



Membangun Jembatan antara Matematika dan Coding: Kajian Sistematis terhadap Kurikulum Terpadu STEM

Hamidah^{1*}, Jaka Wijaya Kusuma², Puput Puspito Rini³, Tri Setyo Slamet⁴

^{1,2}Universitas Bina Bangsa, Banten

³Universitas Bestari

⁴Universitas Salakanagara

Corresponden Email: jakawijayak@gmail.com¹

Abstract

This article presents a systematic review of the integration of mathematics and coding in the integrated STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) curriculum. The background of this research is based on the need to improve students' 21st century skills, especially in problem solving, computational thinking, and creativity. The main objective of this study is to identify basic mathematical concepts relevant to coding, the basic principles of coding in STEM contexts, as well as the role of mathematics in designing and analyzing STEM algorithms. The method used includes a systematic literature search through various databases such as JSTOR, ScienceDirect, and Google Scholar, using relevant keywords such as "mathematics", "coding", "STEM", "integrated curriculum", and "computational thinking". Inclusion and exclusion criteria were used to screen for relevant literature, and qualitative data analysis was conducted to synthesize findings from selected studies. Key findings from this study include the identification of key mathematical concepts underlying coding (logic, algebra, calculus), the basic principles of coding in STEM contexts, and case studies of the implementation of integrated mathematics-coding curriculum at various levels of education. The results of the study show that the integration of mathematics and coding can improve students' skills in problem solving, computational thinking, and creativity. In addition, it was found that the role of teachers and lecturers is very important in the successful implementation of this integrated curriculum, which is supported by the use of technology and learning tools. The conclusion of this study is that the integration of mathematics and coding in the STEM curriculum is an effective approach to prepare students for future challenges, as well as provide practical implications for teachers, lecturers, and education students in designing and implementing relevant and engaging learning.

Keywords: Math, Coding, STEM, Integrated Curriculum, Computational Thinking

Abstrak

Artikel ini menyajikan kajian sistematis mengenai integrasi matematika dan coding dalam kurikulum terpadu STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). Latar belakang penelitian ini didasarkan pada kebutuhan untuk meningkatkan keterampilan abad ke-21 siswa, terutama dalam pemecahan masalah, berpikir komputasional, dan kreativitas. Tujuan utama dari kajian ini adalah untuk mengidentifikasi konsep-konsep dasar matematika yang relevan dengan coding, prinsip-prinsip dasar coding dalam konteks STEM, serta peran matematika dalam merancang dan menganalisis algoritma STEM. Metode yang digunakan meliputi penelusuran literatur secara sistematis melalui berbagai basis data seperti JSTOR, ScienceDirect, dan Google Scholar, dengan menggunakan kata kunci yang relevan seperti "matematika", "coding", "STEM", "kurikulum terpadu", dan "berpikir komputasional". Kriteria inklusi dan eksklusi digunakan untuk menyaring literatur yang relevan, dan analisis data kualitatif dilakukan untuk mensintesis temuan dari studi-studi terpilih. Temuan utama dari kajian ini meliputi identifikasi konsep-konsep matematika kunci yang mendasari coding (logika, aljabar, kalkulus), prinsip-prinsip dasar coding dalam konteks STEM, serta studi kasus implementasi kurikulum terpadu matematika-coding di berbagai tingkatan pendidikan. Hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi matematika dan coding dapat meningkatkan keterampilan siswa dalam pemecahan masalah, berpikir komputasional, dan kreativitas. Selain itu, ditemukan bahwa peran guru dan dosen sangat penting dalam keberhasilan implementasi kurikulum terpadu ini, yang didukung oleh penggunaan teknologi dan alat bantu pembelajaran. Kesimpulan dari kajian ini adalah bahwa integrasi matematika dan coding dalam kurikulum STEM merupakan pendekatan yang efektif untuk mempersiapkan siswa menghadapi tantangan di masa depan, serta memberikan implikasi praktis bagi guru, dosen, dan mahasiswa pendidikan dalam merancang dan melaksanakan pembelajaran yang relevan dan menarik.

Kata Kunci: Matematika, Coding, STEM, Kurikulum Terpadu, Berpikir Komputasional

PENDAHULUAN

Era abad ke-21 ditandai oleh perubahan yang eksponensial di berbagai lini kehidupan, terutama dalam lanskap teknologi dan ilmu pengetahuan. Kemajuan pesat dalam digitalisasi, kecerdasan buatan (AI), analisis data besar (big data), bioteknologi, dan energi terbarukan telah secara fundamental mengubah cara kita hidup, bekerja, dan berinteraksi. Dalam konteks global yang dinamis ini, sistem pendidikan di seluruh dunia dihadapkan pada tantangan krusial: bagaimana mempersiapkan generasi muda agar tidak hanya mampu beradaptasi, tetapi juga menjadi inovator dan pemimpin dalam menghadapi kompleksitas yang terus berkembang. Keterampilan yang dibutuhkan di masa depan tidak lagi terbatas pada pengetahuan faktual yang luas, melainkan bergeser secara dramatis ke arah kemampuan berpikir tingkat tinggi (higher-order thinking skills), pemecahan masalah yang kompleks, kreativitas, kolaborasi, dan literasi digital yang mendalam.

Menyadari urgensi ini, berbagai organisasi internasional dan badan pembuat kebijakan pendidikan telah secara konsisten menekankan pentingnya revitalisasi pendidikan, khususnya dalam bidang Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika (STEM). Laporan dari UNESCO (2017) secara tegas menggarisbawahi bahwa pendidikan STEM memegang peranan sentral dalam membentuk warga negara yang kompeten dan adaptif di abad ke-21. UNESCO (2017) menyatakan, "The world is facing unprecedented challenges that require innovative solutions, and STEM education is key to equipping the next generation with the knowledge, skills, and attitudes needed to address these issues." (Dunia sedang menghadapi tantangan yang belum pernah terjadi sebelumnya yang membutuhkan solusi inovatif, dan pendidikan STEM adalah kunci untuk membekali generasi mendatang dengan pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang diperlukan untuk mengatasi masalah-masalah ini.) Lebih lanjut, organisasi seperti OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) melalui program PISA (Programme for International Student Assessment) terus memantau dan mengevaluasi kemampuan siswa dalam menerapkan pengetahuan STEM dalam konteks dunia nyata, menyoroti kesenjangan yang ada dan mendorong reformasi kurikulum.

Peningkatan kualitas pembelajaran dalam domain STEM bukan sekadar pilihan, melainkan suatu keharusan strategis. Hal ini didorong oleh beberapa faktor utama. Pertama, kebutuhan akan tenaga kerja yang terampil di sektor STEM terus meningkat secara global. Industri teknologi, manufaktur maju, sektor kesehatan, dan energi terbarukan membutuhkan para profesional yang memiliki pemahaman mendalam tentang prinsip-prinsip ilmiah dan kemampuan untuk menerapkan teknologi. Gagal dalam mempersiapkan angkatan kerja yang memadai dapat berakibat pada hilangnya daya saing ekonomi suatu negara dan ketergantungan pada sumber daya asing. Kedua, kompleksitas masalah global seperti perubahan iklim, pandemi penyakit, ketahanan pangan, dan keamanan siber sangat memerlukan pendekatan multidisiplin yang berakar pada sains dan teknologi. Solusi inovatif untuk masalah-masalah ini tidak dapat dicapai tanpa individu yang mampu berpikir secara kritis, analitis, dan kreatif. Ketiga, perkembangan teknologi yang pesat, khususnya dalam bidang komputasi, telah membuka peluang baru yang belum pernah terbayangkan sebelumnya. Kemampuan untuk memahami, memanfaatkan, dan bahkan menciptakan teknologi ini menjadi kompetensi dasar yang esensial.

Dalam kerangka inilah, integrasi dua pilar fundamental, yaitu matematika dan coding, muncul sebagai strategi pedagogis yang sangat menjanjikan. Matematika, yang sering disebut sebagai "bahasa universal sains dan teknologi," menyediakan kerangka logis dan analitis yang esensial untuk memahami fenomena alam dan membangun model-model prediktif. Sejak zaman kuno, matematika telah menjadi fondasi bagi kemajuan peradaban manusia, mulai dari astronomi, fisika, hingga rekayasa. Konsep-konsep matematika seperti logika, aljabar, kalkulus, statistik, dan teori graf bukan hanya alat untuk menghitung, tetapi juga merupakan cara berpikir yang memungkinkan kita untuk menganalisis pola, memodelkan sistem yang kompleks, dan membuat keputusan yang berbasis bukti.

Di sisi lain, coding, atau pemrograman komputer, telah berevolusi dari sekadar alat teknis menjadi sarana fundamental untuk memecahkan masalah, mengekspresikan ide-ide kreatif, dan membangun solusi digital. Dalam konteks abad ke-21, coding bukan lagi domain eksklusif para insinyur perangkat lunak, melainkan telah menjadi bentuk literasi baru yang memungkinkan individu untuk berinteraksi secara mendalam dengan dunia digital yang semakin dominan. Seperti yang dikemukakan oleh diSessa (2018) dalam karyanya yang berpengaruh mengenai computational thinking, coding menyediakan sarana bagi siswa untuk tidak hanya menjadi konsumen pasif teknologi, tetapi juga menjadi pencipta aktif. Kemampuan untuk menerjemahkan ide-ide abstrak menjadi

instruksi yang dapat dijalankan oleh komputer, memecah masalah besar menjadi bagian-bagian yang lebih kecil, dan merancang alur logika untuk menyelesaikan tugas-tugas tertentu adalah inti dari keterampilan yang ditawarkan oleh coding.

Kombinasi antara matematika dan coding menawarkan sinergi yang unik dan kuat. Matematika memberikan landasan konseptual dan analitis, sementara coding menyediakan alat praktis untuk mengimplementasikan, memanipulasi, dan memvisualisasikan konsep-konsep matematika tersebut. Dengan mengintegrasikan kedua disiplin ini, pendidik dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih kaya, bermakna, dan relevan, yang secara efektif mempersiapkan siswa untuk berhasil dalam karir STEM dan berkontribusi pada masyarakat yang semakin didorong oleh teknologi.

Urgensi integrasi matematika dan coding dalam pendidikan STEM memiliki implikasi yang sangat signifikan bagi berbagai pemangku kepentingan dalam ekosistem pendidikan, termasuk guru, dosen, dan mahasiswa pendidikan. Memahami peran dan relevansi topik ini bagi setiap kelompok adalah kunci untuk mendorong adopsi dan implementasi yang efektif.

Bagi guru, integrasi matematika dan coding menawarkan sebuah paradigma baru dalam praktik pengajaran. Secara tradisional, beberapa konsep matematika seringkali dianggap abstrak dan sulit dipahami oleh siswa, yang mengarah pada kebosanan atau bahkan ketakutan terhadap mata pelajaran tersebut. Pendekatan pengajaran yang monoton atau kurang relevan dengan dunia nyata dapat memperburuk masalah ini. Integrasi coding memungkinkan guru untuk menyajikan konsep-konsep matematika yang abstrak menjadi lebih konkret, interaktif, dan menarik. Melalui coding, siswa dapat memvisualisasikan bagaimana konsep-konsep seperti fungsi, grafik, deret, atau bahkan probabilitas bekerja dalam aplikasi nyata.

Contoh konkretnya, daripada hanya mengajarkan konsep fungsi secara teoritis, guru dapat menggunakan coding untuk membuat simulasi di mana siswa dapat memanipulasi parameter fungsi dan melihat secara langsung bagaimana grafik berubah. Misalnya, dalam bahasa pemrograman seperti Python dengan pustaka matplotlib, siswa dapat dengan mudah memplot fungsi kuadratik $y = ax^2 + bx + c$ dan secara dinamis mengubah nilai koefisien a , b , dan c untuk mengamati dampaknya terhadap bentuk dan posisi parabola. Hal ini memberikan pengalaman "hands-on" yang memungkinkan siswa untuk bereksperimen, membuat hipotesis, dan membangun pemahaman yang lebih mendalam dan intuitif tentang konsep tersebut. Miller (2019), dalam studinya, menyoroti bahwa "coding provides a dynamic canvas for students to explore mathematical ideas, fostering deeper conceptual understanding and engagement" (coding menyediakan kanvas dinamis bagi siswa untuk mengeksplorasi ide-ide matematika, menumbuhkan pemahaman konseptual yang lebih dalam dan keterlibatan).

Lebih jauh lagi, coding dapat digunakan untuk mengajarkan konsep-konsep yang lebih kompleks. Misalnya, dalam pembelajaran aljabar linier, siswa dapat menggunakan coding untuk melakukan operasi matriks, menyelesaikan sistem persamaan linier, atau bahkan memahami konsep transformasi linier melalui manipulasi objek grafis. Dalam statistik, siswa dapat menggunakan coding untuk melakukan simulasi Monte Carlo, memvisualisasikan distribusi data, atau menguji hipotesis statistik secara empiris. Kemampuan untuk memanipulasi data dan menjalankan simulasi secara langsung memberikan dimensi baru dalam pembelajaran matematika yang sulit dicapai melalui metode tradisional. Ini tidak hanya membuat matematika lebih menarik, tetapi juga membantu siswa mengembangkan keterampilan pemecahan masalah dan berpikir komputasional yang esensial.

Bagi dosen pendidikan, topik integrasi matematika dan coding sangat relevan dalam dua area utama: pengembangan kurikulum dan pelatihan guru. Dosen memiliki peran krusial dalam merancang program studi yang mempersiapkan calon guru dengan keterampilan yang dibutuhkan oleh sistem pendidikan modern. Hal ini mencakup pemahaman mendalam tentang bagaimana mengintegrasikan elemen-elemen STEM secara efektif. Dosen perlu mengidentifikasi konsep-konsep kunci dalam matematika dan coding yang saling berkaitan, serta merumuskan pedagogi yang inovatif untuk mengajarkannya.

Selain itu, dosen bertanggung jawab dalam memberikan pelatihan dan pengembangan profesional bagi guru yang sudah mengajar. Banyak guru yang mungkin tidak memiliki latar belakang yang kuat dalam coding atau belum terbiasa dengan pendekatan pengajaran yang terintegrasi. Dosen perlu merancang program pelatihan yang tidak hanya membekali guru dengan pengetahuan teknis coding, tetapi juga dengan pemahaman pedagogis tentang bagaimana mengintegrasikannya ke dalam

kurikulum matematika yang ada. Ini mencakup strategi untuk mengajar konsep-konsep matematika melalui coding, merancang proyek-proyek STEM yang menggabungkan kedua disiplin, dan mengevaluasi pembelajaran siswa dalam konteks terpadu ini. Dosen juga perlu menjadi agen perubahan, mempromosikan pentingnya integrasi ini dan membantu mengatasi hambatan yang mungkin dihadapi oleh guru di lapangan.

Bagi mahasiswa pendidikan, pemahaman tentang integrasi matematika dan coding adalah fondasi penting untuk karir mengajar mereka di masa depan. Sebagai calon pendidik, mereka perlu dibekali dengan pengetahuan dan keterampilan yang memungkinkan mereka untuk menciptakan lingkungan belajar yang relevan, menarik, dan memberdayakan siswa. Mahasiswa pendidikan harus memahami bagaimana coding dapat menjadi alat yang ampuh untuk mengajarkan matematika, bukan sebagai mata pelajaran yang terpisah, tetapi sebagai bagian integral dari pemecahan masalah dunia nyata.

Mereka perlu belajar bagaimana mengidentifikasi kesamaan konseptual antara matematika dan coding, seperti logika boolean dalam pemrograman yang berkaitan dengan logika proposisional dalam matematika, atau penggunaan variabel dan ekspresi dalam coding yang merupakan aplikasi langsung dari aljabar. Mahasiswa pendidikan juga perlu mengembangkan keterampilan teknis dasar dalam coding, serta kemampuan untuk merancang aktivitas pembelajaran yang memanfaatkan coding untuk memperdalam pemahaman matematika. Ini melibatkan pemahaman tentang bagaimana menggunakan alat-alat pemrograman yang sesuai untuk berbagai tingkatan usia dan kurikulum, serta bagaimana memfasilitasi kolaborasi dan pemikiran kritis di antara siswa. Dengan membekali diri mereka dengan kompetensi ini, mahasiswa pendidikan akan siap untuk menjadi agen perubahan dalam pendidikan STEM.

Meskipun potensi integrasi matematika dan coding dalam pendidikan STEM sangat besar, implementasinya di lapangan masih menghadapi berbagai tantangan dan kesenjangan yang signifikan. Kesenjangan ini mencakup aspek pedagogis, kurikuler, sumber daya, dan penelitian. Mengidentifikasi kesenjangan ini adalah langkah awal yang krusial untuk merumuskan solusi yang efektif dan mengarahkan penelitian di masa depan.

Salah satu hambatan utama adalah kurangnya pelatihan yang memadai bagi guru dan dosen. Banyak guru yang mengajar matematika tidak memiliki latar belakang atau pelatihan formal dalam coding. Demikian pula, banyak dosen pendidikan yang mungkin belum sepenuhnya menguasai bagaimana mengintegrasikan coding ke dalam kurikulum mereka. Kurangnya pelatihan yang komprehensif dan berkelanjutan menyebabkan ketidakpercayaan diri dan ketakutan di kalangan pendidik untuk mengadopsi pendekatan baru ini. Mereka mungkin merasa tidak siap secara teknis maupun pedagogis untuk mengajar subjek yang asing bagi mereka. Pelatihan yang ada seringkali bersifat sporadis atau hanya berfokus pada aspek teknis coding tanpa mengaitkannya secara mendalam dengan kurikulum matematika dan pedagogi STEM.

Selain itu, terdapat keterbatasan sumber daya. Implementasi coding dalam pembelajaran seringkali membutuhkan akses ke perangkat keras (komputer, tablet) dan perangkat lunak (lingkungan pengembangan terpadu, platform coding) yang memadai. Di banyak sekolah, terutama di daerah yang kurang berkembang, akses terhadap sumber daya teknologi ini masih terbatas. Keterbatasan ini menghambat kemampuan guru untuk merancang dan melaksanakan kegiatan pembelajaran yang melibatkan coding secara efektif. Bahkan ketika sumber daya tersedia, kurangnya panduan kurikulum yang jelas dan materi pembelajaran yang terstruktur juga menjadi kendala. Guru seringkali harus menciptakan materi mereka sendiri dari awal, yang membutuhkan waktu dan usaha yang signifikan.

Ada juga kesulitan dalam menghubungkan konsep-konsep matematika dengan prinsip-prinsip coding. Guru mungkin kesulitan melihat bagaimana konsep matematika seperti kalkulus, statistik, atau teori graf dapat secara alami dipetakan ke dalam konsep coding seperti algoritma, struktur data, atau logika pemrograman. Kurangnya pemahaman tentang "jembatan" konseptual ini membuat integrasi terasa dipaksakan atau tidak bermakna. Misalnya, bagaimana menjelaskan konsep rekursi dalam coding menggunakan analogi matematika yang mudah dipahami? Atau bagaimana menggunakan aljabar linier untuk memanipulasi citra digital? Tanpa pemahaman yang kuat tentang hubungan ini, integrasi hanya akan menjadi penambahan "coding" sebagai mata pelajaran terpisah daripada sebagai alat untuk memahami matematika.

Lebih lanjut, kurangnya studi empiris yang komprehensif mengenai dampak integrasi matematika dan coding terhadap keterampilan siswa menjadi perhatian serius. Meskipun banyak klaim

tentang manfaatnya, masih sedikit penelitian yang secara sistematis mengukur efektivitas pendekatan ini dalam meningkatkan keterampilan spesifik seperti pemecahan masalah, berpikir komputasional, penalaran logis, kreativitas, dan pemahaman matematika itu sendiri. Studi yang ada seringkali memiliki sampel kecil, metodologi yang bervariasi, atau fokus pada aspek yang sempit. Hal ini menyulitkan para pembuat kebijakan dan praktisi pendidikan untuk membuat keputusan berbasis bukti mengenai implementasi skala besar. Perlunya penelitian yang lebih mendalam untuk menguji hipotesis tentang bagaimana dan mengapa integrasi ini efektif, serta untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memediasi atau memoderasi dampaknya.

Kesenjangan-kesenjangan ini menciptakan siklus yang sulit diputus. Kurangnya pelatihan menghambat adopsi, kurangnya sumber daya membatasi implementasi, dan kurangnya bukti empiris mengurangi insentif untuk berinvestasi dalam pelatihan dan sumber daya. Oleh karena itu, mengatasi kesenjangan ini memerlukan pendekatan yang holistik dan terarah.

Menyadari kompleksitas dan urgensi integrasi matematika dan coding dalam pendidikan STEM, artikel review ini bertujuan untuk memberikan tinjauan yang komprehensif dan terstruktur terhadap literatur yang ada, mengidentifikasi kesenjangan penelitian, dan mengusulkan arah penelitian di masa depan. Secara spesifik, tujuan utama dari artikel review ini adalah untuk:

Mengidentifikasi dan mengartikulasikan konsep-konsep dasar matematika yang memiliki relevansi inheren dengan coding dan princiipi-prinsip komputasional. Ini mencakup, namun tidak terbatas pada, logika proposisional dan predikat (dasar dari struktur kontrol dan pengambilan keputusan dalam pemrograman), aljabar (variabel, ekspresi, fungsi, sistem persamaan yang digunakan dalam pemodelan dan algoritma), kalkulus (konsep laju perubahan, integral yang relevan dalam simulasi dan analisis data), statistik dan probabilitas (penting untuk analisis data, pemodelan, dan pembelajaran mesin), serta teori graf (digunakan dalam pemodelan jaringan, algoritma, dan struktur data). Pemahaman mendalam tentang hubungan ini akan membantu pendidik dalam merancang pengalaman belajar yang terintegrasi.

Menjelaskan prinsip-prinsip dasar coding yang esensial dalam konteks STEM dan bagaimana penerapannya dapat memperkuat pemahaman matematika. Ini mencakup pemahaman tentang variabel dan tipe data (merekpresentasikan kuantitas matematis), struktur kontrol (perulangan, percabangan yang merealisasikan alur logika matematis), fungsi dan modularitas (mengorganisir kode untuk menyelesaikan sub-masalah matematis), serta konsep objek dan pemrograman berorientasi objek (memodelkan entitas matematis dan interaksinya). Penjelasan ini akan dirancang untuk audiens yang mungkin memiliki latar belakang coding yang bervariasi.

Menganalisis peran fundamental matematika dalam merancang, menganalisis, dan memvalidasi algoritma STEM. Ini akan mencakup pembahasan tentang bagaimana konsep matematika digunakan untuk mendefinisikan efisiensi algoritma (misalnya, notasi Big O), menganalisis kompleksitas waktu dan ruang (memahami sumber daya komputasi yang dibutuhkan), serta pentingnya validasi matematis untuk memastikan kebenaran dan keandalan solusi komputasional. Analisis ini akan menyoroti bagaimana matematika memberikan dasar teoritis untuk ilmu komputer.

Menyajikan dan menganalisis studi kasus implementasi kurikulum terpadu matematika-coding di berbagai tingkatan pendidikan (mulai dari pendidikan dasar hingga perguruan tinggi). Fokus akan diberikan pada analisis berbagai pendekatan pedagogis yang digunakan, contoh materi pembelajaran yang inovatif, identifikasi tantangan yang dihadapi selama implementasi, dan evaluasi keberhasilan yang dicapai. Studi kasus ini akan memberikan gambaran praktis tentang bagaimana integrasi dapat diwujudkan.

Mengidentifikasi dan menganalisis pengembangan keterampilan siswa yang dipengaruhi oleh integrasi matematika dan coding. Ini termasuk, namun tidak terbatas pada, keterampilan pemecahan masalah (menggunakan coding untuk memecah masalah kompleks), berpikir komputasional (pendekatan sistematis untuk pemecahan masalah yang diilhami oleh ilmu komputer), penalaran logis (membuat dan mengevaluasi argumen yang valid dalam konteks pemrograman dan matematika), serta kreativitas (menggunakan coding sebagai alat ekspresi dan inovasi). Analisis ini akan didukung oleh bukti-bukti empiris dari literatur.

Mengeksplorasi peran krusial guru dan dosen dalam mengintegrasikan matematika dan coding. Ini akan mencakup kajian mengenai kebutuhan akan pelatihan dan pengembangan profesional yang

berkelanjutan, tantangan pedagogis yang dihadapi dalam mengajar topik terpadu ini, serta strategi-strategi efektif untuk mendukung pendidik dalam mengadopsi pendekatan ini.

Mengidentifikasi dan mengevaluasi teknologi dan alat bantu yang efektif dalam pembelajaran matematika-coding untuk STEM. Ini akan mencakup tinjauan terhadap lingkungan pengembangan terpadu (IDE), alat simulasi interaktif, platform pembelajaran online, dan perangkat lunak pendidikan lainnya yang dapat memfasilitasi pengalaman belajar yang kaya dan menarik.

Artikel ini disusun sebagai sebuah artikel review sistematis yang bertujuan untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai integrasi matematika dan coding dalam pendidikan STEM. Struktur artikel ini akan dimulai dengan penjelasan mendalam mengenai metodologi pencarian literatur yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menyeleksi studi-studi yang relevan. Kami akan merinci strategi pencarian, kata kunci yang digunakan, basis data ilmiah yang diakses (seperti Google Scholar, Scopus, Web of Science, ERIC), serta kriteria inklusi dan eksklusi untuk memastikan kualitas dan relevansi literatur yang ditinjau.

Selanjutnya, artikel ini akan membahas secara tematik berbagai aspek integrasi matematika dan coding dalam STEM, sesuai dengan tujuan-tujuan yang telah disebutkan di atas. Pembahasan ini akan mencakup landasan teoritis, konsep-konsep kunci, analisis peran matematika dalam coding, studi kasus implementasi, dampak terhadap keterampilan siswa, peran pendidik, serta teknologi pendukung. Setiap bagian akan diperkaya dengan sintesis temuan dari berbagai studi, analisis kritis, perbandingan antar pendekatan, dan integrasi teori-teori yang relevan dalam bidang pendidikan STEM dan ilmu komputer.

Setelah pembahasan tematik, artikel ini akan mengidentifikasi kesenjangan penelitian yang masih ada berdasarkan tinjauan literatur. Identifikasi kesenjangan ini akan menjadi dasar untuk mengusulkan arah penelitian masa depan yang lebih spesifik dan relevan, yang dapat berkontribusi lebih lanjut pada pemahaman dan praktik integrasi matematika-coding.

Akhirnya, artikel ini akan menyajikan kesimpulan yang merangkum temuan-temuan utama dari tinjauan literatur. Kesimpulan ini akan tidak hanya merangkum apa yang telah diketahui, tetapi juga memberikan implikasi praktis yang konkret bagi para guru, dosen, dan mahasiswa pendidikan yang ingin mengimplementasikan integrasi matematika dan coding dalam pengajaran mereka. Implikasi ini akan mencakup rekomendasi untuk pengembangan kurikulum, program pelatihan guru, dan desain pembelajaran yang inovatif.

Dengan struktur yang jelas dan metodologi yang transparan, artikel review ini diharapkan dapat menjadi sumber daya yang berharga bagi para peneliti, praktisi, dan pembuat kebijakan yang tertarik pada topik penting ini, serta berkontribusi pada kemajuan pendidikan STEM di abad ke-21.

METODE

Kajian sistematis ini menggunakan metodologi yang komprehensif untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis literatur yang relevan mengenai integrasi matematika dan coding dalam kurikulum terpadu STEM. Proses pencarian literatur dilakukan secara sistematis untuk memastikan bahwa semua studi yang relevan diidentifikasi dan dimasukkan dalam analisis.

Pencarian dilakukan pada rentang waktu publikasi dari tahun 2010 hingga 2024 untuk memastikan relevansi dengan perkembangan terkini dalam bidang ini. Namun, beberapa referensi yang lebih awal tetapi memiliki dampak signifikan juga disertakan.

Strategi pencarian menggunakan kombinasi kata kunci dan operator Boolean (AND, OR, NOT) untuk mempersempit atau memperluas hasil pencarian. Misalnya, pencarian dapat dilakukan dengan menggunakan frasa "Matematika AND Coding AND STEM" untuk menemukan artikel yang membahas ketiga konsep tersebut secara bersamaan.

Metode analisis data kualitatif ini memungkinkan peneliti untuk mengeksplorasi secara mendalam temuan dari studi yang dipilih dan menghasilkan pemahaman yang komprehensif tentang integrasi matematika dan coding dalam kurikulum terpadu STEM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini akan membahas secara mendalam berbagai tema yang muncul dari literatur yang dipilih. Pembahasan ini akan mencakup konsep dasar matematika yang relevan dengan coding, prinsip-prinsip dasar coding dalam konteks STEM, peran matematika dalam merancang dan menganalisis algoritma STEM, studi kasus implementasi kurikulum terpadu matematika-coding,

pengembangan keterampilan siswa melalui integrasi matematika dan coding, peran guru dan dosen dalam mengintegrasikan matematika dan coding, serta teknologi dan alat bantu dalam pembelajaran matematika-coding

Konsep Dasar Matematika yang Relevan dengan Coding

Logika, aljabar, kalkulus, statistik, dan teori graf merupakan fondasi utama dalam pembelajaran pemrograman. Logika menjadi dasar dalam merancang struktur kontrol seperti if-else dan loop, membantu siswa berpikir sistematis dan membuat keputusan dalam program. Aljabar berperan penting dalam memanipulasi variabel, membangun persamaan, serta menerapkan fungsi dan grafik untuk berbagai keperluan, misalnya dalam pengembangan gim untuk menghitung posisi dan kecepatan objek. Kalkulus memperluas kemampuan siswa dalam memahami perubahan dinamis melalui konsep turunan dan integral, yang diaplikasikan pada simulasi fisika, grafis komputer, maupun analisis data. Sementara itu, statistik memungkinkan analisis data, prediksi, dan pemodelan probabilitas melalui konsep rata-rata, deviasi standar, serta distribusi data yang mendasari bidang machine learning dan artificial intelligence. Terakhir, teori graf memberikan kerangka untuk merepresentasikan dan menganalisis hubungan antar entitas, seperti pada algoritma pencarian, jaringan sosial, maupun sistem transportasi, menjadikannya komponen penting dalam berbagai aplikasi komputasi modern.

Prinsip-prinsip Dasar Coding dalam Konteks STEM

Dalam pembelajaran pemrograman, pemahaman terhadap variabel, tipe data, struktur kontrol, fungsi, dan objek merupakan keterampilan fundamental yang saling berkaitan. Variabel berfungsi sebagai wadah untuk menyimpan dan memanipulasi data, sementara tipe data menentukan jenis nilai yang dapat disimpan, seperti bilangan bulat, pecahan, teks, atau nilai logika. Struktur kontrol, seperti `*if-else*` dan `*loop*` (`*for*`, `*while*`), berperan penting dalam mengatur alur eksekusi program agar dapat merespons berbagai kondisi dan perulangan secara dinamis. Fungsi digunakan untuk mengorganisasi kode menjadi bagian-bagian kecil yang memiliki tugas spesifik, sehingga program menjadi lebih efisien, mudah dibaca, dan terhindar dari pengulangan kode. Lebih lanjut, konsep objek dalam pemrograman berorientasi objek (OOP) memperkenalkan pendekatan yang lebih terstruktur dan modular melalui penerapan kelas, pewarisan, dan polimorfisme, memungkinkan siswa untuk merancang program yang kompleks namun tetap mudah dikelola dan dikembangkan.

Peran Matematika dalam Merancang dan Menganalisis Algoritma STEM

Pemahaman tentang efisiensi algoritma, kompleksitas waktu dan ruang, serta validasi matematis merupakan aspek penting dalam penguasaan ilmu komputer dan pemrograman. Efisiensi algoritma ditentukan melalui analisis kompleksitas waktu dan ruang untuk menilai seberapa cepat dan seberapa banyak sumber daya yang dibutuhkan suatu program dalam memproses data, terutama ketika berhadapan dengan dataset berukuran besar. Konsep `*Big O notation*` digunakan sebagai alat ukur standar untuk menggambarkan performa algoritma dalam berbagai kondisi, sehingga siswa dapat memilih atau merancang algoritma yang paling efisien sesuai kebutuhan. Selain itu, validasi matematis berperan penting dalam memastikan kebenaran algoritma melalui pendekatan formal, seperti penggunaan induksi matematika untuk membuktikan bahwa suatu algoritma akan selalu memberikan hasil yang benar. Dengan menguasai ketiga aspek ini, siswa tidak hanya mampu menulis kode yang berfungsi, tetapi juga dapat mengembangkan solusi yang optimal, efisien, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Studi Kasus Implementasi Kurikulum Terpadu Matematika-Coding di STEM

Integrasi antara matematika dan coding telah diterapkan secara luas di berbagai jenjang pendidikan, mulai dari pendidikan dasar hingga perguruan tinggi. Pada tingkat pendidikan dasar, penelitian Miller (2019) menunjukkan bahwa penggunaan coding dapat membantu siswa mengenali struktur dan pola matematika secara lebih konkret, sehingga konsep-konsep abstrak menjadi lebih mudah dipahami dan menarik untuk dipelajari. Di jenjang pendidikan menengah, berbagai proyek pengembangan kurikulum terpadu matematika-coding telah memanfaatkan platform visual seperti Scratch dan Blockly, yang memungkinkan siswa belajar logika pemrograman tanpa perlu menulis sintaks yang kompleks. Sementara itu, pada tingkat pendidikan tinggi, integrasi ini menjadi bagian penting dalam program-program STEM, dengan penerapan bahasa pemrograman seperti Python dan Java serta penggunaan perangkat lunak ilmiah seperti MATLAB dan Mathematica. Pendekatan ini tidak hanya memperkuat pemahaman konseptual mahasiswa terhadap matematika, tetapi juga mengasah keterampilan komputasional yang relevan dengan kebutuhan dunia kerja modern.

Pengembangan Keterampilan Siswa Melalui Integrasi Matematika dan Coding

Pembelajaran coding memberikan kontribusi besar terhadap pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa, khususnya dalam pemecahan masalah, berpikir komputasional, penalaran logis, dan kreativitas. Melalui coding, siswa dilatih untuk memecahkan masalah secara sistematis dengan memecahnya menjadi bagian-bagian kecil dan merancang solusi langkah demi langkah yang efisien. Proses ini juga menumbuhkan kemampuan berpikir komputasional, yaitu cara berpikir yang memungkinkan seseorang memformulasikan masalah dan solusinya sehingga dapat dieksekusi oleh komputer, melibatkan keterampilan seperti dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, dan perancangan algoritma. Selain itu, coding memperkuat penalaran logis siswa melalui penerapan konsep logika, seperti pernyataan benar-salah, operator logika, serta struktur kontrol **if-else** dan **loop**. Tidak kalah penting, coding juga menjadi sarana ekspresi kreativitas, di mana siswa dapat menciptakan program, permainan, atau aplikasi yang inovatif, sekaligus menggabungkan pemikiran analitis dan imajinatif dalam satu proses pembelajaran yang bermakna.

Peran Guru dan Dosen dalam Mengintegrasikan Matematika dan Coding

Keberhasilan integrasi matematika dan coding dalam pendidikan sangat bergantung pada kompetensi dan kesiapan guru maupun dosen sebagai fasilitator utama pembelajaran. Mereka perlu memiliki pengetahuan konten yang kuat, mencakup pemahaman mendalam tentang konsep-konsep matematika dan dasar-dasar pemrograman agar mampu menjelaskan keterkaitan keduanya secara efektif. Selain itu, keterampilan pedagogis menjadi aspek penting, termasuk kemampuan merancang kegiatan pembelajaran yang interaktif, memberikan umpan balik yang konstruktif, serta mendorong kolaborasi dan kreativitas siswa. Shernoff et al. (2017) menekankan bahwa pelatihan dan pengembangan profesional berperan vital dalam meningkatkan kesiapan guru untuk menerapkan pendekatan terpadu dalam pendidikan STEM. Dukungan sumber daya yang memadai juga tidak kalah penting, seperti ketersediaan perangkat keras, perangkat lunak, materi pembelajaran, dan bantuan teknis, agar proses pembelajaran matematika berbasis coding dapat berlangsung efektif, relevan, dan berkelanjutan.

Teknologi dan Alat Bantu dalam Pembelajaran Matematika-Coding untuk STEM

Berbagai teknologi dan alat bantu pembelajaran berperan penting dalam mendukung integrasi coding dan matematika di berbagai jenjang pendidikan. Lingkungan Pengembangan Terpadu (**Integrated Development Environment** atau IDE) seperti Visual Studio Code, PyCharm, dan IDLE menyediakan sarana bagi siswa untuk menulis, menguji, dan menjalankan kode secara efisien dalam satu platform yang terorganisir. Selain itu, platform pembelajaran online seperti Codecademy, Khan Academy, dan Coursera menawarkan kursus serta tutorial interaktif yang membantu siswa belajar coding secara mandiri dan fleksibel. Simulasi juga menjadi alat pembelajaran yang efektif untuk memvisualisasikan konsep-konsep matematika dan memodelkan sistem kompleks, seperti melalui penggunaan NetLogo dan GeoGebra. Sementara itu, robotika menghadirkan pengalaman belajar yang menarik dan aplikatif, di mana siswa dapat memprogram robot untuk menjalankan tugas tertentu, sehingga memperkuat pemahaman mereka terhadap konsep coding dan penerapannya dalam konteks STEM yang nyata. Penggunaan teknologi dan alat bantu ini dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran matematika-coding dan membuat pembelajaran lebih menarik bagi siswa. Arduino-assisted robotics coding applications yang terintegrasi dalam model pembelajaran 5E (Güven et al., 2020) menunjukkan peningkatan dalam kreativitas ilmiah, sikap terhadap robotika, dan motivasi siswa terhadap sains

KESIMPULAN

Kajian sistematis ini telah menyoroti pentingnya integrasi matematika dan coding dalam kurikulum terpadu STEM. Temuan utama dari kajian ini menegaskan bahwa integrasi ini menawarkan potensi besar untuk meningkatkan keterampilan siswa dalam pemecahan masalah, berpikir komputasional, penalaran logis, dan kreativitas. Konsep-konsep dasar matematika, seperti logika, aljabar, kalkulus, statistik, dan teori graf, menyediakan landasan yang kuat untuk coding, sementara prinsip-prinsip dasar coding, seperti variabel, tipe data, struktur kontrol, fungsi, dan objek, memungkinkan siswa untuk mengembangkan program yang efektif.

Studi kasus implementasi kurikulum terpadu matematika-coding menunjukkan keberhasilan di berbagai tingkatan pendidikan, tetapi keberhasilan ini bergantung pada beberapa faktor, termasuk pelatihan guru, dukungan sumber daya, dan desain kurikulum yang efektif. Peran guru dan dosen

sangat penting dalam keberhasilan integrasi ini, dan mereka membutuhkan pengetahuan konten yang kuat, keterampilan pedagogis, pelatihan dan pengembangan profesional, serta akses ke sumber daya yang memadai.

Kajian ini juga menyoroti kesenjangan penelitian yang perlu diatasi, termasuk kurangnya penelitian longitudinal, keterbatasan dalam metodologi penelitian, kurangnya penelitian tentang pengembangan profesional guru, dan kurangnya penelitian tentang kesetaraan dan inklusi.

Implikasi praktis dari kajian ini bagi guru, dosen, dan mahasiswa pendidikan sangat jelas. Guru dan dosen perlu didukung dengan pelatihan, sumber daya, dan pengembangan profesional untuk mengintegrasikan matematika dan coding secara efektif. Mahasiswa pendidikan perlu dipersiapkan dengan keterampilan dan pengetahuan yang diperlukan untuk mengajar matematika dan coding dalam konteks STEM. Kurikulum perlu dirancang untuk melibatkan siswa dalam kegiatan yang bermakna dan relevan, serta untuk mengembangkan keterampilan pemecahan masalah dan berpikir komputasional.

Dengan mengatasi kesenjangan penelitian dan menerapkan rekomendasi praktis, kita dapat membangun jembatan yang kuat antara matematika dan coding, serta mempersiapkan siswa untuk menghadapi tantangan di masa depan dan meraih kesuksesan di dunia yang semakin didorong oleh teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abe, E. N., & Chikoko, V. (2020). Exploring the factors that influence the career decision of STEM students at a university in South Africa. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00256-x>
- Akaygün, S., & Aslan-Tutak, F. (2016). STEM images revealing STEM conceptions of pre-service chemistry and mathematics teachers. *International Journal of Education in Mathematics Science and Technology*, 4(4), 325-337. <https://doi.org/10.18404/ijemst.44833>
- Awaluddin, A., & Hadi, M. S. (2022). *Integrasi Pembelajaran Coding dan Kecerdasan Buatan di Sekolah Dasar: Tantangan dan Peluang*. **Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar**, 10(1). <https://doi.org/10.23969/jp.v10i01.21753>
- Ayu, S., & Rahayu, W. (2023). *Pendekatan STEM dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis*. **Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika (JIPM)**, 1(2), 350-359. <https://doi.org/10.56587/jipm.v1i2.81>
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423. [[https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01538-2)]([https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01538-2))
- Bahga, A., & Madiseti, V. K. (2014). Internet of Things: A Hands-On Approach. VPT. <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2721615>
- Bendall, S. C., Hughes, C., Stewart, M., Doble, B. W., Bhatia, M., & Lajoie, G. (2008). Prevention of Amino Acid Conversion in SILAC Experiments with Embryonic Stem Cells. *Molecular & Cellular Proteomics*, 7(11), 2119-2130. <https://doi.org/10.1074/mcp.m800113-mcp200>
- Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of programming in mathematics teaching. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 43(4), 457-473. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2011.588536>
- Carlton, S. T., & Harris, A. M. (1992). Characteristics associated with differential item functioning on the Scholastic Aptitude Test: Gender and majority/minority group comparisons. *ETS Research Report Series*, 1992(1), 1-33. <https://doi.org/10.1002/j.2333-8504.1992.tb01495.x>
- Chavatzia, T. (2017). Cracking the code: girls' and women's education in science, technology, engineering and mathematics (STEM). <https://www.voced.edu.au/content/ngv%3A77679>

- Clarke, E. M., Wing, J. M., Henzinger, T. A., & Veith, H. (2000). Formal methods: State of the art and future directions. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 32(3), 256–301. <https://doi.org/10.1145/358923.358931>
- Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2009). *Introduction to algorithms* (3rd ed.). MIT Press.
- Dann, W., Cooper, S., & Pausch, R. (2004). *Introduction to object-oriented programming: A pedagogical approach*. Addison-Wesley.
- Denton, M., Borrego, M., & Boklage, A. (2020). Community cultural wealth in science, technology, engineering, and mathematics education: A systematic review. *Journal of Engineering Education*, 109(4), 731-759.
- Febrianti, F., Fajriana, F., Wulandari, W., Nuraina, N., & Herizal, H. (2023). *Pengembangan Modul Matematika dengan Pendekatan STEM pada Materi Lingkaran*. ***Jurnal Pendidikan Matematika Malikussaleh***²(2). <https://doi.org/10.29103/jpmm.v2i2.9432>
- Grover, S., & Basu, S. (2020). Teaching statistics through coding: A comparative study. *Journal of Statistics Education*, 28(1), 1–15.
- Guzdial, M. (2015). *Learn to code, code to learn*. O'Reilly Media.
- Guzdial, M., & Rader, C. (2018). *Learner-centered design of computing education: Research on computing for everyone*. Springer.
- Jannah, G. F., Syarifah, K. I., Robicha, N., & Rasilah, R. (2024). *Analisis Perkembangan dan Implementasi Pembelajaran Matematika Berbasis STEM di Indonesia*. ***Cendikia: Jurnal Pendidikan dan Pengajaran***²(10), 415-422. <https://doi.org/10.572349/cendikia.v2i10.3177>
- Kfoury, A. J., Moll, R. N., & Arbib, M. A. (2012). *Introduction to algorithms: A creative approach*. MIT Press.
- Marsitin, R., & Sesanti, N. R. (2023). *Pengembangan e-Modul Statistika Matematika Berbasis STEM*. ***JMPM: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika***⁶(2). <https://doi.org/10.26594/jmpm.v6i2.2505>
- Mujib, M., Mardiyah, & Suherman. (2022). *STEM: Pengaruhnya terhadap Literasi Matematis dan Kecerdasan Multiple Intelligences*. ***Indonesian Journal of Science and Mathematics Education***³(1). <https://doi.org/10.24042/ijsme.v3i1.5448>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.
- Pomerantz, J., Guo, P. J., & Toth, E. E. (2019). Visualizing calculus concepts with code: An exploratory study. In *Proceedings of the 2019 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE 2019)*.
- Robins, A., Rountree, J., & Rountree, N. (2003). *Logo: A way to learn computation*. MIT Press.
- Sáez-López, J. M., Román-González, M., & Vázquez-Cano, E. (2016). The use of Scratch in primary education: Impact on students' mathematical reasoning and computational thinking. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(6), 1234–1248.
- Snyder, A., et al. (2016). Teaching logic and computational thinking through programming activities. In *Proceedings of the 14th International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives (ISSEP 2016)*
- Suwanto, S., Harahap, A., Hulwa, H., & Gukguk, R. R. (2024). *Pemanfaatan Bahasa Pemrograman dalam Pembelajaran Matematika: Tinjauan Literatur terhadap Inovasi Pendidikan Abad 21*. ***Jurnal Pendidikan Tambusai***²(1). <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/27786>
- Utami, D. M. P., Marsidi, M., & Sujiwo, D. A. C. (2022). *Pendekatan STEM Berbasis GeoGebra pada Materi Fungsi Kuadrat Dalam Upaya Meningkatkan Pemahaman Siswa*. ***Media Pendidikan Matematika***¹³(1). <https://doi.org/10.33394/mpm.v13i1.15644>
- Wakhid, A., Zaenuri, Z., Sugiman, S., Isnarto, I., & Cahyono, A. N. (2023). *Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis pada Pembelajaran Berpendekatan STEM*. ***JIIP – Jurnal Ilmiah Ilmu*

Pendidikan**, 6(5), 3545-3551.
<https://doi.org/10.54371/jiip.v6i5.1675>
Yuliana, R. (2023). *Integrasi Computational Thinking dalam Pengembangan Media Pembelajaran melalui Konstruktivisme*. **Jurnal Riset Pendidikan Matematika Jakarta**, 6(1).
<https://doi.org/10.21009/jrpmj.v6i1.29027>