

Integrasi *Computational Thinking* dalam Pembelajaran Matematika SMP – SMA: *Systematic Literature Review*

Hikmatul Khusna^{1,a)}, Poni Saltifa²⁾

¹Pendidikan Matematika, Universitas Muhammadiyah PROF DR HAMKA, Jakarta, Indonesia

²Tadris Matematika, UIN Fatmawati Sukarno, Bengkulu, Indonesia

Email: ^{a)}hikmatulhusna@uhamka.ac.id

Abstract

Computational thinking (CT) is one of the important skills of the 21st century because it is considered relevant in mathematics learning, especially at the junior high school and high school levels. The integration of CT in mathematics learning is believed to be able to strengthen higher order thinking skills (HOTS), problem solving, mathematical literacy, and student learning outcomes. This study aims to map the forms of CT integration in mathematics learning at the junior high and high school levels, analyze the focus of the CT dimensions developed, and synthesize the impact on various learning outcomes.

This study uses a systematic literature review (SLR) approach to empirical articles indexed in the Scopus database and published between 2020 and 2025. The literature selection process followed the PRISMA guidelines with inclusion criteria emphasizing CT as the main focus, the context of mathematics learning, and the junior high or high school level. There were 15 articles that met the criteria for thematic analysis to identify integration approaches, computational thinking dimensions, assessment techniques, and reported learning outcomes.

The results of the study show that the integration of CT in junior high school and high school mathematics learning is carried out through various approaches, including digital device-based learning, robotics, non-digital device learning, and mixed approaches. The most dominant CT dimensions developed were decomposition, abstraction, pattern recognition, and algorithmic thinking, with debugging appearing mainly in the context of programming and interactive media. In general, the integration of CT shows a relatively consistent positive impact on HOTS and problem solving, while the effect on learning outcomes is more variable and influenced by the context of implementation, mathematical topics, research duration, and the quality of assessment instruments.

This study concludes that CT plays an important role as a framework for thinking in mathematics learning at the junior high and high school levels. These findings emphasize the need for structured, contextual, and reflective learning activities, as well as operational standardization and measurement of CT to support more effective and sustainable implementation.

Keywords: computational thinking, mathematics education, secondary education, higher-order thinking skills, problem solving

Abstrak

Computational thinking (CT) merupakan salah satu kemampuan penting abad ke-21 karena dianggap relevan dalam pembelajaran matematika, terutama pada jenjang SMP dan SMA. Integrasi CT pada pembelajaran matematika diyakini mampu memperkuat *higher order thinking skill* (HOTS), pemecahan masalah, literasi matematis, dan capaian hasil belajar siswa. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan bentuk integrasi CT dalam pembelajaran matematika di jenjang SMP dan SMA, menganalisis fokus dimensi CT yang dikembangkan, dan mensintesis dampak terhadap berbagai hasil pembelajaran.

Penelitian ini menggunakan pendekatan *systematic literature review* (SLR) terhadap artikel empiris yang terindeks dalam basis data Scopus dan dipublikasikan pada rentang tahun 2020–2025. Proses seleksi literatur mengikuti pedoman PRISMA dengan kriteria inklusi yang menekankan CT sebagai fokus utama, konteks pembelajaran matematika, dan jenjang SMP atau SMA. Terdapat 15 artikel yang memenuhi kriteria untuk dianalisis secara tematik terhadap identifikasi pendekatan integrasi, dimensi *computational thinking*, teknik penilaian, serta hasil pembelajaran yang dilaporkan.

Hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi CT dalam pembelajaran matematika SMP–SMA dilakukan melalui beragam pendekatan, meliputi pembelajaran berbasis perangkat digital, robotik, pembelajaran tanpa perangkat digital, dan pendekatan campuran. Dimensi CT yang paling dominan dikembangkan adalah dekomposisi, abstraksi, pengenalan pola, dan berpikir algoritmik, dengan *debugging* muncul terutama pada konteks pemrograman dan media interaktif. Secara umum, integrasi CT menunjukkan dampak positif yang relatif konsisten terhadap HOTS dan pemecahan masalah, sementara pengaruh terhadap capaian hasil pembelajaran bersifat lebih variatif dan dipengaruhi oleh konteks implementasi, topik matematika, durasi penelitian, serta kualitas instrumen penilaian.

Kajian ini menyimpulkan bahwa CT berperan penting sebagai kerangka berpikir dalam pembelajaran matematika di jenjang SMP dan SMA. Temuan ini menegaskan perlunya perancangan aktivitas pembelajaran yang terstruktur, kontekstual, dan reflektif, serta standarisasi operasional dan pengukuran CT guna mendukung implementasi yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Kata kunci: *computational thinking*, pembelajaran matematika, pendidikan menengah, *high order thinking skills*, pemecahan masalah

PENDAHULUAN

Perkembangan di era abad 21 memiliki masalah yang kompleks dari bidang sosial hingga teknologi yang menuntut kemampuan adaptif, berpikir tingkat tinggi, dan kemampuan pemecahan masalah. Kondisi ini mendorong dunia pendidikan agar memperkuat aspek kognitif siswa untuk mengembangkan proses berpikir analisis, kritis, dan reflektif. Salah satu aspek penting untuk menjawab tantangan tersebut adalah *computational thinking* (CT). CT didefinisikan sebagai proses berpikir yang memungkinkan siswa merumuskan permasalahan, merepresentasikan hasil secara sistematis, dan mengevaluasi serta menyempurnakan hasil secara iteratif (Sanford & Naidu, 2016; Yadav et al., 2016). CT memiliki relevansi dalam pembelajaran matematika karena selalu melibatkan proses berpikir logis dan pemecahan masalah yang bersifat non-rutin.

Berbagai penelitian membuktikan bahwa integrasi CT dalam pembelajaran matematika mendukung perkembangan HOTS, kemampuan pemecahan masalah, literasi matematika, dan capaian hasil belajar (Ferreira et al., 2023; Mendrofa, 2024; Valovičová et al., 2020). Peran CT bukan hanya sebagai kemampuan pendukung berbasis teknologi, tetapi sebagai kerangka berpikir dalam proses matematis. Menurut (Han et al., 2024; Nyoman Hartawan et al., 2024) melalui aktivitas CT seperti dekomposisi, abstraksi, pengenalan pola, dan berpikir algoritmik, siswa memahami struktur permasalahan matematika. CT memiliki potensi digunakan sebagai jembatan konseptual antara pengetahuan matematika formal ke penerapan konteks nyata.

Pada jenjang SMP dan SMA, siswa mengalami transisi penting dari konsep matematika yang konkrit menuju abstrak, khususnya pada materi aljabar, geometri, fungsi, dan pemodelan matematika (Martini & Aminah, 2024; Valovičová et al., 2020). Sehingga integrasi CT dalam pembelajaran

matematika memiliki urgensi yang signifikan. CT dipandang mampu membantu siswa dalam memecahkan permasalahan kompleks menjadi bagian yang lebih sederhana, mengenali pola, dan membangun pemahaman matematis yang lebih bermakna (Maharani et al., 2023; Sanford & Naidu, 2016). Beberapa penelitian membuktikan keterlibatan siswa dalam pembelajaran matematika yang diintegrasikan dengan CT berdampak positif terhadap minat dan kesiapan siswa dalam menempuh pendidikan dan berkarir dibidang STEM (Mariana & Kristanto, 2023; Mohmad & Maat, 2024). Namun temuan penelitian terkait integrasi CT dalam pembelajaran matematika menunjukkan variasi pendekatan dan hasil yang belum konsisten. Variasi pendekatan yang dilakukan mulai dari pembelajaran berbasis perangkat digital, pembelajaran menggunakan robotik, pembelajaran tanpa perangkat digital, maupun pembelajaran dengan pendekatan campuran (Irawan et al., 2024b; Martini & Aminah, 2024; Yeni et al., 2023).

Dalam penelitian (Han et al., 2024; Ye, Liang, et al., 2023) dilaporkan bahwa integrasi CT berdampak positif pada HOTS, kemampuan pemecahan masalah, dan capaian hasil pembelajaran. Namun penelitian lain menunjukkan hasil yang terbatas atau tidak signifikan, bergantung pada konteks topik, durasi penelitian, serta kualitas instrumen yang digunakan (Irawan et al., 2024b; Yeni et al., 2023). Beberapa penelitian juga tidak menyebutkan secara jelas dimensi dan maupun langkah operasional CT yang digunakan, padahal umumnya CT mencakup dekomposisi, abstraksi, pengenalan pola, dan berpikir algoritmik, serta proses debugging dalam konteks tertentu (Abdul Hanid et al., 2022; Agustiani, 2022; Navarro & Carmo Sousa, 2023). Dari sisi kajian literatur, fokus analisis belum mengkhususkan pada pembelajaran matematika di SMP dan SMA. Padahal, pembelajaran matematika di SMP dan SMA memiliki karakteristik dan kompleksitas tersendiri sehingga dibutuhkan kajian sistematis yang secara khusus memetakan bagaimana integrasi CT dalam pembelajaran matematika berdasarkan bukti empiris terbaru.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penelitian dengan bukti empiris yang membahas integrasi CT dalam pembelajaran matematika pada jenjang SMP dan SMA. Analisis yang dilakukan memfokuskan pada pemetaan model integrasi CT, fokus dimensi CT dan teknik penilaian, dampak CT terhadap hasil pembelajaran, serta identifikasi konteks implementasi dan faktor penentu keberhasilan CT dalam pembelajaran matematika. Kajian ini dibatasi pada penelitian empiris yang dipublikasi pada tahun 2020 hingga 2025 dan menggunakan basis data Scopus. Sejalan dengan tujuan tersebut, maka diajukan empat pertanyaan penelitian utama yaitu: (RQ1) bagaimana model integrasi CT dalam pembelajaran matematika smp dan sma; (RQ2) bagaimana fokus dimensi CT dan teknik penilaiannya yang digunakan; (RQ3) bagaimana dampak CT terhadap hasil pembelajaran, dan (RQ4) bagaimana konteks implementasi pada peran guru, rancangan aktivitas, dan tantangan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *systematic literature review* (SLR) untuk menganalisis bukti empiris penelitian integrasi *computational thinking* (CT) dalam pembelajaran matematika di jenjang SMP – SMA. SLR digunakan karena mampu memetakan tren, pendekatan, dan efektivitas CT dalam pembelajaran matematika. Proses pelaporan seleksi dokumen penelitian menggunakan pedoman PRISMA. Menurut (Braithwaite et al., 2019; Irawan et al., 2024a) memiliki struktur pelaporan yang dapat meningkatkan keterlacakan keputusan proses inklusi - eksklusi sehingga mengurangi bias dalam seleksi.

Sumber Data dan Strategi Pencarian

Data penelitian dikumpulkan dari basis data scopus karena peneliti ingin menjamin kualitas indeks dan cakupan penelitian yang luas pada bidang pendidikan, matematika, dan teknologi pembelajaran. Pencarian dilakukan pada bidang *TITLE-ABS-KEY* untuk memaksimalkan hasil pencarian artikel yang menjadikan CT sebagai fokus utama penelitian, sekaligus memperkecil kemungkinan munculnya artikel yang kurang relevan. Desain string yang digunakan mengikuti operator Boolean OR dan AND agar artikel relevan dengan fokus penelitian (Litna Tarigan et al.,

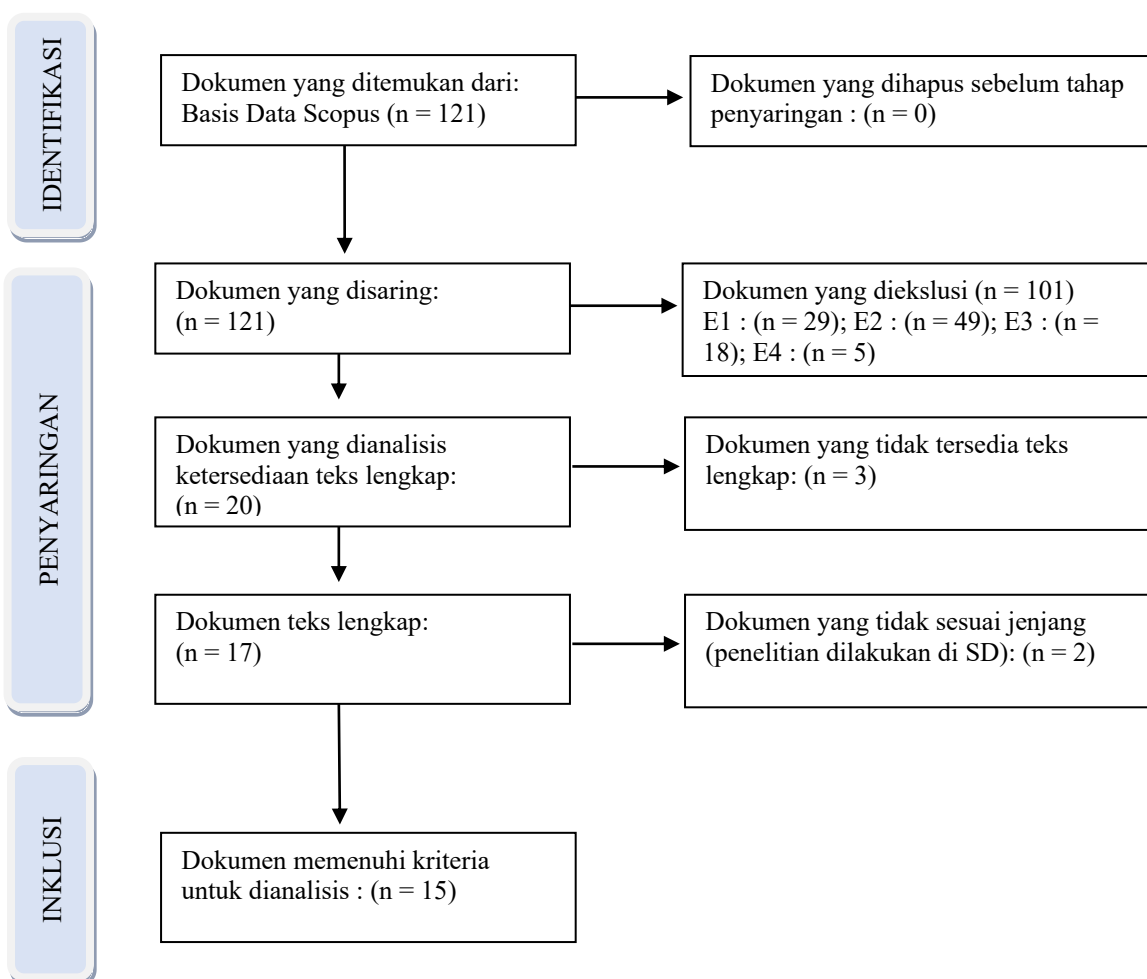
2025; Wang et al., 2025). *String* yang digunakan adalah TITLE-ABS-KEY("computational thinking" OR "algorithmic thinking" OR decomposition OR abstraction OR "pattern recognition") AND (mathematic OR "mathematics education" OR algebra OR geometry OR modelling) AND ("higher order thinking" OR HOTS OR "problem solving" OR "critical thinking" OR "mathematical literacy" OR achievement). Penelitian ini membatasi rentang tahun publikasi dari 2020 hingga 2025. Hal ini dilakukan agar literatur yang dianalisis menggambarkan perkembangan terkini dan memenuhi standar kualitas publikasi (dos Reis & Jaime, 2020).

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Penentuan kriteria inklusi dan eksklusi dilakukan untuk memastikan bahwa artikel yang digunakan benar-benar menjawab fokus penelitian yaitu integrasi CT dalam pembelajaran matematika pada jenjang SMP dan SMA. Kriteria inklusi yang digunakan yaitu: (1) CT adalah fokus utama penelitian; (2) penelitian dilakukan di SMP atau SMA; (3) penelitian bersifat empiris. Sedangkan kriteria eksklusi yang digunakan yaitu: (1) CT bukan fokus utama; (2) penelitian tidak dilakukan di SMP atau SMA; (3) bukan penelitian empiris; (4) tidak berkaitan dengan pembelajaran matematika. Penentuan kriteria inklusi dan eksklusi merupakan prosedur standar dalam SLR untuk meminimalisir bias dan mencegah subjektivitas dalam penilaian antar anggota peneliti (Ilić et al., 2024; Strahl et al., 2018).

Data dan Analisis

Proses seleksi data selanjutnya menggunakan protokol PRISMA. Protokol PRISMA digunakan agar alur seleksi artikel dapat ditelusuri dengan jelas dan meminimalkan bias seleksi (Braithwaite et al., 2019; Irawan et al., 2024a). Berikut adalah protokol PRISMA yang digunakan dalam penelitian ini.



GAMBAR 1. Protokol PRISMA

Tahap identifikasi menghasilkan 121 artikel dari Scopus, Karena menggunakan sumber tunggal maka tidak ditemukan artikel yang duplikat ($n = 0$). Tahap *screening* terhadap judul dan abstrak dengan menerapkan kriteria eksklusi, terdapat 101 artikel yang dikeluarkan. Setelah penyaringan awal, terdapat 20 artikel yang dianggap relevan untuk ditelaah teks lengkap. Dari 20 artikel yang ditelaah teks lengkap, 3 artikel tidak ditemukan teks lengkapnya sehingga 17 artikel yang dianalisis secara penuh. Selanjutnya dari 17 artikel yang dianalisis, 2 artikel dikeluarkan karena penelitian dilakukan di tingkat sekolah dasar, tidak sesuai dengan fokus penelitian. Sehingga dari proses tersebut, 15 artikel memenuhi kriteria untuk dianalisis secara tematik.

Untuk mengurangi potensi bias seleksi, dilakukan telaah judul, abstrak dan teks lengkap oleh dua penilai secara independen. Perbedaan penilaian antar penilai diselesaikan dengan berdiskusi hingga mencapai kesepakatan. Reliabilitas antar penilai menggunakan *Cohen's kappa* sebagai indikator keputusan dalam milih artikel teks lengkap. Proses ekstraksi terhadap artikel dilakukan dengan menggunakan lembar ekstraksi agar informasi yang pada artikel yang dianalisis dapat dibandingkan dengan konsisten. Pengkodean yang dilakukan mencakup: (1) jenjang SMP atau SMA, kelas, dan negara; (2) desain penelitian; (3) topik matematika; (4) bentuk integrasi CT; (5) Dimensi CT yang ditargetkan; (6) hasil penelitian; (7) temuan utama; (8) keterbatasan dan potensi bias.

Seluruh artikel terpilih ditelaah kualitasnya (*quality appraisal*) untuk memastikan kekuatan hasil penelitian. Terdapat 8 kriteria yang ditetapkan yaitu (1) kejelasan tujuan penelitian; (2) kesesuaian desain penelitian, (3) kejelasan partisipan, (4) kecukupan sampel, (5) kejelasan deskripsi intervensi atau aktivitas CT yang dilakukan; (6) instrumen serta bukti validitas dan reliabilitas; (7) ketepatan analisis data; (8) keterbatasan penelitian. Penilaian dilakukan dengan memberikan skor 0 apabila tidak memenuhi atau tidak dilaporkan dalam teks lengkap, memberikan skor 1 apabila memenuhi atau terlapor jelas dalam teks lengkap. Berdasarkan hasil penilaian terhadap 15 artikel yang terpilih, terdapat 8 artikel berkategori tinggi (skor 7 – 8), 6 artikel berkategori sedang (skor 4 – 6), dan 1 artikel berkategori rendah (skor 0 – 3). Artikel dengan kualitas tinggi menjadi bukti utama pada dampak integrasi CT terhadap HOTS dan pemecahan masalah. Artikel dengan kualitas sedang digunakan sebagai pelengkap konteks. Sedangkan artikel dengan kualitas rendah tetap digunakan dalam sintesis tematik sebagai temuan awal.

HASIL

Hasil penelitian ini membahas tentang integrasi *computational thinking* (CT) dalam pembelajaran matematika di jenjang SMP dan SMA. Analisis dilakukan terhadap 15 artikel yang memenuhi kriteria inklusi - eksklusi dan telah diseleksi secara ketat. Pembahasan hasil penelitian dibagi menjadi 4 sub-bab berdasarkan pertanyaan penelitian yang diajukan, yaitu (1) model integrasi CT dalam pembelajaran matematika SMP dan SMA (2) fokus dimensi CT dan teknik penilaiannya, (3) dampak CT terhadap hasil pembelajaran, dan (4) konteks implementasi dan faktor penentu keberhasilan CT.

Model Integrasi CT dalam Pembelajaran Matematika SMP–SMA

Berdasarkan artikel yang telah dianalisis, pendekatan integrasi CT dalam pembelajaran matematika pada jenjang SMP dan SMA telah mengalami banyak perkembangan. Integrasi CT dalam pembelajaran matematika banyak dilakukan melalui berbagai pembelajaran seperti (a) pembelajaran berbasis perangkat digital (*plugged*) seperti *Scratch*, *GeoGebra*, maupun aplikasi pada telepon selular, (b) pembelajaran robotik, (c) pembelajaran tanpa perangkat digital (*unplugged*), dan (d) pendekatan campuran (perangkat digital dan tanpa perangkat digital). Pembelajaran berbasis perangkat digital banyak dilakukan karena memudahkan siswa untuk memodelkan ide matematika, memungkinkan siswa membangun representasi dinamis dan melakukan siklus iterasi terhadap hasil kerja siswa (Aminah et al., 2023; Berk & Gülcü, 2024). Selain itu penggunaan teknologi visual-

interaktif seperti augmented reality pada materi geometri mampu mendukung visualisasi objek yang abstrak, sehingga memiliki potensi untuk mengurangi kesalahan konsep pada geometri transformasi dan spasial (Hanid et al., 2022).

Pembelajaran tanpa perangkat digital juga terbukti efektif untuk tujuan pembelajaran yang menekankan pada penalaran logis, pengurutan prosedural dan kerjasama antar siswa. Pendekatan pembelajaran ini dapat digunakan pada sekolah yang memiliki keterbatasan dalam sarana dan prasarana. Pendekatan ini juga relevan untuk tujuan pembelajaran yang menekankan CT sebagai proses berpikir melalui aktivitas nyata dan diskusi yang terstruktur (Cui et al., 2021; Ye et al., 2025). Berbagai kajian lainnya juga menunjukkan bahwa kombinasi antara pembelajaran berbasis perangkat digital dengan pembelajaran tanpa perangkat digital berpeluang untuk menciptakan pembelajaran yang lebih menyeluruh. Hal ini disebabkan pendekatan tersebut mampu memfasilitasi berbagai gaya belajar yang dimiliki siswa dan mendukung transisi secara bertahap dari pemahaman konkret menuju abstrak.

Berdasarkan tinjauan pedagogis, CT dalam pembelajaran matematika menunjukkan dominasi pada pembelajaran *inquiry*, *problem-based learning* (PBL), *design-based research* (DBR), dan kuasi eksperimen. *Inquiry* dan PBL memiliki kesamaan karakter dengan CT dalam pemecahan masalah sehingga sering digunakan dalam pembelajaran matematika, sedangkan DBR banyak digunakan pada pembelajaran yang memerlukan siklus dan implementasi yang berulang-ulang. Menurut (Lee et al., 2023; Ye et al., 2025) CT memiliki 2 peran yaitu CT sebagai tujuan utama pembelajaran dan CT sebagai alat untuk memperdalam dan memperkaya strategi pemecahan masalah. Pemilihan peran CT ini akan berimplikasi langsung dalam pemilihan tugas, instrumen evaluasi, serta klaim terhadap dampak pembelajaran matematika yang dilakukan.

TABEL 1. Model Integrasi CT dalam Pembelajaran Matematika

Topik	Pendekatan Integrasi	Peran CT
Geometri	Augmented Reality	Tujuan
	Geogebra	Tujuan
	Spreadsheet	Proses
	BloksCAD	Tujuan
Barisan dan deret Aritmatika, kejadian acak & pencacahan, teori bilangan, dan geometri	Scratch	Proses
	Scratch	Proses
Aljabar, geometri, data	Scratch	Tujuan
	Scratch	Proses
Aritmatika dan numerik	Robotik	Tujuan
	Scratch dan Python	Proses
STEM	Pembelajaran STEM berbantuan komputer	Tujuan
Fungsi atau aljabar	Robotik	Tujuan
	Tanpa perangkat digital	Proses
Pola bilangan	Tanpa perangkat digital	Tujuan
Persamaan garis lurus	Tanpa perangkat digital	Tujuan
Literasi matematika	Tanpa Perangkat digital	Tujuan
Pemecahan Masalah	Tanpa Perangkat digital	Proses

Fokus Dimensi CT dan Teknik Penilaiannya

CT memiliki 4 dimensi yang sering digunakan dalam pembelajaran matematika di jenjang SMP dan SMA. Empat dimensi tersebut adalah dekomposisi, abstraksi, pengenalan pola, dan berpikir algoritmik (Aminah et al., 2023; Richardo et al., 2025). Menurut (Aminah et al., 2023), dekomposisi muncul jika tugas yang diberikan menuntut siswa untuk memecahkan persoalan kompleks menjadi persoalan yang lebih sederhana; abstraksi muncul jika siswa memilih informasi yang relevan dan menyusun model matematika yang sederhana; pengenalan pola muncul jika siswa melakukan proses

penemuan atau pencarian keteraturan dan melakukan generalisasi; berpikir algoritmik muncul jika siswa mengkonstruksi prosedur tahap demi tahap atau aturan generatif untuk menghasilkan jawaban. Selain 4 dimensi yang disebutkan diatas, *debugging* (penelusuran kesalahan) juga sering muncul dalam dimensi CT khususnya pada pemrograman maupun pembelajaran menggunakan media interaktif. Siswa diminta memeriksa kesalahan, menguji hipotesis, dan merevisi strategi yang digunakan (Berk & Gülcü, 2024; Cui et al., 2021).

Pada teknik penilaiannya, secara umum terdapat 4 bentuk instrumen yang digunakan dalam menilai CT dalam pembelajaran matematika, diantaranya (1) tes standar CT; (2) penilaian kinerja berbasis produk; (3) penilaian proses; dan (4) skala sikap terhadap CT. Penelitian yang memandang CT sebagai proses cenderung menggunakan metode penelitian kualitatif atau *mix method* termasuk menganalisis CT dalam penyelesaian masalah (Cui et al., 2021; Ye et al., 2025). Disisi lain, penelitian kuantitatif lebih banyak meneliti validitas-reliabilitas instrumen dan menguji hubungan antar-konstruk. Contohnya analisis metakognisi atau literasi matematika terhadap CT dan hasil proses belajar (Lee et al., 2023; Zhang et al., 2024).

Namun beberapa penelitian mengidentifikasi adanya resiko dimana cakupan CT yang luas sering diukur secara terbatas melalui skort tes atau indikator coding tertentu. Ketidakesesuaian ini dapat membiaskan makna dari peningkatan CT karena yang diukur bisa jadi hanya sub-komponen tertentu, bukan keseluruhan proses CT dalam pembelajaran matematika (Lee et al., 2023; Zhang et al., 2024).

TABEL 2. Dimensi CT dan Penilaiannya

Dimensi	Teknik Penilaian	Catatan
Dekomposisi, abstraksi, berpikir algoritmik, <i>debugging</i> .	Tes kemampuan CT berbasis soal tertulis, observasi, dan wawancara	CT diobservasi melalui aktivitas pemecahan masalah dan praktik Scratch, instrumen disebutkan: tes, lembar observasi, pedoman wawancara
Dekomposisi, abstraksi, berpikir algoritmik, <i>debugging</i> .	Tes pemecahan masalah tertulis dengan pedoman penskoran berbasis konsep CT, observasi video atau notes, wawancara	Menilai proses CT pada jawaban dan aktivitas selama intervensi Scratch
Dekomposisi, abstraksi, berpikir algoritmik, evaluasi	Tes CT bebras, survei keyakinan dan sikap terhadap matematika	CT diukur sebagai kemampuan menerapkan CT pada masalah kehidupan nyata, juga mengukur konstruk terkait pembelajaran matematika
Dekomposisi, abstraksi, pengenalan pola, berpikir algoritmik, <i>debugging</i>	Analisis hasil jawaban siswa dan analisis statistik	CT dinilai dari log aktivitas/produk pada pembelajaran matematika
CT dalam proses pemecahan masalah	observasi sistematis proses; rekaman audio & layar; analisis artefak spreadsheet	Fokus pada interaksi CT saat proses pemecahan masalah, penilaian bersifat kualitatif melalui pengodean proses dan hasil tes
Abstraksi komputasional, pemodelan/visualisasi, troubleshooting & <i>debugging</i>	Analisis proses pemecahan masalah	CT dinilai dari proses bagaimana solusi dikembangkan, diuji, diperbaiki

Deskripsi, abstraksi, pengenalan pola, berpikir algoritmik	Pre-test dan post-test kemampuan CT	Penilaian dilakukan dengan memadukan pre-test post-test sesudah dan kuesioner respons
Logika, abstraksi, berpikir algoritmik, pengenalan pola	Pre-test dan post-test CT, kuesioner kepuasan	Menekankan adanya <i>pre-test</i> dan <i>post-test</i> untuk pengetahuan/kompetensi CT
Kreativitas, berpikir algoritmik, kooperatif, berpikir kritis, pemecahan masalah	Tes kemampuan pemodelan matematis tertulis	Menggunakan instrumen modeling berupa tes tertulis

Dampak CT terhadap Hasil Pembelajaran

Secara umum integrasi CT dalam pembelajaran matematika menunjukkan hubungan yang positif dengan HOTS, pemecahan masalah, penalaran, dan hasil pembelajaran. Namun besar hubungan dan efeknya sangat bervariasi bergantung pada rancangan aktivitas, lamanya penelitian, topik matematika, serta kualitas instrument yang digunakan (Berk & Gülcü, 2024; Zhang et al., 2024). Penelitian dengan desain kuasi eksperimen dan STEM berbantuan komputer menunjukkan adanya peningkatan CT ketika pembelajaran memfasilitasi siswa dalam umpan-balik cepat, visualisasi, dan siklus iterasi. Hal ini sangat efektif pada materi yang membutuhkan penggambaran interaktif seperti pada materi geometri (Berk & Gülcü, 2024; Hanid et al., 2022). Sebaliknya capaian hasil pembelajaran dalam CT banyak dipengaruhi oleh seberapa lama penelitian dilakukan, kedalaman materi, dan seberapa cocok evaluasi yang diberikan dengan materi yang diajarkan. Oleh karena itu, temuan dalam penelitian yang menunjukkan hasil yang tidak signifikan, bukan berarti integrasi CT dalam pembelajaran gagal. Hal tersebut memungkinkan terdapat keterbatasan dalam penelitian atau instrumen yang digunakan belum tepat dalam mengukur CT.

Dari sisi afektif, integrasi CT dalam pembelajaran matematika terbukti dapat meningkatkan motivasi, keterlibatan aktif siswa, serta keyakinan diri dalam menyelesaikan tugas yang menantang, terutama pada pembelajaran kolaboratif yang menggunakan konteks masalah nyata (Cui et al., 2023; Lee et al., 2023). Penelitian lain menunjukkan bahwa metakognisi dan persepsi siswa terhadap matematika menjadi variabel mediator yang menjembatani proses berpikir siswa. Sementara literasi matematika menjadi dasar yang memperkuat kemampuan siswa untuk merumuskan, memodelkan, dan menguji hasil yang didapat berbasis CT (Lee et al., 2023; Zhang et al., 2024). Oleh karena itu, CT memberikan pengaruh yang lebih besar ketika siswa dituntut untuk melakukan refleksi atas hasil yang didapatkan, bukan hanya Latihan yang bersifat prosedural.

Konteks Implementasi: Peran Guru, Rancangan Aktivitas, dan Tantangan

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa integrasi CT dalam pembelajaran matematika dijenjang SMP dan SMA sangat bergantung pada kesiapan guru, akses teknologi, dan rancangan aktivitas siswa yang menjembatani antara logika matematika tradisional dan algoritma pemrograman. Peran guru yaitu sebagai fasilitator yang membangun pemahaman siswa tentang pentingnya CT dalam pembelajaran matematika, memberikan stimulus agar siswa menerapkan strategi CT, serta mengarahkan siswa untuk merefleksikan dan mengevaluasi hasil kerja secara produktif (Cui et al., 2023; Ye et al., 2025).

Berdasarkan analisis pada rancangan aktivitas, terdapat 4 elemen utama yang mempengaruhi rancangan aktivitas CT dalam pembelajaran matematika, yaitu (1) memberikan tugas non-rutin yang menstimulus siswa dalam eksplorasi mandiri; (2) memberikan kesempatan siswa untuk *debugging* (penelusuran kesalahan) dan mengevaluasi secara mandiri; (3) memberikan *scaffolding* (dukungan bertahap) dari konkret ke abstrak; (4) kolaborasi antar siswa agar terjadi diskusi dalam strategi CT.

Integrasi perangkat digital dalam pembelajaran CT membantu siswa dalam melakukan uji hipotesis, menyederhakan proses berpikir melalui visualisasi, dan mengurangi beban kognitif tertentu pada siswa, tetapi integrasi ini juga dapat memicu hambatan lain apabila siswa atau guru belum terbiasa menggunakan perangkat digital dalam pembelajaran matematika di kelas (Hanid et al., 2022; Lee et al., 2023). Tantangan lainnya yaitu belum meratanya fasilitas dalam penggunaan perangkat digital serta kesiapan guru dalam penggunaan perangkat digital dalam kelas. Guru perlu dibekali kemampuan untuk merancang metode pengajaran yang tepat, merancang pertanyaan yang memancing logika siswa, serta mengajak siswa melakukan refleksi agar CT benar-benar muncul dalam pembelajaran.

PEMBAHASAN

Temuan ini menunjukkan bahwa tren penelitian integrasi CT dalam pembelajaran matematika di SMP dan SMA semakin menunjukkan keberagaman dari sisi media maupun desain pembelajaran. Pembelajaran berbasis perangkat digital seperti *Scratch*, *augmented reality*, *GeoGebra*, maupun aplikasi telepon seluler lainnya mendominasi dalam penelitian CT. Sementara pembelajaran robotik dan pembelajaran tanpa perangkat digital menjadi alternatif untuk tujuan pembelajaran tertentu. Pembelajaran tanpa perangkat digital yang dilakukan di Singapura berhasil membuktikan bahwa penguatan CT tidak selalu bergantung pada teknologi digital, tetapi dapat dicapai melalui rancangan aktivitas yang terarah dan multirepresentatif (Suarsana et al., 2024). Hasil penelitian ini menegaskan dalam menentukan pendekatan pembelajaran perlu mempertimbangkan ketersediaan fasilitas belajar, budaya akademik, serta tujuan pembelajaran.

Pembahasan terkait integrasi CT dalam pembelajaran matematika menguatkan bahwa manfaat terbesar CT terletak pada fungsinya sebagai proses berpikir dalam pemecahan masalah maupun proses pemodelan (Cui et al., 2021; Ng et al., 2023; Yadav et al., 2016). Pada penelitian CT yang berfokus pada proses, pendekatan kualitatif dan analisis menunjukkan bagaimana siswa melakukan dekomposisi, abstraksi, pengenalan pola, berpikir algoritmik, serta debugging secara berulang (Cui et al., 2023; Lin & DeLiema, 2019). Hasil ini menguatkan bahwa CT merupakan rangkaian proses berpikir yang muncul akibat aktivitas matematis yang dilakukan siswa di kelas. Berdasarkan pola temuan tersebut, hasil analisis ini merangkum keterkaitan antar temuan dalam kerangka integrasi CT pada pembelajaran matematika SMP – SMA.

Berdasarkan analisis terhadap temuan yang dilakukan, peneliti merangkum kerangka integrasi CT yang menyatakan hubungan antara konteks, desain pembelajaran, proses CT, dan luaran yang dihasilkan pada tabel berikut.

TABEL 3. Kerangka Integrasi CT dalam Pembelajaran Matematika SMP – SMA

Komponen Kerangka	Isi	Implikasi Rancangan Pembelajaran
Konteks	Jenjang/Kelas, topik matematika, ketersediaan fasilitas, budaya akademik di sekolah	Pemilihan pendekatan CT perlu memperhatikan kesesuaian fasilitas sekolah dan tujuan pembelajaran yang dilakukan
Desain integrasi	Bentuk Integrasi: <ul style="list-style-type: none"> • Digital (Scratch/GeoGebra/AR/aplikasi) • Robotik • Tanpa perangkat digital • Campuran 	Pendekatan CT tetap bisa dilakukan tanpa bergantung pada teknologi. Desain aktivitas yang mengarahkan pada proses CT lebih menentukan hasil

Peran CT	<ul style="list-style-type: none"> • CT sebagai tujuan yaitu mengembangkan keterampilan CT • CT sebagai proses yaitu kegiatan mendukung pemecahan masalah atau pemodelan 	Memastikan tujuan penggunaan CT dalam pembelajaran
Proses CT yang muncul	Dekomposisi, abstraksi, pengenalan pola, algoritmik, <i>debugging</i> secara iteratif melalui aktivitas	Desain aktivitas yang dibuat menuntun langkah CT secara eksplisit serta adanya evaluasi solusi
Luaran yang dihasilkan	Dampak CT lebih konsisten pada HOTS dan pemecahan masalah, sedangkan pada hasil pembelajaran menunjukkan dampak yang variatif	Fokus pada penilaian proses dan hasil, perkuat durasi intervensi dan kualitas instrumen

Berdasarkan kerangka integrasi di atas, dilakukan pemetaan dimensi CT menurut topik matematika yang disajikan pada tabel 4.

TABEL 4. Pemetaan Dimensi CT Berdasarkan Topik Matematika

Topik Matematika	Dimensi CT	Fokus Aktivitas
Aljabar / Persamaan / Fungsi	Dekomposisi, berpikir algoritmik, pengenalan pola	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan pemecahan persoalan menjadi langkah-langkah yang lebih sederhana • Menyusun prosedur penyelesaian • Generalisasi pola penyelesaian dan verifikasi langkah
Geometri / Geometri Transformasi	Abstraksi, <i>debugging</i> , pengenalan pola	<ul style="list-style-type: none"> • Membangun representasi • Menguji dan memperbaiki kesalahan konstruksi maupun transformasi • Membandingkan kesebangunan atau korespondensi pola
Pemodelan Matematika	Abstraksi, dekomposisi, berpikir algoritmik	<ul style="list-style-type: none"> • Menyederhanakan konteks masalah menjadi model matematika • Menentukan variabel • Menjalankan prosedur • Mengevaluasi kecocokan model terhadap konteks masalah
Statistika / Data	Pengenalan pola, abstraksi, dekomposisi	<ul style="list-style-type: none"> • Mengidentifikasi tren atau pola • Mengelompokan data • Membuat representasi secara ringkas • Menafsirkan hasil dan memeriksa konsistensi

Dengan adanya kerangka dan pemetaan dimensi CT terhadap topik matematika, integrasi dampak CT dapat dilakukan secara lebih terarah dan sistematis. Temuan lain pada penelitian ini, terlihat bahwa dampak pembelajaran pada aspek HOTS maupun pemecahan masalah cenderung lebih konsisten dibandingkan dengan capaian hasil pembelajaran siswa. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh durasi, topik, dan kualitas instrumen yang digunakan dalam penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi CT dalam pembelajaran matematika mampu meningkatkan

kemampuan pemecahan masalah, keterampilan kognitif, dan hasil pembelajaran, tetapi dengan tingkat ukuran efek yang berbeda-beda (Fauzi et al., 2024; Ye, Liang, et al., 2023). Metakognisi juga memiliki peran yang kuat terhadap integrasi CT dengan topik matematika karena siswa didorong untuk melakukan penyesuaian strategi dalam belajar secara mandiri (Juškevičienė et al., 2020).

Hasil analisis penelitian ini juga menemukan hambatan yang signifikan. Pertama, ketidakseragaman dalam menentukan definisi operasional CT dan pengukuran CT. Definisi CT seringkali luas namun pengukurannya terbatas pada tes standar yang cenderung sempit (Angraini & Abdurrahman, 2024; Chan et al., 2021). Kedua, Sebagian penelitian menggunakan desain penelitian non-random dan ukuran sampel yang kecil, sehingga memiliki potensi bias dan adanya variabel pengganggu (Chval et al., 2008). Ketiga, masih terbatasnya penelitian jangka Panjang dan lintas institusi membatasi pemahaman tentang sejauh mana CT dapat diaplikasikan pada topik matematika yang lain (Monteiro et al., 2021; Ye, Ng, et al., 2023).

Kajian literatur ini menyimpulkan bahwa CT perlu diposisikan sebagai jembatan antara pemodelan matematika, strategi pemecahan masalah, serta kontrol metakognitif. Hal ini menuntut adanya pemetaan aspek CT yang paling relevan untuk topik matematika tertentu. Untuk penerapan di kelas, temuan literatur menekankan pentingnya menyusun rancangan aktivitas kolaboratif antar siswa. Pendekatan campuran antara pembelajaran berbasis perangkat digital maupun pembelajaran tanpa perangkat digital menjadi penyeimbang untuk menyikapi perbedaan fasilitas belajar dan gaya belajar siswa yang bervariasi (Hubelbank et al., 2024; Tsortanidou et al., 2019). Untuk penelitian selanjutnya, perlu dilakukan standarisasi operasional CT dalam bidang matematika dan juga memperluas cakupan desain penelitian untuk melihat dampak jangka panjang integrasi CT dalam pembelajaran matematika dan isu pemerataan akses pendidikan (Ye et al., 2023; Angeli & Giannakos, 2020).

KESIMPULAN

Kajian literatur ini menganalisis penelitian tentang integrasi CT dalam pembelajaran matematika pada jenjang SMP-SMA yang dilakukan pada tahun 2020 – 2025. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, integrasi CT berkembang dengan berbagai pendekatan pembelajaran baik melalui perangkat digital, robotik, tanpa perangkat digital, maupun campuran. Dominasi desain pembelajaran yang dilakukan dalam integrasi CT yaitu *inquiry*, PBL, DBR, dan kuasi eksperimen. Temuan hasil analisis menunjukkan bahwa CT bukan hanya sekedar aktivitas coding, namun menunjukkan efektivitas yang baik jika digunakan sebagai proses berpikir untuk pemecahan masalah dan pemodelan matematika.

Dimensi CT yang paling sering digunakan yaitu dekomposisi, abstraksi, pengenalan pola, dan berpikir algoritmik. Sementara proses debugging muncul pada kegiatan pemrograman dan media interaktif. Dampak yang muncul dari integrasi CT cenderung menunjukkan hasil yang konsisten pada HOTS dan kemampuan pemecahan masalah. Sedangkan pada hasil pembelajaran, CT banyak dipengaruhi oleh durasi penelitian, topik matematika, dan kualitas instrumen CT yang digunakan.

Implikasi dalam pembelajaran matematika di jenjang SMP dan SMA yaitu guru perlu merancang tugas non-rutin yang mampu menstimulus siswa dalam melakukan eksplorasi, visualisasi yang interaktif, proses iterasi, dan refleksi. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam memberikan kerangka sistematis yang menghubungkan antara integrasi CT, pengukuran CT, efektivitas CT terhadap hasil pembelajaran, hingga faktor yang mempengaruhi praktek pelaksanaan CT di kelas.

Penelitian selanjutnya perlu dilakukan standarisasi operasional CT dalam bidang matematika dan memperluas penelitian dalam jangka panjang di berbagai sekolah. Selain itu, mencantumkan ukuran efek dan faktor pengganggu dalam penerapan integrasi CT dalam pembelajaran matematika juga penting dilakukan agar pembelajaran tersebut dapat di terapkan secara luas.

REFERENSI

- Abdul Hanid, M. F., Haruzuan Said, M. N., Yahaya, N., & Abdullah, Z. (2022). Effects of augmented reality application integration with computational thinking in geometry topics. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10994-w>
- Agustiani, N. (2022). Identification of high school students' computational thinking skills in solving binomial probability problems. *Aksioma Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v1i13.5026>
- 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)*. <https://doi.org/10.11591/ijere.v12i2.23308>
- Angraini, L. M., & Abdurrahman, A. (2024). Computational thinking readiness level of first-year students of mathematics education. *International Journal of Mathematics and Mathematics Education*. <https://doi.org/10.56855/ijmme.v2i3.1099>
- Berk, G., & Gülcü, A. (2024). The effect of computer-supported stem applications on secondary students' achievement and computational thinking skills. *Participatory Educational Research*, 11(4), 160 – 183. <https://doi.org/10.17275/per.24.54.11.4>
- Braithwaite, J., Herkes, J., Churruca, K., Long, J. C., Pomare, C., Boyling, C., Bierbaum, M., Clay-Williams, R., Rapport, F., Shih, P., Hogden, A., Ellis, L. A., Ludlow, K., Austin, E., Seah, R., McPherson, E., Hibbert, P., & Westbrook, J. (2019). Comprehensive researcher achievement model (cram): a framework for measuring researcher achievement, impact and influence derived from a systematic literature review of metrics and models. *BMJ Open*. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-025320>
- Chan, S.-W., Looi, C.-K., Mahedirata, S., & Kim, M. S. (2021). A systematic review of teachers' preparedness towards computational thinking integration in mathematics. *Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education*, 153 – 155. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85193909058&partnerID=40&md5=41dcb8d5298a292dcb4168e29bea0c7e>
- Chval, K. B., Abell, S. K., Pareja, E. M., Musikul, K., & Ritzka, G. J. (2008). Science and mathematics teachers' experiences, needs, and expectations regarding professional development. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75304>
- Cui, Z., Ng, O.-L., & Jong, M. S. Y. (2021). Integration of programming-based tasks into mathematical problem-based learning. In R. M.M.T., I. S., M. A., C. H.N.H., K.-V. D., M. C., P. A., R. R., S. K., & W. J. (Eds.), *29th International Conference on Computers in Education Conference, ICCE 2021 - Proceedings* (Vol. 1, pp. 185 – 187). Asia-Pacific Society for Computers in Education. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85126599979&partnerID=40&md5=9a6245cb66642891dcf3979f993c95cd>
- Cui, Z., Ng, O., & Jong, M. S. Y. (2023). Integration of computational thinking with mathematical problem-based learning. *Educational Technology & Society*. <https://www.jstor.org/stable/48721001>
- dos Reis, L. C., & Jaime, P. C. (2020). Scale for evaluating food and nutrition education practices in primary health care. *Revista De Nutrição*. <https://doi.org/10.1590/1678-9865202033e190231>
- Fauzi, A. L., Kusumah, Y. S., & ... (2024). Computational thinking in mathematics education: a systematic literature review on its implementation and impact on students' learning. <https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/jurnalkependidikan/article/view/11140>
- Ferreira, T. D., dos Santos, J. S., Araújo Medeiros, R. de, Andrade, W. L., Brunet, J., & Araujo Melo, M. R. (2023). *Exploring the relationship of mathematical reasoning and computational thinking*. <https://doi.org/10.5753/wie.2023.235113>
- Han, C. T., Sofia Atan, N. A., Rosli, M. S., Zik Hong, J. B., Noor, H. M., & Li, J. (2024). Global education: computational thinking's role and relationships explored. *Environment-Behaviour Proceedings Journal*. <https://doi.org/10.21834/e-bpj.v9i27.5709>
- Hanid, M. F. A., Mohamad Said, M. N. H., Yahaya, N., & Abdullah, Z. (2022). The elements of

- computational thinking in learning geometry by using augmented reality application. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 16(2), 28 – 41. <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i02.27295>
- Hubelbank, J., Dubosarsky, M., Kayumova, S., Davis, T. P., Sann, N., Fortin, S., & Smith, G. (2024). Integrating computational thinking practices into early childhood education in culturally responsive ways: insights from research–practice partnership. *Future in Educational Research*. <https://doi.org/10.1002/fer3.49>
- Ilić, J., Ivanović, M., & Klačnja-Milićević, A. (2024). Effects of digital game-based learning in stem education on students' motivation: a systematic literature review. *Journal of Baltic Science Education*. <https://doi.org/10.33225/jbse/24.23.20>
- Irawan, E., Rosjanuardi, R., & Prabawanto, S. (2024a). Advancing computational thinking in mathematics education: a systematic review of Indonesian research landscape. *Jtam (Jurnal Teori Dan Aplikasi Matematika)*. <https://doi.org/10.31764/jtam.v8i1.17516>
- Irawan, E., Rosjanuardi, R., & Prabawanto, S. (2024b). Research trends of computational thinking in mathematics learning: A bibliometric analysis from 2009 to 2023. *Journal of Mathematics* <https://www.ejmste.com/article/research-trends-of-computational-thinking-in-mathematics-learning-a-bibliometric-analysis-from-2009-14343>
- Juškevičienė, A., Stupurienė, G., & Jevsikova, T. (2020). Computational thinking development through physical computing activities in STEAM education. *Computer Applications in Engineering Education*. <https://doi.org/10.1002/cae.22365>
- Lee, S. W. Y., Tu, H. Y., Chen, G. L., & Lin, H. M. (2023). Exploring the multifaceted roles of mathematics learning in predicting students' computational thinking competency. In *Journal of STEM education*. Springer. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00455-2>
- Lin, K., & DeLiema, D. (2019). *Subgoals, problem solving phases, and sources of knowledge*. <https://doi.org/10.1145/3287324.3293712>
- Litna Tarigan, W. P., Paidi, P., & Wiyarsi, A. (2025). Integrating computational thinking and creativity in project-based learning: a systematic review. *Research and Development in Education (Raden)*. <https://doi.org/10.22219/raden.v5i1.39994>
- Maharani, S., Susanti, V. D., Andari, T., Krisdiana, I., & Astuti, I. P. (2023). Trend publication of computational thinking in mathematics education: bibliometric review. *JIPM (Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika)*. <https://doi.org/10.25273/jipm.v12i1.17654>
- Mariana, E. P., & Kristanto, Y. D. (2023). Integrating STEAM education and computational thinking: analysis of students' critical and creative thinking skills in an innovative teaching and learning. *Southeast Asian Mathematics Education Journal*. <https://doi.org/10.46517/seamej.v13i1.241>
- Martini, M., & Aminah, N. (2024). Integration of computational thinking in mathematics learning in senior secondary education from 2019-2023: systematic literature review. *International Journal of Mathematics ...* <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/pijmath/article/view/12506>
- Mendrofa, N. K. (2024). Computational thinking skills in 21st century mathematics learning. In *Jiip- Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*. [scholar.archive.org. https://scholar.archive.org/work/zj4uzx53gnchnccfsolzno7uy/access/wayback/https://jiip.stkip yapisdampu.ac.id/jiip/index.php/JIIP/article/download/3780/3001/25929](https://scholar.archive.org/work/zj4uzx53gnchnccfsolzno7uy/access/wayback/https://jiip.stkip yapisdampu.ac.id/jiip/index.php/JIIP/article/download/3780/3001/25929)
- Mohmad, A. F., & Maat, S. M. (2024). Implementation of computational thinking activities in teaching and learning of mathematics primary schools. In *kwpublications.com* (pp. 1048–1056). <https://doi.org/10.6007/IJARBSS/v14-i3/20980>
- Monteiro, A. F., Miranda-Pinto, M. S., Osório, A. J., & Araújo, C. (2021). *Coding as literacy: case studies at pre-primary and elementary school*. <https://doi.org/10.21125/inted.2021.0718>
- Navarro, E. R., & Carmo Sousa, M. do. (2023). The concept of computational thinking in mathematics education. *Journal of Mathematics and Science Teacher*. <https://doi.org/10.29333/mathsciteacher/13630>
- Ng, O. L., Leung, A., & Ye, H. (2023). Exploring computational thinking as a boundary object between mathematics and computer programming for STEM teaching and learning. *ZDM– Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01509-z>

- Nyoman Hartawan, I. G., Arsana Putri, L. H., & Mahayukti, G. A. (2024). Junior high school student's computational thinking ability in solving mathematical problems. *Jurnal Pedagogi Dan Pembelajaran*. <https://doi.org/10.23887/jp2.v7i1.78001>
- Richardo, R., Astuti Dwiningrum, S. I., Murti, R. C., Wijaya, A., Adawiya, R., Ihwani, I. L., Ardiyaningrum, M., & Aryani, A. E. (2025). Computational thinking skills profile in solving mathematical problems based on computational thinking attitude. *Journal of Education and Learning (Edulearn)*. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v19i2.21643>
- Sanford, J. F., & Naidu, J. T. (2016). Computational thinking concepts for grade school. *Contemporary Issues in Education Research*. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1087584>
- Strahl, A., Gerlich, C., Alpers, G. W., Ehrmann, K., Gehrke, J., Müller-Garnn, A., & Vogel, H. (2018). Development and evaluation of a standardized peer-training in the context of peer review for quality assurance in work capacity evaluation. *BMC Medical Education*. <https://doi.org/10.1186/s12909-018-1233-z>
- Suarsana, I. M., Herman, T., Nurlaelah, E., Irianto, I., & Pacis, E. R. (2024). Computational thinking in mathematics education across five nations. *Indonesian Journal of Educational Research and Review*. <https://doi.org/10.23887/ijerr.v7i1.68202>
- Tsortanidou, X., Daradoumis, T., & Barberà, E. (2019). Connecting moments of creativity, computational thinking, collaboration and new media literacy skills. *Information and Learning Sciences*. <https://doi.org/10.1108/ils-05-2019-0042>
- Valovičová, L., Ondruška, J., Zelenický, L., Chytrý, V., & Medová, J. (2020). Enhancing computational thinking through interdisciplinary steam activities using tablets. *Mathematics*, 8(12), 1 – 15. <https://doi.org/10.3390/math8122128>
- Wang, M.-D., Ewan Matore, M. E., & Rosli, R. (2025). Analytical thinking in mathematics: a systematic literature review on research types and content. *International Journal of Instruction*. <https://doi.org/10.29333/iji.2025.1849a>
- Yadav, A., Hong, H., & Stephenson, C. (2016). Computational thinking for all: pedagogical approaches to embedding 21st century problem solving in K-12 classrooms. *Techtrends*. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0087-7>
- Ye, H., Liang, B., & Ng, O. (2025). A learner-centred exploration of teachers' solution pathways in k-12 programming-based mathematical problem-solving. *Journal of Computer Assisted Learning*. <https://doi.org/10.1111/jcal.70102>
- 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. In *International Journal of STEM Education*. Springer. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00396-w>
- Ye, H., Ng, O.-L., & Cui, Z. (2023). A thematic analysis exploring flexibility in programming-based mathematical problem solving. In S. J.-L., K. A., C. W., C. W., O. H., B. R., C. B., D. S., M. J., Y. A.M.F., Y. Y., & Z. H. (Eds.), *31st International Conference on Computers in Education, ICCE 2023 - Proceedings* (Vol. 1, pp. 183 – 188). Asia-Pacific Society for Computers in Education. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85181539060&partnerID=40&md5=0f51c51f87c4d3617f85da2136d1b7e6>
- Yeni, S., Grgurina, N., Saeli, M., Hermans, F., Tolboom, J., & Barendsen, E. (2023). Interdisciplinary integration of computational thinking in K-12 education: a systematic review. *Informatics in Education*. <https://doi.org/10.15388/infedu.2024.08>
- Zhang, J., Zhou, Y., Jing, B., Pi, Z., & Ma, H. (2024). Metacognition and mathematical modeling skills: the mediating roles of computational thinking in high school students. *Journal of Intelligence*. <https://doi.org/10.3390/jintelligence12060055>