi *Computational Thinking* (CT) menjadi sangat krusial sebagai instrumen resolusi yang mampu menjembatani kesenjangan tersebut melalui pendekatan algoritmik dan sistematis. Berikut adalah beberapa hambatan siswa yang sering kali tidak terselesaikan oleh Teori APOS murni, namun memiliki potensi besar untuk diatasi melalui integrasi pilar-pilar CT antara lain 1) Mengatasi “Kelumpuhan Aksi” (*Action Paralysis*): Dalam kerangka APOS, siswa sering kali mengalami kebuntuan saat menghadapi masalah kompleks karena tidak memiliki pijakan prosedural yang jelas. Pilar dekomposisi dalam CT menjadi solusi dengan memecah masalah besar menjadi *fragmen-fragmen* kecil yang lebih terkelola, sehingga siswa dapat memulai aksi matematis dengan lebih percaya diri; 2) Mengatasi “Stagnasi Mekanis”: Banyak siswa terjebak dalam penghitungan tanpa memahami makna prosesnya; pilar pengenalan pola dalam CT berperan sebagai katalisator untuk mendorong internalisasi mental dari tahap *Action* menuju tahap *Process* secara lebih bermakna; 3) Memfasilitasi Proses Enkapsulasi: Untuk mencapai tahap *Object*, siswa sering kesulitan memandang proses dinamis sebagai satu entitas utuh. Melalui abstraksi, siswa dibantu untuk mengabaikan detail yang tidak relevan, sementara algoritma membantu mereka menstrukturkan langkah-langkah prosedural tersebut agar dapat dikemas (*encapsulated*) menjadi satu kesatuan entitas matematis yang siap digunakan kembali.

SIMPULAN DAN SARAN

Kajian literatur satu dekade terakhir memperlihatkan bahwa integrasi *Computational Thinking* (CT) dan Teori APOS bukan sekadar pilihan pedagogis, melainkan sebuah keniscayaan epistemologis dalam pendidikan matematika kontemporer. Keduanya membentuk simbiosis yang saling melengkapi: APOS menyediakan peta kognitif terstruktur tentang bagaimana pengetahuan matematis dibangun secara hierarkis, sementara pilar-pilar CT dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, dan pemikiran algoritmik diduga turut berperan dalam memfasilitasi transisi antar-tahapan tersebut. Temuan secara konsisten menunjukkan bahwa mayoritas peserta didik masih tertahan pada level komputasional dasar, sehingga *scaffolding* yang tepat sasaran pada tahap *Action* dan *Process* menjadi prasyarat penting. Tanpa dukungan di fase krusial ini, siswa rentan mengalami *missing stages* yang menghambat perkembangan penalaran matematis jangka panjang mereka.

Kehadiran temuan empiris melalui implementasi model pembelajaran M-APOS memperkuat diskusi ini. Model tersebut terbukti meningkatkan kemampuan berpikir komputasional peserta didik secara signifikan, dengan Cohen's *d* sebesar 1,57 ukuran efek yang sangat besar. Menariknya, meskipun model ini dirancang berbasis kerangka APOS, variabel yang mengalami peningkatan terukur justru adalah kemampuan CT peserta didik. Hal ini memunculkan pertanyaan yang lebih mendasar: apakah berlaku pula arah sebaliknya bahwa *Computational Thinking* justru berperan membantu dan mengaktifkan setiap tahapan APOS secara lebih efektif?

Meskipun hipotesis tersebut masih memerlukan verifikasi empiris lebih lanjut, ia memberikan arah yang lebih tajam bagi agenda penelitian ke depan. Perancangan dan pengembangan perangkat pembelajaran instrumen diagnostik, modul, maupun lembar kerja digital yang menempatkan CT sebagai *entry point* kognitif dalam traversal tahapan APOS menjadi prioritas yang paling mendesak. Desain instruksional semacam ini diharapkan mampu mengantarkan siswa bertransformasi dari sekadar penghitung mekanis menjadi pemecah masalah yang otonom, reflektif, dan berkemampuan pemikiran sistemik.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, P., Hamid, A., Bernard, M., & Sugandi, A. I. (2017). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah dan Disposisi Matematik Siswa Kelas XI SMA Putra Juang dalam Materi Peluang. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 2(1), 144–153. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v2i1.62>
- Aminah, N., Sukestiyarno, Y. L., Cahyono, A. N., & Maat, S. M. (2023). Student activities in solving mathematics problems with a computational thinking using Scratch. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 12(2), 613. <https://doi.org/10.11591/ijere.v12i2.23308>
- Aminah, N., Sukestiyarno, Y. L., Wardono, W., & Cahyono, A. N. (2022). Computational thinking process of prospective mathematics teacher in solving Diophantine linear equation problems. *European Journal of Educational Research*, 11(3), 1495–1507. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.11.3.1495>
- Aristika, A., Wardono, W., Mariani, S., & Walid, W. (2026). Constructing Advanced Mathematical Thinking on Function Limits through Cognitive Styles and APOS- Based Scaffolding: A Qualitative Case Study. *Prisma Sains : Jurnal Pengkajian Ilmu Dan Pembelajaran Matematika Dan IPA IKIP Mataram*, 14(2), 785–807. <https://doi.org/10.33394/j-ps.v14i2.19936>
- Azmi, N., & Yunita, R. (2022). Analisis kesulitan siswa dalam menyelesaikan masalah fungsi kuadrat di kelas X MAN 6 Aceh Utara. *Ar-Riyadhiyyat: Journal of Mathematics Education*, 3(1), 41–49. <https://doi.org/10.47766/arriyadhiyyat.v3i1.513>
- Cahdriyana, R. A., & Richardo, R. (2020). Berpikir Komputasi Dalam Pembelajaran Matematika. *LITERASI (Jurnal Ilmu Pendidikan)*, 11(1), 50. [https://doi.org/10.21927/literasi.2020.11\(1\).50-56](https://doi.org/10.21927/literasi.2020.11(1).50-56)
- Cooley, L., Trigueros, M., & Baker, B. (2007). Schema thematization: A framework and an example. *Journal for Research in Mathematics Education*, 38(4), 370–392. <https://www.jstor.org/stable/30034879>
- Diñçer Aksoy, B., Cantürk Günhan, B., & Mumcu, F. (2025). An Overview of the Epistemological Link between Mathematical Thinking and Computational Thinking from Theory to Practice. *Pamukkale University Journal of Education*, (64), 123–149. <https://doi.org/10.9779/pauefd.1438401>
- Figula, Á., & Kása, E. (2025). The application of cooperative group work and APOS theory in topic of logarithms. *Annales Mathematicae et Informaticae*. Advance online publication. <https://doi.org/10.33039/ami.2025.11.003>
- Firda, N., Suryadi, D., & Dahlan, J. A. (2023). Kemampuan pemecahan masalah matematis siswa sekolah menengah pertama berdasarkan Polya. *Edumatica: Jurnal Pendidikan Matematika*, 13(3), 273–284. <https://doi.org/10.22437/edumatica.v13i03.29287>
- Hartawan, I. G. N. Y., & Suryawan, I. P. P. (2022). Implementasi Bahan Ajar Berbasis Masalah Kontekstual Berbantuan Software Statistika dalam Meningkatkan Hasil Belajar. *Jurnal Pendidikan Matematika Undiksha*, 13(1), 1–7. <https://doi.org/10.23887/jipm.v13i1.47073>
- Hartawan, I. G. N. Y., Suharta, I. G. P., Sudiarta, I. G. P., & Pujawan, I. G. N. (2024). Student Problem Solving Ability in Mathematics Learning: Systematic Literature Review. *International Journal of Religion*, 5(11), 3030–3037. <https://doi.org/10.61707/sm1dte57>

- Hartawan, I. G. N. Y., Swarmantara, I. P. A., & Suweken, G. (2025). Pengembangan Game Edukasi Matematika untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Komputasional Siswa Kelas VII. *Delta: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 13(2), 119–136.
- Jamdin, A., Zaenuri, Mariani, S., & Susilo, B. E. (2026). The Need for the Scaffolding Method in Students' Mathematical Computational Thinking Process Through APOS Theory. *Indonesian Educational Research Journal*, 3(3), 204–213. <https://doi.org/10.56773/ierj.v3i3.140>
- Kay, A., & Wong, S. H. S. (2018). Discovering Missing Stages in the Teaching of Algorithm Analysis: An APOS-based study. *Proceedings of the 18th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, 1–5. <https://doi.org/10.1145/3279720.3279738>
- Kusaeri, K. (2017). Terbentuknya Konsepsi Matematika pada Diri Anak dari Perspektif Teori Reifikasi dan APOS. *JPM: Jurnal Pendidikan Matematika*, 1(2), 101. <https://doi.org/10.33474/jpm.v1i2.244>
- Krawec, J. L. (2014). Problem representation and mathematical problem solving of students of varying math ability. *Journal of Learning Disabilities*, 47(2), 103–115. <https://doi.org/10.1177/0022219412436976>
- Mulyono, M. (2011). Teori APOS dan Implementasinya dalam Pembelajaran. *Journal of Mathematics and Mathematics Education*, 1(1). <https://doi.org/10.20961/jmme.v1i1.9924>
- Nuraini, F., Agustiani, N., & Mulyanti, Y. (2023). Analisis Kemampuan Berpikir Komputasi Ditinjau dari Kemandirian Belajar Siswa Kelas X SMK. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(3), 3067–3082. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v7i3.2672>
- Parwati, N. N., Artanayasa, I. W., & Widian, I. W. (2019). The effectiveness of the implementation of environmental-based learning media toward the mathematical problem-solving ability and the impact on students' nationalism attitudes. *Journal of Physics: Conference Series*, 1317(1), 012123. <https://doi.org/10.1088/17426596/1317/1/012123>
- Purwadi, I. M. A., Sudiarta, I. G. P., & Suparta, I. N. (2019). The Effect of Concrete-Pictorial-Abstract Strategy toward Students' Mathematical Conceptual Understanding and Mathematical Representation on Fractions. *International Journal of Instruction*, 12(1), 1113–1126. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12171a>
- Putriani, J. D., Hapizah, & Mulyono, B. (2025). Development of Digital Worksheets Assisted by GeoGebra on Linear Function Material to Support Students Computational Thinking Skills. *Journal of Mathematics Education*, 10(2), 150–165. <https://doi.org/10.31327/jme.v10i2.2552>
- Sari, D. M., Suhendra, Nurlaelah, E., Jupri, A., Wicaksono, A., Warli, D., Raisatunnisa, & Mansyur, M. Z. (2025). Analysis of the application of the M-APOS learning model to the improvement of prospective teachers' computational thinking skills. *Jurnal Tadris Matematika*, 8(1), 17-28. <http://dx.doi.org/10.21274/jtm.2025.8.1.17-28>
- Suarsana, I. M., Herman, T., Nurlaelah, E., Irianto, & Pacis, E. R. (2024). Computational Thinking in Mathematics Education Across Five Nations. *Indonesian Journal of Educational Research and Review*, 7(1), 26–35. <https://doi.org/10.23887/ijerr.v7i1.68202>
- Suarsana, I. M., Herman, T., Nurlaelah, E., Suryadi, D., Irianto, I., Jupri, A., Nandiyanto, A. B. D., & Ahzan, Z. N. (2025). Computational Thinking and Mathematical Problem

- Solving in Madrasah Tsanawiyah Students. *Jurnal Pendidikan Islam*, 12(1), 75–88. <https://doi.org/10.15575/jpi.v12i1.42091>
- Suarsana, I. M., Jupri, A., Suryadi, D., Nurlaelah, E., & Hartawan, I. G. N. Y. (2025). An Analysis of Mathematics Teaching and Learning Process to Enhance Computational Thinking: The Case of Straight-Line Equations. *Mathematics Teaching Research Journal*, 17(2), 226–245. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1474243.pdf>
- Suarsana, I. M., & Mahayukti, G. A. (2013). Pengembangan e-modul berorientasi pemecahan masalah untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, 2(3), 193–200. <https://doi.org/10.23887/janapati.v2i3.9800>
- Subanji, S. (2024). Berpikir matematis dalam mengonstruksi konsep matematika: Sebuah analisis secara teoritis dan praktis. *Jurnal Kajian Pendidikan Indonesia*, 1(1). <https://doi.org/10.62947/jkpi.v1i1.7>
- Suharta, I. G. P., Parwati, N. N., & Sudatha, I. G. W. (2024). Students' Competency in Mathematical Modeling of Real Life Problems Oriented by Tri Hita Karana. *International Journal of Innovation Scientific Research and Review*, 06, 6971–6974. <https://www.journalijisr.com/sites/default/files/issues-pdf/IJISRR-1690.pdf>
- Supiarmo, M. G., Mardhiyattirrahmah, L., & Turmudi, T. (2021). Pemberian *Scaffolding* untuk Memperbaiki Proses Berpikir Komputasional Siswa dalam Memecahkan Masalah Matematika. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(1), 368–382. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v5i1.516>
- Sumartini, T. S. (2018). Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa melalui Pembelajaran Berbasis Masalah. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(2), 148–158. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v5i2.270>
- Suweken, G. (2013). Pengintegrasian Media Pembelajaran Virtual Berbasis GeoGebra untuk Meningkatkan Keterlibatan dan Pemahaman Konsep Matematika Siswa Kelas VIII SMPN 6 Singaraja. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran*, 2(2), 276–285. <https://doi.org/10.23887/jpi-undiksha.v2i2.2172>
- Syahputra, W. I., & Sinaga, B. (2024). Peningkatan Kemampuan Berpikir Komputasi Siswa Melalui Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Proyek. *Kognitif: Jurnal Riset HOTS Pendidikan Matematika*, 4(1), 1–26. <https://doi.org/10.51574/kognitif.v4i1.1157>
- Syarifuddin, S., Nusantara, T., Qohar, A., & Muksar, M. (2019). Quantitative reasoning process in mathematics problem solving: A case on covariation problems reviewed from APOS theory. *Universal Journal of Educational Research*, 7(10), 2133–2142. <https://doi.org/10.13189/ujer.2019.071011>
- Tiengyoo, K., Sotaro, S., & Thaithae, S. (2024). A study of mathematical understanding levels in set theory based on the APOS framework by using python programming language for secondary school students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(2), em2400. <https://doi.org/10.29333/ejmste/14158>
- Ubaidullah, N. H., Mohamed, Z., Hamid, J., Sulaiman, S., & Yussof, R. L. (2021). Improving Novice Students' Computational Thinking Skills by Problem-Solving and Metacognitive Techniques. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 20(6), 88–108. <https://doi.org/10.26803/ijlter.20.6.5>
- Umam, K., Sukestiyarno, Y. L., & Wardono, W. (2025). Mathematical creative thinking skills: Using APOS theory to identify student errors in solving contextual problems. *Journal on Mathematics Education (JME)*, 16(1), 1–18. <https://doi.org/10.69598/hasss.25.1.269211>

- Utami, H. S., & Puspitasari, N. (2022). Kemampuan pemecahan masalah siswa smp dalam menyelesaikan soal cerita pada materi persamaan kuadrat. *PowerMathEdu*, 1(1), 57-68. <https://doi.org/10.31980/powermathedu.v1i1.1916>
- 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>
- Yuliany, N., Rayhana, R., Anggraeni, P. M., Nuhdia, N., Inzani, R. N., & Haeruddin, M.I. (2024). Analisis kesulitan siswa dalam menyelesaikan soal literasi matematika aljabar berdasarkan langkah Polya. *Jurnal Derivat*, 11(2), 280–288. <https://doi.org/10.31316/jderivat.v10i2.6623>