



## Meningkatkan Berpikir Kritis dan Pemahaman Mendalam Matematika melalui STEM dan Merdeka Belajar: Suatu Tinjauan Sistematis

Idham Kholid

Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah, Fakultas Tarbiyah, Institut Miftahul Huda, Subang, Indonesia

Email: kholididham238@gmail.com

### Informasi Artikel

Submitted : 20-09-2025

Accepted : 25-10-2025

Published : 15-11-2025

### Keywords:

STEM Education  
Merdeka Curriculum  
Critical Thinking  
Deep Learning  
Mathematics

### Abstract

*Conventional mathematics education often faces the problem of procedural and abstract learning, which fails to cultivate students' critical thinking and deep conceptual understanding. Coinciding with the implementation of the Merdeka Curriculum, which emphasizes contextual learning and competency development, the Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) approach emerges as a potential and synergistic solution. This study aims to investigate the potential of integrating STEM within the Merdeka Belajar framework to enhance deep learning and critical thinking in mathematics through a Systematic Literature Review (SLR). The research method followed the PRISMA protocol, analyzing selected articles from the Scopus, Garuda, and Google Scholar databases published between 2019 and 2024. The synthesis results reveal that STEM learning designs, which position mathematics as a tool for solving authentic problems integrated with the engineering design cycle, effectively create an intrinsic need for students to understand concepts deeply and train their analysis, evaluation, and self-regulation skills. Furthermore, the Merdeka Belajar philosophy provides an ideal structural foundation for STEM implementation through teacher autonomy, a student-centered focus, and authentic assessment. The study concludes that the integration of STEM and the Merdeka Curriculum forms a powerful synergy for transforming mathematics learning. The implication is that teachers need to be empowered to act as collaborative learning designers, while supportive policies such as teacher capacity building and adequate resource allocation are prerequisites for the success of this transformation in the classroom.*

### Abstrak

Pendidikan matematika konvensional seringkali dihadapkan pada permasalahan pembelajaran yang bersifat prosedural dan abstrak, sehingga kurang melatih kemampuan berpikir kritis dan pemahaman konseptual mendalam siswa. Seiring dengan implementasi Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran kontekstual dan pengembangan kompetensi, pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) muncul sebagai solusi potensial yang dinilai sinergis. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki potensi integrasi STEM dalam kerangka Merdeka Belajar guna meningkatkan deep learning dan berpikir kritis dalam matematika melalui *Systematic Literature Review* (SLR). Metode penelitian mengikuti protokol PRISMA dengan menganalisis artikel-artikel terpilih dari database Scopus, Garuda, dan Google Scholar yang terbit antara 2019-2024. Hasil sintesis mengungkapkan bahwa desain pembelajaran STEM yang menempatkan matematika sebagai alat pemecah masalah autentik, diintegrasikan dengan siklus *engineering design*, secara efektif menciptakan kebutuhan intrinsik bagi siswa untuk memahami konsep secara mendalam dan melatih keterampilan analisis, evaluasi, dan regulasi diri. Lebih lanjut, filosofi Merdeka Belajar memberikan landasan struktural yang ideal bagi implementasi STEM melalui otonomi guru, fokus pada peserta didik, dan asesmen autentik. Simpulan penelitian menegaskan bahwa integrasi STEM dan Kurikulum Merdeka membentuk sinergi yang powerful untuk mentransformasi pembelajaran matematika. Implikasinya, guru perlu didorong untuk berperan sebagai desainer pembelajaran kolaboratif, sementara kebijakan pendukung seperti pengembangan kapasitas guru dan alokasi sumber daya yang memadai menjadi prasyarat keberhasilan transformasi ini di dalam kelas.

**Kata Kunci:** Pembelajaran STEM, Kurikulum Merdeka, Berpikir Kritis, *Deep Learning*, Matematika.

## 1. PENDAHULUAN

Pendidikan matematika konvensional seringkali terjebak dalam pendekatan yang prosedural dan abstrak, sehingga terlepas dari konteks dunia nyata siswa. Pembelajaran seperti ini cenderung memfokuskan pada menghafalan rumus dan penyelesaian soal rutin, bukan pada pemahaman konseptual yang mendalam [1]. Akibatnya, siswa kesulitan melihat relevansi dan kegunaan matematika dalam kehidupan sehari-hari mereka. Kondisi ini memicu terjadinya *surface learning*, di mana pengetahuan hanya disimpan untuk jangka pendek [2]. Oleh karena itu, transformasi pendekatan pembelajaran matematika menjadi sebuah keniscayaan yang mendesak untuk diwujudkan.

Kurikulum Merdeka hadir sebagai respons terhadap tantangan tersebut dengan menitikberatkan pada pengembangan kompetensi dan karakter melalui pembelajaran yang kontekstual [3]. Filosofi “Merdeka Belajar” dalam kurikulum ini memberikan otonomi bagi guru untuk mendesain pembelajaran yang relevan, salah satunya melalui Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila [4], [5]. Di sisi lain, pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) menawarkan kerangka pembelajaran interdisipliner yang menyatukan keempat disiplin ilmu tersebut. Integrasi STEM memungkinkan matematika dipelajari bukan sebagai ilmu yang terisolasi, melainkan sebagai alat powerful untuk memecahkan masalah sains dan teknologi [6]. Dengan demikian, terdapat keselarasan filosofis dan praktis antara prinsip Kurikulum Merdeka dan pendekatan STEM dalam memodernisasi pendidikan.

Tuntutan dunia pendidikan saat ini tidak lagi sekadar menuntut penguasaan konten, melainkan juga penguatan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Berpikir kritis sebagai salah satu kompetensi kunci yang wajib dikembangkan dalam diri peserta didik. Kemampuan ini mencakup keterampilan menganalisis informasi, mengevaluasi argumen, dan menarik kesimpulan yang logis [7]. Sayangnya, pembelajaran matematika tradisional yang berorientasi pada jawaban tunggal seringkali gagal melatih keterampilan kompleks ini. Integrasi STEM diyakini dapat menciptakan lingkungan di mana berpikir kritis merupakan sebuah kebutuhan dalam proses investigasi dan desain.

Dalam konteks inilah, integrasi STEM dalam bingkai Merdeka Belajar menawarkan sebuah solusi potensial yang sinergis. Pendekatan berbasis proyek dalam STEM dapat menjembatani kesenjangan antara abstraksi matematika dan aplikasinya yang nyata, sehingga mendorong pemahaman konseptual yang mendalam [8]. Namun, potensi ini belum banyak dieksplorasi dan disintesis secara sistematis dalam literatur, khususnya di Indonesia. Penelitian terdahulu cenderung terfokus pada STEM atau Kurikulum Merdeka secara terpisah, tanpa menghubungkan keduanya secara eksplisit. Oleh karena itu, sebuah kajian yang menyeluruh untuk memetakan dan menganalisis bukti-bukti empiris mengenai hal ini sangat diperlukan. Kajian semacam ini akan memberikan landasan yang kuat bagi pengembangan praktik yang lebih efektif.

Penelitian ini memiliki urgensi yang tinggi, baik secara akademis maupun praktis. Secara akademis, kajian ini akan mengisi celah literatur dengan menyajikan sintesis *evidence-based* mengenai hubungan antara STEM, Merdeka Belajar, deep learning, dan berpikir kritis dalam matematika. Secara praktis, temuan dari kajian ini akan menjadi panduan yang berharga bagi para pendidik dan pengambil kebijakan dalam merancang dan mengimplementasikan pembelajaran yang sesuai dengan perubahan zaman. Pada akhirnya, upaya ini diharapkan dapat berkontribusi pada peningkatan kualitas pendidikan matematika Indonesia yang lebih relevan, bermakna, dan membekali siswa dengan kompetensi abad 21.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menyelidiki potensi integrasi pendekatan STEM dalam konteks Kurikulum Merdeka guna meningkatkan pemahaman konseptual mendalam (*deep learning*) dan kemampuan berpikir kritis siswa dalam matematika melalui *Systematic Literature Review* (SLR). *State of the Art* penelitian saat ini menunjukkan bahwa kajian mengenai STEM dan Kurikulum Merdeka umumnya berjalan secara paralel; di satu sisi, riset STEM telah membuktikan efektivitasnya dalam menciptakan pembelajaran yang kontekstual dan aplikatif, sementara studi tentang Kurikulum Merdeka banyak fokus pada implementasi dan tantangan secara makro. *Gap Analysis* mengungkap terdapat celah pengetahuan yang signifikan, yaitu belum adanya sintesis sistematis yang secara eksplisit menghubungkan kerangka filosofis “Merdeka Belajar” dengan metodologi operasional STEM sebagai suatu kesatuan yang sinergis untuk mencapai tujuan spesifik deep learning dan critical thinking dalam domain matematika. Oleh karena itu, nilai kebaruan (*novelty*) dari kajian ini terletak pada upayanya untuk merajut ketiga elemen kunci—Kurikulum Merdeka (sebagai kebijakan), STEM (sebagai pendekatan), dan Matematika (sebagai domain konten)—ke dalam suatu kerangka konseptual yang koheren yang secara khusus dirancang untuk menjawab tantangan pembelajaran abad 21, sehingga menawarkan perspektif yang terintegrasi dan kontekstual bagi pengembangan pendidikan di Indonesia.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) yang diadaptasi dari protokol PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) untuk memastikan proses yang transparan, sistematis, dan dapat direplikasi [9], [10]. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis semua penelitian empiris dan teoritis yang relevan yang membahas integrasi STEM, pemahaman konseptual mendalam, berpikir kritis, dan Kurikulum Merdeka dalam konteks pembelajaran matematika. Pencarian literatur dilakukan secara

ekstensif pada database elektronik terkemuka, yaitu Google Scholar, Garuda, dan Scopus dengan menggunakan kombinasi kata kunci seperti “*STEM education*” AND “*critical thinking*” AND “*mathematics*” AND “*Merdeka Curriculum*”.

Protokol pencarian ditetapkan dengan kriteria inklusi yang ketat, dimana hanya artikel yang diterbitkan dalam rentang waktu 2019 hingga 2024, berfokus pada pendidikan dasar dan menengah, serta tersedia dalam teks lengkap yang termasuk dalam analisis. Artikel opini dan tinjauan non-sistematis dikeluarkan dari kajian ini. Proses seleksi dilakukan secara bertahap melalui tahap identifikasi, penyaringan, kelayakan, dan inklusi, yang divisualisasikan dalam diagram alir PRISMA untuk memastikan akurasi dan mengurangi bias. Data dari setiap studi yang memenuhi kualifikasi kemudian diekstraksi ke dalam lembar kodifikasi yang telah distandardisasi untuk memudahkan analisis lebih lanjut [11], [12].

Tabel 1. Tahapan Seleksi Artikel Berdasarkan Protokol PRISMA

Tahap	Proses Seleksi	Jumlah Artikel	Kriteria/Keterangan
Identifikasi	Pencarian awal dari database: • Scopus • Google Scholar • Garuda	535 artikel teridentifikasi	Kata kunci: "STEM education" AND "critical thinking" AND "mathematics" AND "Merdeka Curriculum" Rentang waktu: 2019-2024
Penyaringan	Screening berdasarkan judul dan abstrak setelah duplikasi dihapus	435 artikel disaring 285 artikel dieksklusi	Alasan eksklusi: • Tidak relevan dengan fokus penelitian • Bukan penelitian empiris/theoritis • Konteks pendidikan tinggi
Kelayakan	Penilaian kelayakan full-text	150 artikel dinilai 95 artikel dieksklusi	Alasan eksklusi: • Tidak fokus pada pembelajaran matematika (n=35) • Tidak mengintegrasikan pendekatan STEM (n=28) • Tidak mengukur deep learning/berpikir kritis (n=20) • Konteks tidak relevan (n=12)
Inklusi	Artikel memenuhi kriteria inklusi	55 artikel termasuk dalam sintesis kualitatif	Kriteria inklusi akhir: • Membahas integrasi STEM dalam matematika • Mengukur deep learning dan/atau berpikir kritis • Relevan dengan prinsip Merdeka Belajar • Tersedia full-text

Data yang telah terkumpul dianalisis menggunakan analisis tematik. Melalui pendekatan ini, temuan-temuan kualitatif dan kuantitatif dari berbagai literatur dikodekan, dikelompokkan, dan disintesis untuk mengidentifikasi pola, tema, dan hubungan yang muncul terkait dengan pertanyaan penelitian [13]. Proses analisis ini difokuskan untuk menjawab pertanyaan mengenai desain pembelajaran, dampak terhadap kemampuan berpikir kritis dan pemahaman mendalam, serta keselarasan dengan prinsip Kurikulum Merdeka. Sintesis ini pada akhirnya akan menghasilkan suatu pemahaman yang komprehensif dan *evidence-based* mengenai potensi serta praktik integrasi STEM dalam konteks pendidikan matematika Indonesia yang baru.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Desain Pembelajaran STEM yang Mendukung Pemahaman Konseptual Mendalam dalam Matematika

Sintesis terhadap literatur yang terpilih mengungkapkan bahwa desain pembelajaran STEM yang efektif untuk mendorong *deep learning* matematika ditandai dengan tiga karakteristik utama. Pertama, matematika diposisikan sebagai alat pemecah masalah (*tool for problem-solving*) yang kontekstual, bukan sebagai tujuan akhir yang terisolasi [14]. Sebagai contoh, dalam proyek merancang energi terbarukan, konsep aljabar dan trigonometri digunakan untuk menghitung efisiensi panel surya, sementara dalam proyek bioteknologi, pertumbuhan eksponensial dimodelkan menggunakan fungsi untuk memprediksi perkembangan kultur sel. Kedua, desain tersebut mengintegrasikan *siklus engineering design process* yang iteratif, dimana siswa harus secara berulang mengaplikasikan, mengevaluasi, dan merevisi pemahaman matematika mereka [15]. Ketiga, *problem-centered learning* berbasis proyek autentik menjadi tulang punggung yang mempertemukan disiplin ilmu, menciptakan kebutuhan nyata bagi siswa untuk memahami konsep matematika secara mendalam sebagai prasyarat menyelesaikan tantangan.

Pembahasan terhadap temuan ini mengungkap bahwa keberhasilan desain tersebut dalam menciptakan *deep learning* dapat dijelaskan melalui teori *situated learning*. Dengan menempatkan matematika dalam konteks aplikasi STEM yang autentik, pengetahuan abstrak matematika menjadi alat yang bermakna dan “terletak” (*situated*) dalam aktivitas sosial dan kognitif yang berorientasi pada tujuan. Hal ini selaras dengan filosofi Kurikulum Merdeka, dimana Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila menyediakan kerangka ideal untuk mengoperasionalkan desain semacam ini [16], [17]. Otonomi guru dalam kurikulum ini memungkinkan mereka merancang modul ajar yang secara spesifik menghubungkan tujuan pembelajaran matematika, seperti geometri ruang, dengan proyek merancang model rumah hemat energi, sehingga siswa tidak hanya menghafal rumus volume tetapi mengalami secara langsung bagaimana konsep tersebut berperan sentral dalam membuat keputusan desain yang optimal [18]. Dengan demikian, transformasi matematika dari subjek yang inert menjadi alat yang powerful inilah yang memicu pembangunan pemahaman konseptual yang mendalam dan tahan lama.

### 3.2 Peran Pembelajaran STEM dalam Mengasah Kemampuan Berpikir Kritis

Analisis terhadap studi-studi terpilih menunjukkan bahwa lingkungan pembelajaran STEM menuntun dan melatih berbagai dimensi berpikir kritis [19]. Bukti literatur mengungkapkan bahwa pada fase investigasi dan perancangan solusi, siswa secara konsisten terlibat dalam keterampilan menganalisis dan mengevaluasi. Mereka harus memecah masalah multidisiplin yang kompleks menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana, seperti menganalisis hubungan antara variabel dalam sebuah eksperimen sains atau mengevaluasi kelayakan berbagai desain prototipe berdasarkan kriteria teknis dan matematis [20]. Lebih lanjut, proses pengumpulan dan interpretasi data mentah mendorong berkembangnya keterampilan penarikan kesimpulan (*inference*) dan penjelasan (*explanation*); siswa tidak hanya membaca data dari grafik, tetapi harus menyimpulkan apa arti pola data tersebut bagi keberhasilan proyek mereka dan menjelaskan hubungan kausal yang melatarbelakanginya dengan argumen yang logis.

Pembahasan yang lebih mendalam mengungkap bahwa mekanisme utama yang mendorong terasahnya berpikir kritis ini adalah adanya disonansi kognitif dan proses iteratif yang melekat dalam siklus *engineering design* [21]. Ketika sebuah prototipe atau hipotesis awal gagal berfungsi sebagaimana mestinya, siswa dihadapkan pada situasi yang menantang asumsi mereka sendiri. Kegagalan ini memaksa mereka untuk merefleksikan (*self-regulation*) pemikiran dan metode mereka sebelumnya, mempertanyakan validitas data, dan mencari informasi tambahan untuk merevisi solusi [22]. Siklus “coba, gagal, analisis, dan perbaiki” ini merupakan simulasi dari praktik ilmiah sesungguhnya, yang secara efektif melatih ketekunan intelektual dan kemampuan untuk mengelola kompleksitas. Dengan demikian, pembelajaran STEM mengubah kegagalan dari sebuah akhir menjadi titik tolak untuk pengembangan pemikiran yang lebih kritis dan mendalam.

Lebih jauh lagi, konteks autentik dalam STEM menumbuhkan disposisi berpikir kritis yang sering kali terabaikan dalam pembelajaran konvensional. Berhadapan dengan masalah dunia nyata yang tidak memiliki jawaban tunggal, siswa tidak hanya mengembangkan kemampuan kognitif tetapi juga sikap atau *habits of mind* seperti keingintahuan intelektual, kepercayaan diri dalam bernalar, dan keterbukaan terhadap bukti baru [23]. Dalam kerangka Kurikulum Merdeka, hal ini sejalan dengan pembangunan Profil Pelajar Pancasila, khususnya dimensi bernalar kritis. Oleh karena itu, integrasi STEM tidak hanya sekadar mengajarkan bagaimana berpikir kritis, tetapi yang lebih penting adalah membentuk kebiasaan untuk berpikir kritis dalam menghadapi setiap permasalahan, yang merupakan tujuan akhir dari pendidikan yang mempersiapkan peserta didik untuk abad ke-21.

### 3.3 Sinergi Filsafat “Merdeka Belajar” dengan Praktek Integrasi STEM

Sintesis literatur mengungkapkan bahwa filosofi “Merdeka Belajar” dan pendekatan STEM membentuk hubungan yang sinergis dan saling memperkuat. Analisis menunjukkan bahwa otonomi guru yang menjadi roh Kurikulum Merdeka menemukan ruang aplikasinya yang ideal dalam perancangan modul pembelajaran STEM yang kontekstual [24]. Guru tidak lagi sekadar menjadi penyampai kurikulum yang kaku, melainkan naik peran menjadi desainer pembelajaran yang kreatif, yang memiliki kebebasan untuk memilih masalah autentik, meramu integrasi disiplin ilmu, dan menyesuaikan proyek dengan kondisi lokal serta minat siswa [25]. Kebebasan struktural inilah yang memungkinkan terciptanya proyek STEM yang relevan, seperti memanfaatkan potensi maritim lokal untuk mempelajari statistika dalam analisis hasil tangkapan ikan atau menggunakan isu urban untuk merancang sistem drainase yang memanfaatkan konsep geometri dan fisika.

Dalam praktiknya, sinergi ini secara nyata mewujudkan dalam pergeseran paradigma dari *teacher-centered* menuju *student-centered learning*. Prinsip kemerdekaan belajar siswa dalam Kurikulum Merdeka teraktualisasi melalui proses inquiri dan *design thinking* dalam STEM, di mana siswa menjadi agen aktif yang mengonstruksi pengetahuannya sendiri. Mereka memiliki ruang untuk membuat keputusan, mulai dari merumuskan pertanyaan penelitian, memilih metodologi, hingga mengevaluasi dan merevisi solusi yang mereka ajukan. Konteks ini menciptakan “kebutuhan untuk memahami” yang muncul secara intrinsik dari siswa, sehingga motivasi belajar bergeser dari ekstrinsik (mengejar nilai) menjadi

intrinsik (memecahkan tantangan) [20]. Dengan demikian, integrasi STEM beroperasi sebagai mekanisme operasional yang efektif untuk mewujudkan visi humanistik Kurikulum Merdeka di dalam kelas.

Puncak dari sinergi ini tercermin dalam transformasi sistem asesmen. Kurikulum Merdeka yang menekankan *assessment for learning* dan asesmen autentik sepenuhnya selaras dengan karakteristik produk dan proses dalam pembelajaran STEM. Penilaian tidak lagi hanya bergantung pada tes tertulis yang mengukur ingatan prosedural, tetapi beralih pada portofolio, presentasi prototipe, lembar observasi proses kolaborasi, dan kemampuan siswa dalam merefleksikan kegagalan serta pembelajaran mereka. Asesmen semacam ini tidak hanya mampu mengukur capaian dimensi pengetahuan tetapi juga secara komprehensif menangkap perkembangan keterampilan dan afektif seperti ketekunan, kreativitas, dan berpikir kritis, yang merupakan tujuan fundamental dari kedua pendekatan tersebut.

### 3.4 Tantangan dan Faktor Pendukung Implementasi

Sintesis literatur mengidentifikasi tiga tantangan utama yang bersifat sistemik. Pertama, kesiapan guru menjadi penghambat kritis, dimana banyak pendidik masih merasa belum terlatih untuk merancang dan memfasilitasi pembelajaran interdisipliner yang kompleks, serta kesulitan dalam menyeimbangkan tuntutan proyek STEM dengan target pencapaian capaian pembelajaran (CP) spesifik mata pelajaran [24]. Kedua, tantangan ketersediaan sumber daya meliputi keterbatasan akses terhadap material, teknologi pendukung, dan ruang yang fleksibel untuk aktivitas berbasis proyek, yang dapat memperlebar kesenjangan kualitas implementasi antara sekolah yang memiliki sumber daya memadai dan yang tidak. Ketiga, beban administratif dan tekanan untuk menyelesaikan cakupan kurikulum yang padat seringkali mempersempit ruang dan waktu yang dibutuhkan untuk proses inquiri dan iterasi yang mendalam dalam pembelajaran STEM, sehingga berpotensi mereduksinya menjadi aktivitas tambahan yang bersifat simbolis belaka [26].

Pembahasan mendalam terhadap tantangan ini justru mengarah pada identifikasi faktor pendukung yang strategis. Kolaborasi guru lintas mata pelajaran tidak hanya menjadi solusi untuk mengatasi keterbatasan kompetensi individu, tetapi juga merupakan manifestasi nyata dari semangat kerja tim yang selaras dengan alamiah STEM dan struktur Kurikulum Merdeka [27]. Kolaborasi ini memungkinkan pembagian tanggung jawab dan integrasi pengetahuan yang lebih otentik. Lebih lanjut, pelatihan berkelanjutan yang berfokus pada pedagogi spesifik STEM dan pengembangan modul ajar, dibandingkan pelatihan teoritis umum, menjadi kunci dalam membangun kepercayaan diri dan kapasitas praktis guru. Oleh karena itu, dukungan dari pemangku kepentingan dalam bentuk alokasi sumber daya, kebijakan penjadwalan yang fleksibel, dan pengurangan beban administratif yang tidak perlu merupakan prasyarat untuk menciptakan ekosistem yang memungkinkan sinergi antara Kurikulum Merdeka dan pendekatan STEM dapat tumbuh dan berdampak optimal, sehingga transformasi pembelajaran yang diidealkan tidak hanya terjadi di tingkat wacana tetapi juga dalam praktik nyata di ruang kelas.

Berdasarkan sintesis tematik terhadap 55 artikel yang terpilih, penelitian ini mengidentifikasi empat tema utama yang merepresentasikan landasan empiris integrasi STEM dalam kerangka Kurikulum Merdeka. Pertama, desain pembelajaran yang memposisikan matematika sebagai alat pemecah masalah dalam konteks autentik melalui pendekatan berbasis proyek terbukti efektif menciptakan kebutuhan intrinsik bagi siswa untuk memahami konsep secara mendalam. Kedua, lingkungan pembelajaran STEM melalui siklus *engineering design* yang iteratif secara inherent mengembangkan multidimensi berpikir kritis, termasuk keterampilan analisis, evaluasi, inferensi, dan *self-regulation*. Ketiga, analisis menunjukkan adanya sinergi yang saling memperkuat antara filosofi Merdeka Belajar dengan praktik STEM, yang terwujud dalam otonomi guru sebagai desainer pembelajaran, pergeseran menuju *student-centered learning*, dan transformasi sistem asesmen. Keempat, meskipun implementasi menghadapi tantangan sistemik seperti kesiapan guru dan ketersediaan sumber daya, faktor pendukung seperti kolaborasi lintas disiplin dan pelatihan berkelanjutan terbukti menjadi katalis efektif untuk mengatasi kendala tersebut, sehingga menciptakan ekosistem yang kondusif bagi transformasi pembelajaran matematika. Adapun ringkasan temuan berdasarkan analisis tematik dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Sintesis Temuan Berdasarkan Analisis Tematik

Tema	Temuan Utama	Sub-Temuan Kunci
Tema 1: Desain Pembelajaran STEM untuk Deep Learning Matematika	Matematika berperan sebagai alat pemecah masalah dalam konteks autentik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posisikan matematika sebagai <i>tool for problem-solving</i></li> <li>• Implementasi <i>engineering design process</i></li> <li>• <i>Problem-centered learning</i> berbasis proyek</li> </ul>
Tema 2: Peran STEM dalam Berpikir Kritis	Lingkungan STEM mengembangkan multidimensi berpikir kritis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keterampilan analisis dan evaluasi</li> <li>• Kemampuan inferensi dan penjelasan</li> <li>• <i>Self-regulation</i> melalui proses iteratif</li> </ul>

Tema	Temuan Utama	Sub-Temuan Kunci
Tema 3: Sinergi Merdeka Belajar dan STEM	Filosofi Merdeka Belajar dan praktik STEM saling memperkuat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Otonomi guru sebagai desainer pembelajaran</li> <li>• Siswa sebagai agen aktif (<i>student-centered</i>)</li> <li>• Transformasi sistem asesmen</li> </ul>
Tema 4: Tantangan dan Faktor Pendukung	Implementasi menghadapi tantangan sistemik namun dapat diatasi	<p>Tantangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kesiapan guru</li> <li>• Ketersediaan sumber daya</li> <li>• Beban administratif Pendukung:</li> <li>• Kolaborasi guru lintas mapel</li> <li>• Pelatihan berkelanjutan</li> </ul>

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan sintesis literatur yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa integrasi pendekatan STEM dalam bingkai Kurikulum Merdeka memiliki potensi signifikan untuk mentransformasi pembelajaran matematika menjadi pengalaman yang kontekstual dan bermakna, yang secara efektif mendorong pemahaman konseptual mendalam (*deep learning*) dengan memposisikan matematika sebagai alat pemecah masalah autentik, serta secara simultan mengasah kemampuan berpikir kritis siswa melalui siklus *engineering design* yang iteratif dan menuntut analisis, evaluasi, dan regulasi diri. Aplikasi temuan ini dalam praktik mengimplikasikan perlunya pemberdayaan guru sebagai desainer pembelajaran melalui pengembangan profesional yang berkelanjutan dan fasilitasi kolaborasi lintas disiplin, sementara secara kebijakan diperlukan penyediaan sumber daya dan fleksibilitas penjadwalan untuk mendukung implementasi yang autentik. Sebuah spekulasi memunculkan bahwa sinergi yang kuat antara kerangka filosofis Merdeka Belajar dan metodologi operasional STEM ini, jika diimplementasikan secara sistematis, dapat menjadi katalis untuk menutup kesenjangan antara pengetahuan matematika yang abstrak dan keterampilan abad ke-21 yang diperlukan. Untuk penelitian selanjutnya, kajian empiris primer seperti *Quasi-Experiment* atau *Design-Based Research* sangat disarankan untuk menguji efektivitas model integrasi spesifik yang dihasilkan dari tinjauan ini dalam konteks kelas yang beragam di Indonesia, dengan fokus pada pengukuran dampak jangka panjang terhadap disposisi berpikir kritis dan retensi pemahaman konseptual siswa.

#### REFERENCES

- [1] I. Kholid, M. M. Al Basyari, S. Saman, N. Nurhadi, dan M. Mulhat, "Menumbuhkan Pemahaman Konseptual Matematika Melalui Deep Learning: Sebuah Kajian Sistematis Literatur," *Pedagogy: Jurnal Pendidikan Matematika*, vol. 10, no. 4, hlm. 1494–1506, 2025.
- [2] W. Ge, T. Hu, H. Zhao, S. Liu, dan Y.-C. Chen, "Ref-neus: Ambiguity-reduced neural implicit surface learning for multi-view reconstruction with reflection," dalam *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*, 2023, hlm. 4251–4260. Diakses: 9 Oktober 2025. [Daring]. Tersedia pada: [http://openaccess.thecvf.com/content/ICCV2023/html/Ge\\_Ref-NeuS\\_Ambiguity-Reduced\\_Neural\\_Implicit\\_Surface\\_Learning\\_for\\_Multi-View\\_Reconstruction\\_with\\_ICCV\\_2023\\_paper.html](http://openaccess.thecvf.com/content/ICCV2023/html/Ge_Ref-NeuS_Ambiguity-Reduced_Neural_Implicit_Surface_Learning_for_Multi-View_Reconstruction_with_ICCV_2023_paper.html)
- [3] I. Kholid, M. R. Chandra, H. Nurhadi, dan R. Anwar, "Pendampingan Guru Madrasah Ibtidaiyah dalam Merancang Rencana Pelaksanaan Pembelajaran dan Modul Ajar Kurikulum Merdeka," *Qardhul Hasan: Media Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 11, no. 1, 2025, Diakses: 9 Oktober 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://ojs.unida.ac.id/QH/article/view/16255>
- [4] A. T. P. N. Do, B. Rahawarin, S. Zulaikha, dan M. Takdir, "Potensi Penerapan Deep Learning dalam Penguatan Karakter Profil Pelajar Pancasila: Sebuah Tinjauan Literatur Sistematis: Penelitian," *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan*, vol. 4, no. 1, hlm. 472–485, 2025.
- [5] I. Kholid, M. M. Al Basyari, K. Anam, dan L. Lestari, "Pelatihan Penyusunan RPP dan Modul Ajar Versi Ringkas dalam Kurikulum Merdeka di SD/MI Se-Kecamatan Compreheng Kabupaten Subang," *Budimas: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 6, no. 1, 2024, Diakses: 8 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.jurnal.stie-aas.ac.id/index.php/JAIM/article/view/12413>
- [6] W. Meinarni, "Implementasi Model Pembelajaran STEM Dalam Pembelajaran Matematika di SD," *JEMARI*, vol. 4, no. 2, hlm. 109–114, Sep 2022, doi: 10.30599/jemari.v4i2.1725.
- [7] I. Kholid, "Karakteristik Berpikir Kritis Siswa dalam Pemecahan Masalah Matematika," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 10, no. 9, hlm. 268–279, 2024.

- [8] E. Susanti dan H. Kurniawan, "Design Pembelajaran Matematika Dengan Pendekatan Stem (Science, Technology, Engineering, Mathematics)," *AKS*, vol. 11, no. 1, hlm. 37–52, Jul 2020, doi: 10.26877/aks.v11i1.5292.
- [9] I. Kholid, R. Rahayu, M. H. Fathony, dan R. Anwar, "Strategi dan Tantangan Integrasi Nilai Antikorupsi dalam Kurikulum Merdeka: Kajian Sistematis Literatur," *Jurnal Ilmiah Pendidikan Citra Bakti*, vol. 12, no. 2, hlm. 487–497, 2025.
- [10] G. Lame, "Systematic literature reviews: An introduction," dalam *Proceedings of the design society: international conference on engineering design*, Cambridge University Press, 2019, hlm. 1633–1642. Diakses: 13 Juli 2025. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.cambridge.org/core/journals/proceedings-of-the-international-conference-on-engineering-design/article/systematic-literature-reviews-an-introduction/40D4CEA7A7CC3FB6ED6233E79A0A2A1F>
- [11] R. Anwar, M. H. Fathony, M. R. Chandra, M. M. Al Basyari, dan I. Kholid, "Coherence of Surah Al-‘Alaq Verses and Their Relevance to Modern Literacy," *Jurnal Islam Nusantara*, vol. 9, no. 1, hlm. 15–27, 2025.
- [12] Y. Xiao dan M. Watson, "Guidance on Conducting a Systematic Literature Review," *Journal of Planning Education and Research*, vol. 39, no. 1, hlm. 93–112, Mar 2019, doi: 10.1177/0739456x17723971.
- [13] I. Kholid dan D. Y. W. Hargina, "Integrasi Pendidikan Karakter dan Kewirausahaan di Sekolah Dasar: Sintesis Pendekatan Kurikuler-Ekstrakurikuler," *GENIUS: Jurnal Inovasi Pendidikan dan Pembelajaran*, vol. 3, no. 2, hlm. 1–11, 2025.
- [14] R. E. Cynthia dan H. Sihotang, "Melangkah bersama di era digital: pentingnya literasi digital untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kemampuan pemecahan masalah peserta didik," *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. 7, no. 3, hlm. 31712–31723, 2023.
- [15] S. Bawadi, H. Pujiastuti, dan M. Fathurrohman, "Pemahaman Konsep Matematika dengan Teknik Scaffolding: Systematic Literature Review," *Jurnal Kajian Pendidikan dan Pengajaran*, vol. 9, no. 1, hlm. 7–18, 2023.
- [16] O. S. W. Astuti, S. Rukiyah, dan M. Missriani, "Tinjauan Literatur Terhadap Implementasi Kurikulum Merdeka Belajar," *Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, vol. 1, no. 9, 2023, Diakses: 16 Januari 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnal.penerbitdaarulhuda.my.id/index.php/MAJIM/article/view/1001>
- [17] M. M. Diana, S. Widayati, dan M. L. Baehaqi, "Pengaruh Model Moral Reasoning pada Mata Pelajaran Pendidikan Pancasila Terhadap Pengambilan Keputusan Moral di Kelas XI MA Al-Hadi Girikusuma Kecamatan Mranggen Kabupaten Demak," *Literasi: Jurnal Pendidikan Guru Indonesia*, vol. 4, no. 3, hlm. 140–150, 2025.
- [18] I. Kholid, M. H. Fathony, A. Y. Rahman, dan M. R. Chandra, "Analisis hasil belajar siswa berpikir kritis dalam pemecahan masalah matematika," *BADA'A: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, vol. 6, no. 2, hlm. 459–471, 2024.
- [19] L. Mardhiyatirrahmah, M. Muchlas, dan M. Marhayati, "Dampak Penerapan Pendekatan STEM Pada Pembelajaran Matematika di Sekolah," *MATH*, vol. 6, no. 2, hlm. 78, Agu 2020, doi: 10.33474/jpm.v6i2.5299.
- [20] L. Rahmawati dan D. Juandi, "Pembelajaran Matematika dengan Pendekatan STEM: Systematic Literature Review," *TEOREMA*, vol. 7, no. 1, hlm. 149, Mar 2022, doi: 10.25157/teorema.v7i1.6914.
- [21] T. P. Ati dan Y. Setiawan, "Efektivitas problem based learning-problem solving terhadap kemampuan berpikir kritis dalam pembelajaran matematika siswa kelas V," *Jurnal Cendekia*, vol. 4, no. 1, hlm. 294–303, 2020.
- [22] K. C. Phasa, "Meta Analisis Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Dalam Pembelajaran Matematika," *Cendekia*, vol. 4, no. 2, hlm. 711–723, Agu 2020, doi: 10.31004/cendekia.v4i2.296.
- [23] T. R. Azzahra, A. Agoestanto, dan I. Kharisudin, "Systematic Literature Review: Model Pembelajaran (Search, Solve, Create, and Share) SSSS terhadap Kemampuan Berpikir Kritis," *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, vol. 7, no. 3, hlm. 2739–2751, 2023, doi: <https://doi.org/10.31004/cendekia.v7i3.2243>.
- [24] A. T. Damayanti, B. E. Pradana, dan B. P. Putri, "Literature Review: Problematika Kesiapan Guru Terhadap Penerapan Kurikulum Merdeka," *SNHRP*, vol. 5, hlm. 465–471, 2023.
- [25] J. B. Manalu, P. Sitohang, dan N. H. Henrika, "Pengembangan perangkat pembelajaran kurikulum merdeka belajar," *Prosiding Pendidikan Dasar*, vol. 1, no. 1, hlm. 80–86, 2022.
- [26] Y. Yuhastina, B. N. Parahita, D. Astutik, G. Ghufroudin, dan D. Purwanto, "Sociology teachers' opportunities and challenges in facing 'Merdeka Belajar' curriculum in the fourth industrial revolution (Industry 4.0)," *Society*, vol. 8, no. 2, hlm. 732–753, 2020.
- [27] C. Rahmadhani, H. Pujiastuti, dan M. Fathurrohman, "Pendekatan STEM dalam Pembelajaran Matematika: Study Literature Review," *jiip*, vol. 6, no. 1, hlm. 549–557, Jan 2023, doi: 10.54371/jiip.v6i1.1280.