

Tinjauan Sistematis Terhadap Implementasi dan Dampak STEM dalam Pembelajaran IPA Inklusif

Nadia Eka Ardhani¹, Ani Rusilowati¹, Arif Widiyatmoko¹, Tiara Dwi Wulandari¹

¹Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

*Email korespondensi: nadiaekaardhani2@students.unnes.ac.id

ABSTRAK

Pembelajaran IPA inklusif memerlukan pendekatan yang mampu mengakomodasi keberagaman kebutuhan dan karakteristik siswa. Pendekatan STEM relevan karena menekankan pembelajaran aktif, kontekstual, kolaboratif, dan berbasis pemecahan masalah. Kajian ini bertujuan menganalisis implementasi dan dampak STEM dalam pembelajaran IPA inklusif. Penelitian menggunakan metode *systematic literature review* (SLR) dengan alur PRISMA, meliputi identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, dan penetapan artikel inklusi. Data diperoleh dari Google Scholar, ERIC, dan Scopus, dengan rentang publikasi 2021-2026. Berdasarkan seleksi, diperoleh 15 artikel yang dianalisis secara deskriptif kualitatif melalui sintesis tematik. Hasil kajian menunjukkan bahwa STEM dalam pendidikan IPA inklusif diterapkan melalui pembelajaran berbasis proyek, pembelajaran berbasis masalah, inkuiri, desain rekayasa, teknologi, media konkret, dan Universal Design for Learning (UDL). Implementasi STEM berdampak positif terhadap pemahaman konsep IPA, literasi sains, berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, kolaborasi, motivasi, partisipasi, dan keterlibatan sosial siswa. Hambatan utama meliputi kesiapan guru, aksesibilitas, akomodasi, asesmen fleksibel, dan dukungan sumber daya. Kajian ini menyimpulkan bahwa STEM berpotensi menjadi pendekatan strategis untuk pembelajaran IPA yang inovatif, adaptif, dan inklusif. Implikasinya, penelitian selanjutnya perlu mengembangkan model STEM adaptif dan asesmen yang lebih fleksibel bagi siswa inklusif yang beragam.

Kata kunci: STEM, pembelajaran IPA, inklusif, tinjauan sistematis, SDG 4

PENDAHULUAN

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) berperan dalam membangun literasi sains, kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, serta pemahaman siswa terhadap fenomena alam dan kehidupan sehari-hari. Dalam konteks pendidikan inklusif, pembelajaran IPA tidak hanya dituntut untuk membantu siswa memahami konsep-konsep sains, tetapi juga perlu memberi ruang partisipasi yang setara bagi siswa dengan karakteristik, kemampuan, gaya belajar, dan kebutuhan yang beragam (Adu-Boateng & Goodnough, 2021; Subban *et al.*, 2022; Pannullo *et al.*, 2025). Kebutuhan tersebut menjadi semakin penting karena aktivitas IPA sering melibatkan konsep abstrak, eksperimen, pengamatan, penggunaan alat, komunikasi ilmiah, dan kerja kolaboratif yang menuntut penyesuaian strategi pembelajaran agar dapat diakses oleh seluruh siswa (Guzman-Orth *et al.*, 2021; Fränkel *et al.*, 2023; Roski *et al.*, 2021).

Pendidikan inklusif menempatkan keberagaman siswa sebagai bagian alami dari proses pembelajaran. Oleh karena itu, guru perlu merancang strategi, media, aktivitas, dan asesmen yang memungkinkan semua siswa terlibat secara bermakna. Pendekatan *Universal Design for Learning* (UDL) dipandang relevan dalam kelas sains inklusif karena membantu guru merancang pembelajaran melalui berbagai cara representasi, keterlibatan, serta ekspresi belajar (King-Sears *et al.*, 2023; Almeqdad *et al.*, 2023; Roski *et al.*, 2021). Selain itu, kajian tentang pengalaman siswa dalam pendidikan inklusif menunjukkan bahwa keberhasilan inklusi dipengaruhi oleh budaya sekolah yang mendukung, hubungan sosial yang positif, dukungan pembelajaran yang tepat, serta kesiapan guru dalam merespons keragaman kebutuhan belajar siswa (Subban *et al.*, 2022; Fisher *et al.*, 2022; Duncan *et al.*, 2023).

Salah satu pendekatan yang dinilai relevan untuk mendukung pembelajaran IPA inklusif adalah pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM). STEM menekankan integrasi antardisiplin melalui aktivitas pembelajaran yang kontekstual, berbasis masalah, berbasis proyek, serta berorientasi pada penyelesaian persoalan nyata (Halawa *et al.*, 2024; Portillo-Blanco *et al.*, 2024; D'Elia *et al.*, 2025). Pembelajaran STEM terpadu, diimplementasikan dengan prinsip integrasi, pemecahan masalah dunia nyata, inkuiri, desain, dan kerja tim menjadi karakteristik utama yang membedakan STEM dari pembelajaran sains konvensional (Halawa *et al.*, 2024; Portillo-Blanco *et al.*, 2024; McDaniel, 2024). Karakteristik tersebut berpotensi mendukung pembelajaran IPA inklusif karena memungkinkan siswa belajar melalui aktivitas konkret, kolaboratif, multimodal, serta berorientasi pada pemecahan masalah yang dekat dengan kehidupan mereka (D'Elia *et al.*, 2025; Pannullo *et al.*, 2025; Roski *et al.*, 2021).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa integrasi STEM dalam pembelajaran sains dapat meningkatkan berbagai kemampuan dan keterampilan siswa. Pembelajaran IPA terintegrasi STEM dapat dipadukan dengan berbagai model, seperti *project-based learning*, *problem-based learning*, Jigsaw, 5E-EDP, dan 6E-Cycle, serta dapat didukung oleh media seperti video interaktif, laboratorium virtual, dan mobile augmented reality (Halawa *et al.*, 2024; Ningtyas *et al.*, 2024). Integrasi STEM juga dinilai relevan untuk pengembangan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, komunikasi, literasi STEM, dan pemecahan masalah (Ningtyas *et al.*, 2024; Portillo-Blanco *et al.*, 2024; McDaniel, 2024). Dalam konteks siswa dengan kebutuhan khusus, kajian sistematis menunjukkan bahwa pembelajaran STEM dapat memberikan dampak positif terhadap keterlibatan, keterampilan akademik, dan pengembangan kemampuan siswa dengan disabilitas tertentu, meskipun bukti empirisnya masih perlu diperluas pada berbagai konteks pendidikan (Ariza & Hernández, 2025; Ata-Aktürk *et al.*, 2026; Da *et al.*, 2025).

Meskipun demikian, implementasi STEM dalam konteks inklusif masih menghadapi sejumlah tantangan. Siswa dengan disabilitas masih menghadapi kesenjangan dalam akses

pembelajaran, akomodasi khusus, kesempatan berpartisipasi, dukungan sosial-emosional, serta ketersediaan strategi pembelajaran STEM/STEAM yang sesuai dengan kebutuhan mereka (Ariza & Hernández, 2025; Ata-Aktürk *et al.*, 2026; Pieriboni *et al.*, 2026). Selain itu, penelitian mengenai STEM untuk siswa dengan disabilitas masih relatif terbatas dan cenderung berpusat pada konteks, jenis disabilitas, jenjang pendidikan, atau strategi tertentu sehingga belum sepenuhnya memberikan gambaran komprehensif mengenai praktik STEM dalam kelas inklusif (Borrego *et al.*, 2024; Ariza & Hernández, 2025; Da *et al.*, 2025). Kondisi ini menunjukkan perlunya kajian yang memetakan bagaimana STEM diimplementasikan, apa dampaknya terhadap siswa, hambatan apa yang muncul, dan rekomendasi praktis apa yang dapat digunakan guru dalam pembelajaran IPA inklusif.

Kebaruan kajian ini terletak pada fokusnya terhadap irisan antara STEM, pembelajaran IPA, dan pendidikan inklusif. Berbeda dari kajian sebelumnya yang membahas STEM atau pendidikan inklusif secara terpisah, kajian ini berupaya memetakan secara sistematis bagaimana STEM diterapkan dalam pembelajaran IPA inklusif, dampaknya terhadap siswa, hambatan implementasinya, serta rekomendasi praktis bagi guru. Tujuan kajian ini adalah untuk menganalisis secara sistematis implementasi dan dampak STEM dalam pembelajaran IPA inklusif. Berdasarkan tujuan tersebut, pertanyaan penelitian adalah:

1. Bagaimana model atau bentuk implementasi STEM dalam pembelajaran IPA inklusif?
2. Bagaimana dampak implementasi STEM terhadap siswa dalam pembelajaran IPA inklusif?
3. Apa saja hambatan dalam implementasi STEM pada pembelajaran IPA inklusif?
4. Apa rekomendasi praktis bagi guru untuk mengoptimalkan penerapan STEM dalam pembelajaran IPA inklusif?

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *systematic literature review* (SLR) dengan pendekatan deskriptif kualitatif untuk mengidentifikasi, menyeleksi, mengevaluasi, dan mensintesis artikel ilmiah yang relevan mengenai implementasi dan dampak STEM dalam pembelajaran IPA inklusif. Prosedur kajian disusun dengan mengacu pada prinsip PRISMA agar proses pencarian, seleksi, dan pelaporan literatur dilakukan secara sistematis, transparan, dan dapat direplikasi (Page *et al.*, 2021; Rethlefsen *et al.*, 2021). Tahapan penelitian meliputi identifikasi artikel, penyaringan artikel berdasarkan judul dan abstrak, penilaian kelayakan melalui pembacaan teks lengkap, serta penetapan artikel akhir yang dianalisis.

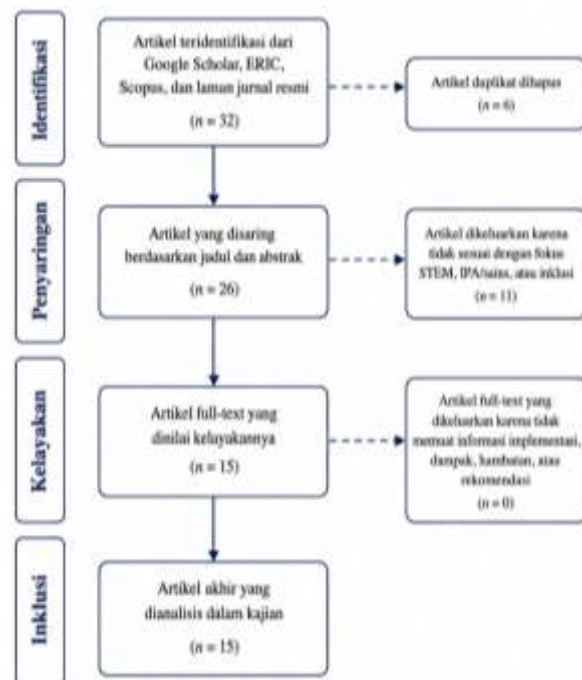
Identifikasi studi relevan dilakukan melalui Google Scholar, ERIC, dan Scopus. Kata kunci yang digunakan antara lain “STEM” OR “STEAM” AND “science education” AND “inclusive education”; “STEM education” AND “students with disabilities”; “STEM” AND “science learning” AND “inclusive classroom”; serta “STEM education” OR “STEAM education” AND “special needs students”. Adapun kriteria inklusi dan eksklusi dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria inklusi dan eksklusi artikel

Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Artikel jurnal nasional atau internasional yang terbit pada tahun 2021-2026	Publikasi nonjurnal dan artikel yang terbit sebelum tahun 2021
Artikel berbahasa Indonesia atau Inggris dan tersedia dalam bentuk full text	Artikel selain bahasa Indonesia atau Inggris dan tidak tersedia secara lengkap

Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Artikel membahas STEM/STEAM dalam pembelajaran IPA/sains, pendidikan inklusif, atau siswa berkebutuhan khusus/disabilitas	Artikel yang tidak berkaitan dengan STEM/STEAM, pembelajaran IPA/sains, atau pendidikan inklusif
Artikel memuat informasi tentang implementasi, dampak, hambatan, atau rekomendasi pembelajaran	Artikel yang tidak memuat informasi relevan dengan fokus dan pertanyaan kajian

Berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi tersebut, proses seleksi artikel dilakukan secara bertahap mulai dari identifikasi, penghapusan artikel duplikat, penyaringan judul dan abstrak, penilaian kelayakan teks lengkap, hingga penetapan artikel akhir yang dianalisis. Alur seleksi artikel dalam kajian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram PRISMA proses seleksi artikel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil seleksi literatur dengan mengacu pada kriteria inklusi dan eksklusi, diperoleh 15 artikel yang relevan untuk dianalisis. Ringkasan artikel yang menjadi sumber utama dalam kajian ini disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan artikel yang memenuhi kriteria inklusi

No.	Penulis dan Tahun	Fokus Artikel	Relevansi terhadap Kajian
1	Klimaitis & Mullen (2021)	Praktik pembelajaran STEM untuk siswa K-12 dengan disabilitas	Menjelaskan praktik instruksional, hambatan, kolaborasi guru, dan kebutuhan pengembangan profesional dalam STEM inklusif

No.	Penulis dan Tahun	Fokus Artikel	Relevansi terhadap Kajian
2	Guzman-Orth <i>et al.</i> (2021)	Aksesibilitas dan keadilan dalam instruksi serta asesmen STEM	Memberi dasar penting tentang akses, akomodasi, dan asesmen adil bagi siswa dengan disabilitas dalam STEM
3	Fisher <i>et al.</i> (2022)	Pengalaman siswa dengan disabilitas dan orang tua dalam aktivitas STEM ekstrakurikuler	Menjelaskan faktor pendorong dan hambatan partisipasi siswa dengan disabilitas dalam kegiatan STEM
4	Subban <i>et al.</i> (2022)	Pengalaman siswa dalam pendidikan inklusif	Mendukung analisis tentang kondisi sosial, dukungan sekolah, dan pengalaman belajar siswa di kelas inklusif
5	Fränkel <i>et al.</i> (2023)	Pendidikan guru sains untuk pembelajaran sains inklusif	Menjelaskan hambatan dan kebutuhan kesiapan guru dalam mengintegrasikan pedagogi sains dan inklusi
6	King-Sears <i>et al.</i> (2023)	Efektivitas <i>Universal Design for Learning</i> terhadap capaian belajar	Mendukung rekomendasi desain pembelajaran STEM/IPA yang fleksibel dan aksesibel
7	Lohmann <i>et al.</i> (2023)	UDL dalam kelas sains inklusif prasekolah	Memberi contoh strategi praktis pembelajaran sains inklusif berbasis UDL
8	Halawa <i>et al.</i> (2024)	Desain instruksional dalam pendidikan STEM K-12	Mengidentifikasi model STEM seperti PjBL, PBL, inquiry, dan <i>design-based learning</i>
9	Ningtyas <i>et al.</i> (2024)	Pembelajaran IPA terintegrasi STEM	Menjelaskan model, media, dan dampak STEM terhadap keterampilan abad ke-21 dalam pembelajaran IPA
10	Portillo-Blanco <i>et al.</i> (2024)	Prinsip dan karakteristik pendidikan STEM terpadu	Memberi dasar konseptual tentang integrasi, inkuiri, desain, kerja tim, dan masalah dunia nyata dalam STEM
11	Hwang <i>et al.</i> (2024)	STEM interdisipliner untuk siswa dengan learning disabilities	Menunjukkan dampak STEM terhadap kosakata sains dan pemecahan masalah kontekstual siswa dengan kesulitan belajar
12	Ariza & Hernández (2025)	Intervensi dan strategi STEM/STEAM untuk siswa dengan disabilitas	Memetakan jenis intervensi, strategi, hambatan, dan celah riset STEM/STEAM bagi siswa dengan disabilitas
13	Da <i>et al.</i> (2025)	Dampak STEM pada siswa dengan <i>autism spectrum disorder</i> dan <i>intellectual disability</i>	Menyediakan bukti meta-analisis tentang efek pembelajaran STEM pada siswa dengan ASD dan ID

No.	Penulis dan Tahun	Fokus Artikel	Relevansi terhadap Kajian
14	Margaret <i>et al.</i> (2025)	Pendidikan STEM inklusif di sekolah Nigeria	Menunjukkan hambatan inklusivitas STEM, termasuk dukungan bagi siswa dengan disabilitas dan faktor sosial-ekonomi
15	Ata-Aktürk <i>et al.</i> (2026)	STEM untuk anak dengan disabilitas	Menjelaskan terbatasnya akses dan partisipasi anak dengan disabilitas dalam pendidikan STEM serta arah pengembangan riset

Model dan bentuk implementasi STEM yang digunakan dalam pembelajaran IPA inklusif

Implementasi STEM dalam pembelajaran IPA inklusif cenderung berpusat pada pembelajaran aktif, kontekstual, dan berbasis pemecahan masalah. Model yang paling banyak muncul dalam literatur adalah *project-based learning* (PjBL), *problem-based learning* (PBL), *inquiry-based learning*, *design-based learning*, dan pendekatan berbasis proses desain rekayasa. Halawa *et al.* (2024) menunjukkan bahwa desain instruksional STEM pada jenjang K-12 banyak dikembangkan melalui *design-based learning*, inkuiri, proyek, dan pemecahan masalah. Temuan tersebut sejalan dengan Ningtyas *et al.* (2024) yang menunjukkan bahwa pembelajaran IPA terintegrasi STEM dapat diterapkan melalui PjBL, PBL, Jigsaw, 5E-EDP, dan 6E-Cycle. Dengan demikian, implementasi STEM dalam pembelajaran IPA tidak hanya berbentuk integrasi konten sains, teknologi, rekayasa, dan matematika, tetapi juga diwujudkan melalui aktivitas belajar yang mengarahkan siswa untuk mengamati masalah, merancang solusi, menguji rancangan, dan merefleksikan hasil.

Dalam konteks kelas inklusif, bentuk implementasi tersebut perlu dipahami sebagai desain pembelajaran yang fleksibel. STEM berpotensi mendukung siswa yang beragam karena aktivitasnya dapat disesuaikan melalui penggunaan media konkret, visualisasi, teknologi bantu, kerja kelompok, eksperimen sederhana, dan tugas berbasis produk. Portillo-Blanco *et al.* (2024) menekankan bahwa karakteristik utama STEM terpadu mencakup integrasi antardisiplin, masalah dunia nyata, inkuiri, desain, dan kerja tim. Karakteristik ini penting dalam pembelajaran IPA inklusif karena memberi peluang kepada siswa untuk belajar melalui berbagai cara, tidak hanya melalui penjelasan verbal atau teks tertulis. Siswa dapat menunjukkan pemahaman melalui gambar, model, prototipe, diskusi, demonstrasi, maupun produk sederhana yang berkaitan dengan konsep IPA.

Hal lain menunjukkan bahwa implementasi STEM dalam konteks inklusif sering kali berkaitan dengan penggunaan prinsip UDL. UDL menekankan penyediaan berbagai cara representasi, keterlibatan, dan ekspresi belajar sehingga pembelajaran dapat diakses oleh siswa dengan kebutuhan yang berbeda. Lohmann *et al.* (2023) menunjukkan bahwa UDL dapat digunakan dalam pembelajaran sains inklusif melalui variasi aktivitas, media, dan bentuk respons siswa. King-Sears *et al.* (2023) juga menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis UDL berdampak positif terhadap capaian akademik siswa. Oleh karena itu, implementasi STEM dalam pembelajaran IPA inklusif tidak cukup hanya menghadirkan kegiatan proyek atau eksperimen, tetapi juga perlu memastikan bahwa setiap aktivitas dapat diakses, dipahami, dan diikuti oleh seluruh siswa.

Berkaitan pada siswa dengan disabilitas menunjukkan bahwa implementasi STEM perlu melibatkan adaptasi instruksional. Klimaitis dan Mullen (2021) menekankan pentingnya

praktik pembelajaran yang memungkinkan siswa dengan disabilitas mengakses lingkungan STEM dan mengembangkan keterampilan abad ke-21. Adaptasi tersebut dapat berupa modifikasi instruksi, penyederhanaan tahapan kerja, penggunaan alat bantu visual, pembagian peran dalam kelompok, pemberian contoh konkret, serta dukungan guru atau teman sebaya. Dengan demikian, model STEM yang tepat untuk pembelajaran IPA inklusif adalah model yang tidak hanya menekankan produk akhir, tetapi juga menyediakan dukungan proses agar siswa dengan kebutuhan berbeda dapat berpartisipasi secara bermakna.

Dampak implementasi STEM terhadap siswa dalam pembelajaran IPA inklusif

Implementasi STEM berdampak positif terhadap siswa, baik dalam aspek akademik, keterampilan, maupun partisipasi belajar. Pada aspek akademik, STEM membantu siswa memahami konsep IPA melalui pengalaman belajar yang konkret dan kontekstual. Hwang *et al.* (2024) menemukan bahwa pembelajaran STEM interdisipliner dapat meningkatkan penguasaan kosakata sains dan kemampuan pemecahan masalah kontekstual pada siswa dengan learning disabilities. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi STEM dapat membantu siswa yang mengalami hambatan belajar untuk memahami konsep sains melalui hubungan antarbidang dan aktivitas yang lebih aplikatif.

Pada aspek keterampilan, pembelajaran STEM berkontribusi terhadap pengembangan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, komunikasi, literasi STEM, dan pemecahan masalah. Ningtyas *et al.* (2024) menunjukkan bahwa pembelajaran IPA terintegrasi STEM dapat meningkatkan kemampuan dan keterampilan siswa melalui variasi model pembelajaran dan dukungan media. Halawa *et al.* (2024) juga menunjukkan bahwa tujuan pendidikan STEM pada jenjang K-12 banyak diarahkan pada literasi STEM, keterlibatan belajar, pilihan karier, dan kompetensi abad ke-21. Dalam konteks pembelajaran IPA inklusif, dampak ini penting karena siswa tidak hanya diarahkan untuk menguasai konsep, tetapi juga mengembangkan kemampuan berpikir dan bekerja sama dalam menyelesaikan masalah nyata.

Bagi siswa berkebutuhan khusus atau siswa dengan disabilitas, STEM juga berpotensi meningkatkan keterlibatan dan rasa percaya diri. Da *et al.* (2025) menemukan bahwa pembelajaran STEM memberikan efek intervensi dan pemeliharaan yang kuat pada siswa dengan *autism spectrum disorder* dan *intellectual disability*. Temuan ini memperlihatkan bahwa STEM dapat memberikan pengalaman belajar yang bermakna ketika dirancang sesuai kebutuhan siswa. Aktivitas STEM yang konkret, berulang, terstruktur, dan berbasis produk dapat membantu siswa memahami konsep melalui pengalaman langsung, bukan hanya melalui penjelasan abstrak.

Selain dampak akademik, STEM juga memiliki dampak sosial. Pembelajaran STEM biasanya dilakukan melalui kerja kelompok, diskusi, pembagian tugas, dan penyelesaian masalah secara kolaboratif. Kondisi ini memberi peluang bagi siswa dalam kelas inklusif untuk berinteraksi, saling membantu, dan mengembangkan keterampilan komunikasi. Fisher *et al.* (2022) menunjukkan bahwa keterlibatan siswa dengan disabilitas dalam kegiatan STEM dipengaruhi oleh kesenangan terhadap aktivitas, interaksi sosial, inisiatif orang tua dan guru, serta pengalaman merasa menjadi bagian dari kelompok. Dengan demikian, STEM tidak hanya berfungsi sebagai pendekatan akademik, tetapi juga sebagai ruang sosial yang dapat memperkuat partisipasi dan rasa memiliki siswa dalam komunitas belajar.

Namun, dampak positif STEM tidak muncul secara otomatis. Dampak tersebut sangat bergantung pada kualitas desain pembelajaran, dukungan guru, akses terhadap alat dan media, serta kesesuaian aktivitas dengan kemampuan siswa. Ariza dan Hernández (2025) menunjukkan bahwa keberhasilan intervensi STEM/STEAM bagi siswa dengan disabilitas berkaitan dengan strategi yang digunakan, dukungan akomodasi, serta kesempatan belajar yang

setara. Dengan demikian, STEM dapat berdampak positif apabila guru mampu memastikan bahwa setiap siswa memperoleh akses, peran, dan dukungan yang memadai selama proses pembelajaran.

Hambatan yang dihadapi dalam implementasi STEM pada pembelajaran IPA inklusif

Meskipun memiliki potensi positif, implementasi STEM dalam pembelajaran IPA inklusif masih menghadapi berbagai hambatan. Hambatan pertama berkaitan dengan kesiapan guru. Guru IPA di kelas inklusif tidak hanya dituntut menguasai konsep sains, tetapi juga perlu memahami pedagogi inklusif, karakteristik siswa berkebutuhan khusus, strategi diferensiasi, penggunaan teknologi, serta cara mengadaptasi aktivitas STEM. Fränkel *et al.* (2023) menunjukkan bahwa pendidikan guru sains inklusif masih menghadapi hambatan berupa pemisahan antara pendidikan guru reguler dan pendidikan khusus, pendekatan inklusi yang sering bersifat tambahan, serta kurangnya integrasi antara pengetahuan konten sains dan pedagogi inklusif. Hambatan ini dapat membuat guru kesulitan merancang kegiatan STEM yang sekaligus bermakna secara konseptual dan aksesibel secara pedagogis.

Hambatan kedua berkaitan dengan aksesibilitas dan akomodasi. Pembelajaran STEM sering melibatkan alat, bahan, instruksi kompleks, aktivitas eksperimen, dan kerja kelompok. Tanpa akomodasi yang memadai, siswa dengan disabilitas dapat mengalami kesulitan dalam mengikuti instruksi, menggunakan alat, mengakses informasi visual atau verbal, maupun menunjukkan hasil belajar. Guzman-Orth *et al.* (2021) menekankan bahwa aksesibilitas dan keadilan merupakan unsur penting dalam instruksi dan asesmen STEM, terutama bagi siswa dari populasi khusus termasuk siswa dengan disabilitas. Jika aksesibilitas tidak diperhatikan sejak tahap perencanaan, pembelajaran STEM justru berisiko memperlebar kesenjangan partisipasi.

Hambatan ketiga adalah keterbatasan kesempatan dan dukungan bagi siswa dengan disabilitas. Ata-Aktürk *et al.* (2026) menunjukkan bahwa anak dengan disabilitas masih termasuk kelompok yang memiliki keterbatasan akses dan partisipasi dalam pendidikan STEM. Ariza dan Hernández (2025) juga menemukan bahwa siswa dengan disabilitas masih menghadapi kesenjangan dalam akomodasi khusus, kesempatan belajar, serta dukungan sosial-emosional dalam STEM/STEAM. Hambatan ini menunjukkan bahwa persoalan STEM inklusif bukan hanya berada pada level kelas, tetapi juga berkaitan dengan sistem dukungan sekolah, kebijakan, budaya inklusif, dan ketersediaan sumber daya.

Hambatan keempat berkaitan dengan desain asesmen. Dalam pembelajaran IPA berbasis STEM, asesmen sering menilai produk, proses, kolaborasi, dan pemecahan masalah. Namun, siswa dalam kelas inklusif mungkin membutuhkan cara berbeda untuk menunjukkan pemahaman. Jika guru hanya menggunakan asesmen seragam, sebagian siswa dapat terlihat kurang berhasil bukan karena tidak memahami konsep, tetapi karena bentuk asesmen tidak sesuai dengan kebutuhan dan cara mereka mengekspresikan pemahaman. King-Sears *et al.* (2023) dan Lohmann *et al.* (2023) menekankan pentingnya fleksibilitas dalam representasi dan ekspresi belajar melalui UDL. Dalam konteks STEM, hal ini berarti siswa perlu diberi pilihan dalam menyampaikan hasil, misalnya melalui presentasi lisan, gambar, model, video, demonstrasi, atau laporan sederhana.

Hambatan kelima berkaitan dengan faktor sosial dan lingkungan belajar. Subban *et al.* (2022) menunjukkan bahwa keberhasilan pendidikan inklusif dipengaruhi oleh budaya sekolah, dukungan pembelajaran, dan hubungan sosial yang dialami siswa. Dalam pembelajaran STEM, kerja kelompok dapat menjadi peluang inklusi, tetapi juga dapat menjadi hambatan jika siswa tertentu hanya diberi peran pasif atau tidak dilibatkan secara setara. Fisher *et al.* (2022) menunjukkan bahwa hambatan partisipasi siswa dengan disabilitas dalam kegiatan STEM dapat

berkaitan dengan kecocokan aktivitas, minat, kurangnya akomodasi, serta beban yang dirasakan oleh orang tua. Oleh karena itu, kolaborasi dalam STEM harus dirancang secara sadar agar setiap siswa memiliki peran yang jelas, dihargai, dan sesuai dengan kemampuannya.

Rekomendasi praktis yang dapat diberikan kepada guru untuk mengoptimalkan penerapan STEM dalam pembelajaran IPA inklusif

Berdasarkan hasil sintesis, rekomendasi pertama bagi guru adalah merancang STEM dengan prinsip aksesibilitas sejak awal, bukan melakukan penyesuaian setelah pembelajaran berlangsung. Guru perlu memastikan bahwa tujuan pembelajaran, instruksi, media, aktivitas, dan asesmen dapat diakses oleh siswa dengan kebutuhan yang beragam. Pendekatan UDL dapat digunakan sebagai kerangka perencanaan karena memberi ruang bagi berbagai bentuk representasi, keterlibatan, dan ekspresi belajar (King-Sears *et al.*, 2023; Lohmann *et al.*, 2023). Dalam praktiknya, guru dapat menyediakan instruksi tertulis dan visual, contoh konkret, video singkat, alat peraga, pilihan tugas, serta alternatif cara siswa menyampaikan hasil belajar.

Rekomendasi kedua adalah menerapkan diferensiasi aktivitas dalam pembelajaran STEM. Aktivitas STEM sebaiknya memiliki tujuan yang sama, tetapi menyediakan beberapa tingkat dukungan dan pilihan cara kerja. Misalnya, ketika siswa diminta merancang alat sederhana untuk menjelaskan konsep gaya, energi, atau ekosistem, guru dapat membedakan kompleksitas rancangan, jumlah langkah kerja, jenis bahan, dan bentuk laporan sesuai kebutuhan siswa. Diferensiasi ini penting karena kelas inklusif berisi siswa dengan kemampuan akademik, motorik, komunikasi, sosial, dan regulasi diri yang beragam. Klimaitis dan Mullen (2021) menekankan pentingnya praktik instruksional yang mendukung akses siswa dengan disabilitas ke lingkungan STEM, sedangkan Fränkel *et al.* (2023) menekankan perlunya penguatan pedagogi inklusif dalam pendidikan guru sains.

Rekomendasi ketiga adalah menggunakan pembelajaran kolaboratif secara terstruktur. STEM sering melibatkan kerja kelompok, tetapi kerja kelompok tidak otomatis inklusif. Guru perlu menentukan peran yang jelas bagi setiap siswa, seperti pengamat, pencatat, perancang, penguji alat, penyaji, atau pengambil gambar. Pembagian peran perlu mempertimbangkan kekuatan dan kebutuhan siswa agar tidak ada siswa yang hanya menjadi penonton. Fisher *et al.* (2022) menunjukkan bahwa interaksi sosial, dukungan guru dan orang tua, serta pengalaman merasa menjadi bagian dari kelompok dapat memengaruhi keterlibatan siswa dengan disabilitas dalam aktivitas STEM. Oleh karena itu, kolaborasi dalam STEM perlu diarahkan untuk membangun partisipasi setara dan hubungan sosial yang positif.

Rekomendasi keempat adalah memanfaatkan media konkret, teknologi bantu, dan sumber belajar multimodal. Pembelajaran IPA sering mengandung konsep abstrak, sehingga siswa membutuhkan pengalaman belajar yang dapat dilihat, disentuh, dimanipulasi, atau divisualisasikan. Media konkret, simulasi, video interaktif, laboratorium virtual, gambar, model tiga dimensi, serta aplikasi pendukung dapat membantu siswa memahami konsep IPA secara lebih mudah. Ningtyas *et al.* (2024) menunjukkan bahwa pembelajaran IPA terintegrasi STEM dapat didukung oleh media seperti video interaktif, laboratorium virtual, dan mobile *augmented reality*. Dalam konteks inklusif, media tersebut perlu dipilih berdasarkan aksesibilitas, bukan hanya berdasarkan unsur kebaruan teknologi.

Rekomendasi kelima adalah mengembangkan asesmen yang fleksibel dan berorientasi pada proses. Guru perlu menilai tidak hanya produk akhir, tetapi juga proses berpikir, kerja sama, kreativitas, penggunaan konsep IPA, dan kemampuan siswa menjelaskan solusi. Asesmen dapat dilakukan melalui observasi, rubrik proyek, jurnal belajar, portofolio, presentasi, demonstrasi, atau refleksi sederhana. Guzman-Orth *et al.* (2021) menegaskan bahwa keadilan dan aksesibilitas dalam asesmen STEM penting agar siswa dari populasi khusus dapat

menunjukkan apa yang mereka ketahui dan mampu lakukan. Dengan demikian, asesmen STEM dalam kelas inklusif perlu memberi kesempatan kepada siswa untuk menunjukkan pemahaman melalui berbagai bentuk ekspresi.

Rekomendasi keenam adalah membangun kolaborasi antara guru IPA, guru pendamping khusus, orang tua, dan pihak sekolah. Kolaborasi diperlukan untuk mengidentifikasi kebutuhan siswa, menentukan akomodasi, memilih media, mengelola kelompok, serta mengevaluasi hasil pembelajaran. Fränkel *et al.* (2023) menunjukkan bahwa kolaborasi dan transfer pengetahuan merupakan unsur penting dalam penguatan pendidikan guru sains inklusif. Dukungan sekolah juga diperlukan agar guru memiliki waktu, fasilitas, pelatihan, dan sumber daya yang cukup untuk menerapkan STEM secara inklusif.

Berdasarkan pembahasan tersebut, penerapan STEM dalam pembelajaran IPA inklusif perlu diarahkan pada desain pembelajaran yang kontekstual, adaptif, dan berkeadilan. Guru dapat memulai dari masalah nyata yang dekat dengan kehidupan siswa, menghubungkannya dengan konsep IPA, menyediakan pilihan aktivitas, mengadaptasi alat dan instruksi, serta memberi ruang bagi siswa untuk bekerja sama dan mengekspresikan pemahamannya secara beragam. Dengan cara tersebut, STEM tidak hanya menjadi pendekatan inovatif dalam pembelajaran IPA, tetapi juga menjadi strategi pedagogis untuk memperluas partisipasi dan menguatkan prinsip pendidikan inklusif.

KESIMPULAN

Implementasi STEM dalam pembelajaran IPA inklusif berpotensi mendukung pembelajaran yang aktif, kontekstual, kolaboratif, dan responsif terhadap keberagaman kebutuhan siswa. Pendekatan STEM diterapkan melalui pembelajaran berbasis proyek, pembelajaran berbasis masalah, inkuiri, desain rekayasa, pemanfaatan teknologi, media konkret, serta pendekatan *Universal Design for Learning* (UDL). Hasil menunjukkan bahwa STEM dapat berdampak positif terhadap pemahaman konsep IPA, literasi sains, keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, kolaborasi, motivasi, partisipasi, dan keterlibatan sosial siswa, pada siswa berkebutuhan khusus dengan disabilitas. Namun, kajian ini memiliki keterbatasan karena artikel yang dianalisis hanya mencakup publikasi tahun 2021-2026, bersumber dari database tertentu, serta memiliki variasi konteks, jenjang pendidikan, jenis disabilitas, metode, dan bentuk intervensi STEM. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk mengembangkan studi empiris yang lebih spesifik mengenai praktik STEM di kelas IPA inklusif, menguji efektivitas model STEM adaptif, serta mengembangkan asesmen dan strategi pembelajaran yang fleksibel, aksesibel, dan sesuai dengan kebutuhan siswa yang beragam.

DAFTAR PUSTAKA

- Adu-Boateng, S., & Goodnough, K. (2022). Examining a science teacher's instructional practices in the adoption of inclusive pedagogy: A qualitative case study. *Journal of Science Teacher Education*, 33(3), 303-325.
- Almeqdad, Q. I., Alodat, A. M., Alquraan, M. F., Mohaidat, M. A., & Al-Makhzoomy, A. K. (2023). The effectiveness of universal design for learning: A systematic review of the literature and meta-analysis. *Cogent Education*, 10(1), Article 2218191.
- Ariza, J. Á., & Hernández Hernández, C. (2025). A systematic literature review of research-based interventions and strategies for students with disabilities in STEM and STEAM education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23, 2863-2893.

- Ata-Aktürk, A., Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Ozturk, S. (2026). STEM education for children with disabilities: A systematic review. *Early Childhood Education Journal*, 54, 3095-3110.
- Borrego, M., Chasen, A., Tripp, H. C., Landgren, E., & Koolman, E. (2025). A scoping review on U.S. undergraduate students with disabilities in STEM courses and STEM majors. *International Journal of STEM Education*, 12, Article 1.
- Da, F., Ma, Y., Ma, M., Mao, J., Weng, Z., Yang, C., & Wang, T. (2025). Effects of STEM learning on students with autism spectrum disorder and students with intellectual disability: A systematic review and meta-analysis. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12, Article 1009.
- D'Elia, P., Stalmach, A., Di Sano, S., & Casale, G. (2025). Strategies for inclusive digital education: Problem/project-based learning, cooperative learning, and service learning for students with special educational needs. *Frontiers in Education*, 9, Article 1447489.
- Duncan, V. L., Holt, E. A., & Keenan, S. M. (2023). Creating an equitable and inclusive STEM classroom: A qualitative meta-synthesis of approaches and practices in higher education. *Frontiers in Education*, 8, Article 1154652.
- Fisher, K. M., Shannon-Baker, P., Greer, K. A., & Serianni, B. (2022). Perspectives of students with disabilities and their parents on influences and barriers to joining and staying in extracurricular STEM activities. *The Journal of Special Education*, 56(2), 110-120.
- Fränkel, S., Sterken, M., & Stinken-Rösner, L. (2023). From barriers to boosters: Initial teacher education for inclusive science education. *Frontiers in Education*, 8, Article 1191619.
- Guzman-Orth, D., Supalo, C. A., Smith, D. W., Lee, O., & King, T. (2021). Equitable STEM instruction and assessment: Accessibility and fairness considerations for special populations. *ETS Research Report Series*, 2021(1), 1-16.
- Halawa, S., Lin, T.-C., & Hsu, Y.-S. (2024). Exploring instructional design in K-12 STEM education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 11, Article 43.
- Hwang, J. L., Choo, S., Morano, S., Liang, M., & Kabel, M. (2024). From silos to synergy in STEM education: Promoting interdisciplinary STEM education to enhance the science achievement of students with learning disabilities. *Learning Disabilities Research & Practice*, 39(3), 117-131.
- King-Sears, M. E., Stefanidis, A., Evmenova, A. S., Rao, K., Mergen, R. L., Owen, L. S., & Strimel, M. M. (2023). Achievement of learners receiving UDL instruction: A meta-analysis. *Teaching and Teacher Education*, 122, Article 103956.
- Klimaitis, C. C., & Mullen, C. A. (2021). Including K-12 students with disabilities in STEM education and planning for inclusion. *Educational Planning*, 28(2), 27-43.
- Lohmann, M. J., Hovey, K. A., & Gauvreau, A. N. (2023). Universal Design for Learning (UDL) in inclusive preschool science classrooms. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, 26(1), Article 4.
- McDaniel, A. (2024). STEM education for students with disabilities. *American Journal of STEM Education*, 2, i-vii.
- Ningtyas, P. K., Widarti, H. R., Parlan, P., Rahayu, S., & Dasna, I. W. (2024). Enhancing students' abilities and skills through science learning integrated STEM: A systematic literature review. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology*, 12(5), 1161-1181.
- Oginni, A. M., Awobodu, V. Y., & Olusegun, B. E. (2025). Inclusive STEM education in Nigerian schools: An emerging pathway for sustainable development. *Journal of Educational Research & Practice*, 15, 1-13.

- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, Article n71.
- Pannullo, L., Böttinger, T., & Winkelmann, J. (2025). Inclusive and digital science education—A theoretical framework for lesson planning. *Education Sciences*, 15(2), Article 148.
- Pieriboni, G., Buzzi, M., & Leporini, B. (2026). STEM education and ICT-enhanced tools for students with disabilities: A five-year review. *Universal Access in the Information Society*, 25, Article 3.
- Portillo-Blanco, A., Deprez, H., De Cock, M., Guisasola, J., & Zuza, K. (2024). A systematic literature review of integrated STEM education: Uncovering consensus and diversity in principles and characteristics. *Education Sciences*, 14(9), Article 1028.
- Rethlefsen, M. L., Kirtley, S., Waffenschmidt, S., Ayala, A. P., Moher, D., Page, M. J., Koffel, J. B., & PRISMA-S Group. (2021). PRISMA-S: An extension to the PRISMA statement for reporting literature searches in systematic reviews. *Systematic Reviews*, 10, Article 39.
- Roski, M., Walkowiak, M., & Nehring, A. (2021). Universal Design for Learning: The more, the better? *Education Sciences*, 11(4), Article 164.
- Subban, P., Woodcock, S., Sharma, U., & May, F. (2022). Student experiences of inclusive education in secondary schools: A systematic review of the literature. *Teaching and Teacher Education*, 119, Article 103853.