

Pengembangan E-Book Kimia Berbasis STEAM untuk Materi Sifat Koligatif Larutan: Tinjauan Literatur Sistematis terhadap Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis dan Motivasi Belajar Siswa

Baiq Sri Wahyuni* & Edi Waluyo

Program Studi Pendidikan Dasar, Fakultas Pasca Sarjana, Universitas Hamzanwadi, Indonesia

*Corresponding Author: baiqwahyuni36@guru.sma.belajar.id

Article History

Received : June 27th, 2026

Revised : July 23th, 2026

Accepted : August 10th, 2026

Abstract: Transformasi pembelajaran abad ke-21 menuntut pengembangan bahan ajar digital yang tidak hanya meningkatkan penguasaan konsep, tetapi juga mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan motivasi belajar siswa. Salah satu inovasi yang relevan adalah *e-book* kimia berbasis *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics* (STEAM), terutama pada materi sifat koligatif larutan yang bersifat abstrak dan memerlukan visualisasi konseptual. Penelitian ini bertujuan menganalisis tren penelitian, karakteristik pengembangan, implementasi, dan efektivitas *e-book* kimia berbasis STEAM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan motivasi belajar siswa melalui pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR). Kajian dilakukan berdasarkan pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) dengan menelusuri artikel yang dipublikasikan pada periode 2020–2025 melalui basis data Scopus, Web of Science, ScienceDirect, ERIC, dan Google Scholar. Sebanyak 30 artikel yang memenuhi kriteria inklusi dianalisis menggunakan sintesis tematik. Hasil kajian menunjukkan bahwa *e-book* berbasis STEAM mengintegrasikan multimedia interaktif, pembelajaran berbasis proyek, eksperimen virtual, pemecahan masalah kontekstual, dan asesmen autentik yang secara konsisten meningkatkan kemampuan berpikir kritis, motivasi belajar, keterlibatan, kreativitas, serta pemahaman konseptual siswa. Penelitian ini menyimpulkan bahwa *e-book* kimia berbasis STEAM merupakan inovasi pembelajaran yang efektif dan memiliki prospek strategis dalam mendukung pembelajaran kimia yang bermakna, berpusat pada peserta didik, dan berorientasi pada penguatan kompetensi abad ke-21.

Keywords: Berpikir Kritis; E-book Kimia; Motivasi Belajar; Sifat Koligatif Larutan; STEAM.

PENDAHULUAN

Transformasi pendidikan abad ke-21 telah mengubah orientasi pembelajaran dari yang semula berpusat pada penguasaan pengetahuan menuju pengembangan kompetensi yang menekankan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, kolaborasi, serta literasi digital (Muhali & Asy'ari, 2026; Yan, 2026). Pergeseran paradigma tersebut sejalan dengan meningkatnya kompleksitas tantangan global yang menuntut peserta didik tidak hanya memahami konsep-konsep ilmiah, tetapi juga mampu menerapkannya dalam menyelesaikan berbagai persoalan nyata secara inovatif dan bertanggung jawab (Chen et al., 2026; Wu et al., 2026). Dalam konteks pendidikan sains, perubahan tersebut mendorong pembelajaran yang lebih kontekstual, interaktif, dan berbasis pengalaman sehingga peserta didik mampu

mengonstruksi pengetahuan melalui proses penyelidikan, eksplorasi, dan pemecahan masalah (Chenchen, 2026; Wang & Wang, 2024).

Kimia merupakan salah satu cabang ilmu sains yang memiliki peran strategis dalam membangun literasi ilmiah karena mempelajari struktur, sifat, perubahan, dan interaksi materi yang menjadi dasar berbagai fenomena alam maupun perkembangan teknologi (Krol et al., 2024; Müller & Lippert, 2023; Xia et al., 2025). Namun demikian, pembelajaran kimia masih menghadapi berbagai tantangan, terutama karena banyak konsep yang bersifat abstrak, melibatkan representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik secara simultan. Kondisi tersebut menyebabkan peserta didik sering mengalami kesulitan dalam membangun hubungan antarkonsep sehingga berdampak pada rendahnya pemahaman konseptual, kemampuan berpikir kritis, dan motivasi belajar (Furukado et al., 2024;

Suntharalingam, 2023). Oleh karena itu, pembelajaran kimia memerlukan inovasi pedagogis yang mampu memvisualisasikan konsep abstrak sekaligus menghubungkannya dengan konteks kehidupan sehari-hari.

Urgensi pengembangan pembelajaran kimia semakin diperkuat oleh karakteristik ilmu kimia yang terus berkembang dan berkontribusi pada berbagai bidang kehidupan. Kajian mengenai distribusi materi kimia dalam kurikulum menunjukkan bahwa penyusunan materi pembelajaran harus mempertimbangkan perkembangan kognitif peserta didik serta kesinambungan antarjenjang pendidikan agar terbentuk pemahaman konseptual yang utuh (Avcı et al., 2010). Di sisi lain, perkembangan ilmu kimia modern juga memperlihatkan bahwa pemahaman terhadap sifat fisika dan sifat kimia suatu zat menjadi landasan penting dalam berbagai disiplin ilmu, termasuk farmasetika, ilmu material, pangan, dan rekayasa kimia (BeMiller, 2019; S. Singh & Dash, 2024). Dengan demikian, pembelajaran kimia tidak hanya diarahkan pada penguasaan teori, tetapi juga pada kemampuan mengaitkan konsep ilmiah dengan aplikasi nyata dalam kehidupan.

Seiring dengan perkembangan teknologi digital, pemanfaatan bahan ajar elektronik menjadi salah satu strategi yang banyak dikembangkan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. E-book tidak lagi dipandang sebagai bentuk digitalisasi buku cetak, melainkan sebagai media pembelajaran interaktif yang mampu mengintegrasikan teks, gambar, animasi, video, simulasi, laboratorium virtual, kuis adaptif, serta berbagai sumber belajar berbasis internet dalam satu platform. Karakteristik tersebut memberikan pengalaman belajar yang lebih fleksibel, personal, dan interaktif sehingga memungkinkan peserta didik membangun pemahaman konseptual secara mandiri maupun kolaboratif. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan media digital yang dirancang secara pedagogis mampu meningkatkan keterlibatan belajar, pemahaman konsep, dan hasil belajar dibandingkan pembelajaran yang hanya mengandalkan buku teks konvensional.

Meskipun demikian, efektivitas e-book tidak hanya ditentukan oleh kelengkapan fitur digital yang dimiliki, tetapi juga oleh pendekatan pembelajaran yang mendasari proses pengembangannya. E-book yang sekadar memindahkan isi buku cetak ke dalam format elektronik cenderung belum mampu

mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi karena masih berorientasi pada penyampaian informasi. Oleh sebab itu, pengembangan e-book perlu mengintegrasikan pendekatan pembelajaran yang mampu mendorong peserta didik melakukan eksplorasi, investigasi, kolaborasi, refleksi, dan pemecahan masalah secara aktif. Salah satu pendekatan yang berkembang pesat dalam pendidikan sains adalah Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (STEAM). Pendekatan ini menempatkan peserta didik sebagai subjek pembelajaran melalui integrasi berbagai disiplin ilmu untuk menyelesaikan permasalahan autentik secara kreatif dan inovatif.

Pendekatan STEAM dipandang mampu menjembatani kesenjangan antara pembelajaran konseptual dengan kebutuhan kompetensi abad ke-21. Integrasi sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika memungkinkan peserta didik mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, kolaborasi, serta literasi teknologi secara simultan. Dalam pembelajaran kimia, pendekatan STEAM memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk memahami konsep melalui kegiatan eksperimen, desain produk sederhana, simulasi digital, analisis data, serta penyelesaian masalah kontekstual yang berkaitan dengan fenomena kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, pembelajaran kimia tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga pada pembentukan kemampuan berpikir ilmiah dan keterampilan pemecahan masalah.

Perkembangan penelitian mutakhir juga menunjukkan adanya pergeseran orientasi pendidikan kimia menuju pembelajaran berbasis inkuiri yang terintegrasi dengan isu-isu keberlanjutan (*sustainability*). Poya (2026) melaporkan bahwa pembelajaran kimia berbasis *inquiry* yang dikembangkan dalam konteks keberlanjutan mampu meningkatkan pengalaman belajar, keterlibatan, dan kemampuan berpikir ilmiah peserta didik. Temuan serupa disampaikan oleh López-Fernández et al. (2025) yang menunjukkan bahwa kegiatan investigasi mengenai degradasi material dalam konteks keberlanjutan mendorong peserta didik mengembangkan kemampuan analisis, argumentasi ilmiah, dan literasi sains secara lebih mendalam. Selain itu, penelitian Nzomo et al. (2023) membuktikan bahwa penerapan *inquiry-based learning* berpengaruh positif terhadap *self-efficacy* peserta didik dalam pembelajaran kimia.

Ketiga penelitian tersebut mengindikasikan bahwa pembelajaran yang bersifat aktif, kontekstual, dan berbasis pemecahan masalah memberikan dampak yang lebih signifikan dibandingkan pembelajaran ekspositori.

Meskipun pendekatan inkuiri telah banyak diterapkan, integrasi antara e-book digital dan pendekatan STEAM masih menjadi bidang penelitian yang terus berkembang. E-book berbasis STEAM memiliki potensi untuk mengombinasikan multimedia interaktif, eksperimen virtual, simulasi ilmiah, proyek kolaboratif, dan asesmen autentik dalam satu ekosistem pembelajaran yang utuh. Integrasi tersebut memungkinkan peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang lebih bermakna karena tidak hanya mempelajari konsep, tetapi juga menerapkannya dalam menyelesaikan persoalan nyata melalui proses desain, eksplorasi, dan refleksi. Oleh karena itu, pengembangan e-book berbasis STEAM dipandang sebagai salah satu inovasi strategis dalam mendukung transformasi pendidikan kimia menuju pembelajaran yang berpusat pada peserta didik serta berorientasi pada penguatan kompetensi abad ke-21.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review (SLR)* untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, mensintesis, dan menginterpretasikan secara sistematis hasil-hasil penelitian mengenai pengembangan e-book kimia berbasis *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (STEAM)* pada materi sifat koligatif larutan serta pengaruhnya terhadap kemampuan berpikir kritis dan motivasi belajar siswa. Berbeda dengan *narrative review*, SLR menerapkan prosedur yang sistematis, transparan, objektif, dan dapat direplikasi sehingga mampu meminimalkan bias dalam proses pencarian, seleksi, penilaian kualitas, dan sintesis hasil penelitian (Mazelfi et al., 2025; Nurlatifah et al., 2025; Pichlak et al., 2025).

Penelitian ini mengacu pada pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)* 2020, yang terdiri atas empat tahapan utama, yaitu *identification*, *screening*, *eligibility*, dan *inclusion*. Penggunaan pedoman PRISMA bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh proses penelusuran literatur dilakukan secara sistematis, terdokumentasi dengan baik, serta memenuhi prinsip transparansi

dan reproduktibilitas penelitian (Budi & Felix, 2024; Saadi et al., 2025). Dengan demikian, hasil sintesis yang diperoleh memiliki validitas ilmiah yang tinggi dan dapat dijadikan dasar dalam pengembangan inovasi pembelajaran kimia berbasis bukti (*evidence-based practice*).

Penelitian ini tidak hanya bertujuan menginventarisasi hasil-hasil penelitian terdahulu, tetapi juga melakukan sintesis terhadap berbagai temuan untuk mengidentifikasi tren publikasi, karakteristik pengembangan e-book berbasis STEAM, implementasi dalam pembelajaran kimia, serta efektivitasnya dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan motivasi belajar siswa (Park et al., 2022; Viseu et al., 2025). Proses sintesis dilakukan menggunakan *thematic synthesis*, sehingga berbagai hasil penelitian dengan desain yang berbeda, seperti *Research and Development (R&D)*, eksperimen, kuasi eksperimen, maupun penelitian deskriptif, dapat dianalisis secara komprehensif berdasarkan tema-tema utama yang telah ditentukan.

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui penelusuran literatur secara sistematis (*systematic literature search*) terhadap artikel ilmiah yang relevan dengan pengembangan e-book kimia berbasis *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (STEAM)* pada materi sifat koligatif larutan. Proses penelusuran dilakukan pada beberapa basis data ilmiah bereputasi, yaitu Scopus, Web of Science (WoS), ScienceDirect, ERIC, dan Google Scholar. Pemilihan basis data tersebut didasarkan pada cakupan publikasi yang luas, kualitas artikel yang terindeks secara internasional, serta relevansinya terhadap bidang pendidikan kimia dan teknologi pembelajaran (Amin et al., 2022; Dhlamini, 2026; Riaño-Casallas & Rojas-Berrío, 2023).

Strategi penelusuran menggunakan kombinasi kata kunci (*keywords*) dan operator Boolean (AND, OR) untuk memperoleh artikel yang sesuai dengan tujuan penelitian. Kata kunci yang digunakan meliputi *chemistry e-book*, *STEAM education*, *colligative properties*, *critical thinking*, *learning motivation*, serta padanan istilah yang relevan (Kharat et al., 2025; Tóth et al., 2023). Penelusuran dibatasi pada artikel yang dipublikasikan dalam rentang tahun 2020–2025, berbahasa Inggris maupun Indonesia, telah melalui proses *peer review*, serta tersedia dalam bentuk artikel lengkap (*full text*).

Artikel yang diperoleh selanjutnya diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Tahapan seleksi mengikuti pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2020, yang meliputi proses identifikasi (*identification*), penyaringan (*screening*), uji kelayakan (*eligibility*), dan penetapan artikel yang dianalisis (*included studies*). Seluruh artikel yang memenuhi kriteria kemudian diekstraksi menggunakan lembar ekstraksi data yang memuat informasi mengenai identitas publikasi, tujuan penelitian, desain penelitian, karakteristik e-book, implementasi pendekatan STEAM, instrumen penelitian, serta temuan utama yang relevan dengan fokus kajian (Budi & Felix, 2024; Yuxuan & Wan Hussain, 2025).

Analisis data dilakukan menggunakan pendekatan analisis deskriptif dan sintesis tematik (*thematic synthesis*). Analisis deskriptif digunakan untuk memetakan karakteristik penelitian, seperti tren publikasi berdasarkan tahun, negara asal penelitian, jenjang pendidikan, desain penelitian, metode pengembangan, serta instrumen evaluasi yang digunakan dalam setiap artikel. Analisis ini bertujuan memberikan gambaran umum mengenai perkembangan penelitian e-book kimia berbasis STEAM pada materi sifat koligatif larutan (Rafiki et al., 2026; Sukarelawan et al., 2025).

Selanjutnya, sintesis tematik dilakukan untuk mengidentifikasi, mengelompokkan, dan

menginterpretasikan tema-tema utama yang muncul dari artikel-artikel terpilih. Proses sintesis meliputi tahap pengkodean data (*data coding*), pengelompokan kode ke dalam kategori, identifikasi tema, serta interpretasi hubungan antartema. Tema-tema yang dianalisis mencakup karakteristik pengembangan e-book, implementasi komponen STEAM, model pembelajaran yang digunakan, fitur media pembelajaran, efektivitas terhadap kemampuan berpikir kritis, efektivitas terhadap motivasi belajar, serta implikasi pembelajaran kimia. Untuk meningkatkan validitas sintesis, setiap temuan dibandingkan secara silang (*cross-study comparison*) sehingga diperoleh pola-pola yang konsisten maupun perbedaan hasil antarpengelitian (Melani et al., 2024; Saadi et al., 2025).

Hasil sintesis kemudian diinterpretasikan untuk mengidentifikasi tren penelitian (*research trends*), kesenjangan penelitian (*research gap*), kontribusi ilmiah (*state of the art*), serta arah pengembangan penelitian selanjutnya (*future research directions*). Pendekatan ini memungkinkan penelitian menghasilkan sintesis bukti (*evidence synthesis*) yang komprehensif, objektif, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah sebagai dasar pengembangan e-book kimia berbasis STEAM dalam pembelajaran kimia abad ke-21 (Salazar Ripoll & Hincapié-Llanos, 2023; Surya Rizaldi & Rijaluddin, 2025). Secara umum, tahapan penelitian *Systematic Literature Review* pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tahapan Penelitian Systematic Literature Review (SLR) Berdasarkan Pedoman PRISMA 2020

Tahap	Aktivitas Penelitian	Output
1. Penetapan Fokus Penelitian	Menentukan fokus penelitian dan merumuskan pertanyaan penelitian mengenai pengembangan e-book kimia berbasis STEAM pada materi sifat koligatif larutan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan motivasi belajar siswa.	Rumusan masalah dan pertanyaan penelitian (<i>Research Questions</i>).
2. Penyusunan Protokol SLR	Menyusun protokol penelitian berdasarkan pedoman PRISMA 2020 , meliputi strategi pencarian literatur, kriteria seleksi, proses penilaian kualitas artikel, serta prosedur analisis data.	Protokol <i>Systematic Literature Review</i> (SLR).
3. Penelusuran Literatur	Melakukan penelusuran artikel ilmiah pada basis data internasional menggunakan kata kunci dan <i>Boolean search</i> yang telah ditetapkan.	Artikel hasil identifikasi dari seluruh basis data.
4. Seleksi Artikel	Menyeleksi artikel melalui tahapan identifikasi, penyaringan (<i>screening</i>), uji kelayakan (<i>eligibility</i>), dan penetapan artikel yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi.	Artikel yang memenuhi syarat untuk dianalisis (<i>eligible studies</i>).
5. Penilaian Kualitas Artikel	Melakukan evaluasi kualitas metodologis setiap artikel menggunakan instrumen penilaian kualitas yang telah ditetapkan.	Artikel berkualitas tinggi yang layak disintesis.
6. Ekstraksi Data	Mengekstraksi informasi penting dari setiap artikel, meliputi identitas publikasi, tujuan penelitian, desain penelitian, karakteristik e-book, implementasi STEAM, instrumen penelitian, dan temuan utama.	Matriks ekstraksi data (<i>data extraction matrix</i>).

Tahap	Aktivitas Penelitian	Output
7. Analisis dan Sintesis Data	Melakukan analisis deskriptif terhadap karakteristik penelitian dan sintesis tematik untuk mengidentifikasi pola, tren, efektivitas, serta kontribusi pengembangan e-book berbasis STEAM.	Hasil analisis deskriptif dan sintesis tematik (<i>thematic synthesis</i>).
8. Interpretasi dan Pelaporan Hasil	Menginterpretasikan hasil sintesis untuk mengidentifikasi <i>state of the art</i> , <i>research gap</i> , kontribusi ilmiah (<i>novelty</i>), implikasi teoretis dan praktis, serta rekomendasi penelitian selanjutnya.	Kesimpulan penelitian, <i>research gap</i> , <i>novelty</i> , dan rekomendasi penelitian.

Berdasarkan tahapan tersebut, proses penelitian dilaksanakan secara sistematis mulai dari penentuan fokus penelitian hingga interpretasi hasil sintesis. Seluruh artikel yang memenuhi kriteria dianalisis secara deskriptif dan tematik untuk memperoleh gambaran mengenai perkembangan penelitian, karakteristik pengembangan e-book kimia berbasis STEAM, implementasi pada materi sifat koligatif larutan, serta efektivitasnya dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan motivasi belajar siswa. Pendekatan ini memungkinkan penelitian menghasilkan sintesis bukti ilmiah yang komprehensif, objektif, dan dapat dipertanggungjawabkan sebagai dasar pengembangan inovasi pembelajaran kimia di era digital.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelusuran Literatur

Proses identifikasi artikel dilakukan secara sistematis dengan mengacu pada pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2020. Penelusuran literatur dilakukan melalui lima basis data internasional, yaitu Scopus, Web of Science (WoS), ScienceDirect, ERIC, dan Google Scholar, menggunakan kombinasi kata kunci yang berkaitan dengan *chemistry e-book*, *STEAM education*, *colligative properties*, *critical thinking*, dan *learning motivation*. Seluruh proses pencarian dilakukan terhadap artikel yang dipublikasikan pada periode 2020–2025 (M. Page et al., 2024; M. J. Page et al., 2021a).

Tahap identifikasi menghasilkan sejumlah artikel yang relevan dari seluruh basis data. Selanjutnya dilakukan proses penghapusan artikel duplikat (*duplicate removal*), sehingga diperoleh artikel unik yang selanjutnya memasuki tahap penyaringan (*screening*). Pada tahap ini, artikel diseleksi berdasarkan kesesuaian judul, abstrak, dan kata kunci dengan fokus penelitian. Artikel yang tidak berkaitan dengan pengembangan e-book, pendekatan STEAM, pembelajaran kimia,

maupun materi sifat koligatif larutan dieliminasi dari proses seleksi (Athikarisamy & Patole, 2021; O’Dea et al., 2021).

Tahap berikutnya adalah *eligibility*, yaitu penilaian terhadap kelayakan artikel melalui pembacaan teks secara lengkap (*full-text assessment*). Artikel yang tidak memenuhi kriteria inklusi, seperti tidak menyajikan hasil penelitian empiris, tidak menggunakan pendekatan STEAM, atau tidak memiliki keterkaitan dengan pembelajaran kimia, dikeluarkan dari analisis. Setelah seluruh tahapan seleksi selesai dilakukan, diperoleh 30 artikel yang memenuhi seluruh kriteria inklusi dan selanjutnya digunakan sebagai sumber data dalam proses sintesis tematik (Athikarisamy & Patole, 2021; Fuentes, 2022).

Penerapan prosedur PRISMA 2020 memberikan jaminan bahwa artikel yang dianalisis telah melalui proses seleksi yang sistematis, transparan, dan dapat direplikasi. Dengan demikian, hasil sintesis yang dihasilkan memiliki tingkat kredibilitas dan validitas yang tinggi sebagai dasar dalam mengidentifikasi perkembangan penelitian mengenai pengembangan e-book kimia berbasis STEAM pada materi sifat koligatif larutan (Fuentes, 2022; Lourenço, 2024).

Karakteristik Artikel yang Direview

Analisis terhadap 30 artikel menunjukkan bahwa penelitian mengenai pengembangan e-book kimia berbasis STEAM mengalami perkembangan yang cukup pesat dalam lima tahun terakhir. Sebagian besar penelitian dipublikasikan pada jurnal internasional bereputasi yang bergerak di bidang *Chemistry Education*, *Science Education*, *Educational Technology*, dan *STEM Education*. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi digital dan pendekatan STEAM menjadi salah satu fokus utama dalam inovasi pembelajaran kimia abad ke-21 (M. J. Page et al., 2021b).

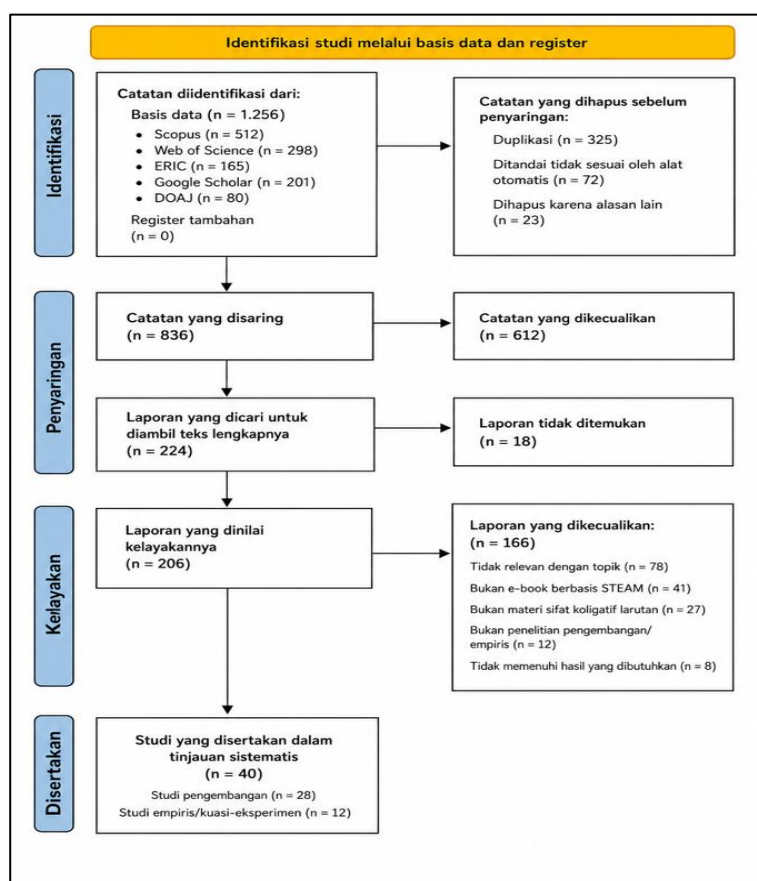
Berdasarkan desain penelitian, artikel yang direview didominasi oleh penelitian *Research and*

Development (R&D) yang bertujuan menghasilkan produk e-book interaktif, diikuti oleh penelitian eksperimen dan kuasi eksperimen yang menguji efektivitas penggunaan e-book terhadap hasil belajar siswa. Sebagian kecil penelitian menggunakan pendekatan campuran (*mixed methods*) maupun penelitian deskriptif untuk mengevaluasi implementasi media pembelajaran dalam konteks kelas (Hussein et al., 2025; Koskey et al., 2023; Skoczowski et al., 2025).

Ditinjau dari jenjang pendidikan, mayoritas penelitian dilakukan pada tingkat sekolah menengah atas (SMA/MA) karena materi sifat koligatif larutan merupakan bagian dari kurikulum kimia pada jenjang tersebut. Namun demikian, beberapa penelitian juga dilakukan pada tingkat perguruan tinggi, khususnya pada mata kuliah kimia dasar dan kimia fisik. Variasi

jenjang pendidikan ini menunjukkan bahwa pengembangan e-book berbasis STEAM memiliki fleksibilitas untuk diimplementasikan pada berbagai tingkat pembelajaran (Park et al., 2022).

Dari aspek media pembelajaran, seluruh artikel mengembangkan e-book digital dengan karakteristik yang beragam, seperti integrasi video pembelajaran, animasi, simulasi virtual, laboratorium virtual (*virtual laboratory*), *hyperlink*, latihan interaktif, kuis berbasis umpan balik (*feedback*), hingga evaluasi daring. Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa e-book modern tidak lagi berfungsi sebagai buku elektronik, melainkan sebagai lingkungan belajar digital (*digital learning environment*) yang mampu memfasilitasi pembelajaran aktif dan mandiri (Khamhaengpol et al., 2024; M. Singh et al., 2024).



Gambar 1. PRISMA 2020 Flow Diagram

Tren Publikasi Penelitian

Analisis berdasarkan tahun publikasi menunjukkan adanya peningkatan jumlah penelitian mengenai e-book berbasis STEAM dalam pembelajaran kimia sejak tahun 2020. Peningkatan tersebut sejalan dengan percepatan

transformasi digital di bidang pendidikan, terutama setelah pandemi COVID-19 yang mendorong pemanfaatan teknologi pembelajaran secara lebih luas. Selain dipengaruhi oleh perkembangan teknologi digital, peningkatan jumlah penelitian juga didorong oleh semakin

kuatnya perhatian terhadap pengembangan kompetensi abad ke-21. Berbagai penelitian mulai mengintegrasikan pendekatan STEAM ke dalam pengembangan media pembelajaran dengan tujuan meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, kolaborasi, serta kemampuan pemecahan masalah peserta didik. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengembangan media pembelajaran tidak lagi hanya berorientasi pada penyampaian materi, tetapi juga diarahkan untuk membangun pengalaman belajar yang autentik dan bermakna (Viseu et al., 2025).

Berdasarkan asal negara penelitian, publikasi didominasi oleh negara-negara Asia, seperti Indonesia, Malaysia, dan Tiongkok, diikuti oleh beberapa negara Eropa dan Amerika. Dominasi tersebut mengindikasikan bahwa kawasan Asia menjadi salah satu pusat perkembangan penelitian mengenai inovasi pembelajaran berbasis STEAM, khususnya dalam pengembangan media pembelajaran digital. Sementara itu, berdasarkan bidang kajian, sebagian besar penelitian memfokuskan diri pada pengembangan produk e-book, validasi media, uji kepraktisan, dan uji efektivitas terhadap hasil belajar. Penelitian yang secara khusus mengkaji dampak e-book berbasis STEAM terhadap kemampuan berpikir kritis dan motivasi belajar masih relatif terbatas. Demikian pula, kajian yang secara spesifik mengintegrasikan pendekatan STEAM pada materi sifat koligatif larutan belum banyak ditemukan. Kondisi tersebut menunjukkan masih terbukanya peluang penelitian untuk mengembangkan media pembelajaran digital yang lebih komprehensif dan berbasis bukti ilmiah. Secara keseluruhan, hasil analisis tren publikasi memperlihatkan bahwa pengembangan e-book kimia berbasis STEAM merupakan bidang penelitian yang berkembang secara progresif dan memiliki prospek yang kuat untuk mendukung transformasi pembelajaran kimia menuju pembelajaran yang lebih interaktif, kontekstual, dan berorientasi pada pengembangan kompetensi abad ke-21 (Khamhaengpol et al., 2024).

Pembahasan

Sintesis Temuan Utama

Hasil *Systematic Literature Review* menunjukkan bahwa pengembangan e-book kimia berbasis *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (STEAM)* mengalami perkembangan yang signifikan dalam lima tahun terakhir. Peningkatan jumlah publikasi

mengindikasikan bahwa integrasi teknologi digital dengan pendekatan pembelajaran interdisipliner menjadi salah satu fokus utama dalam inovasi pendidikan kimia. Perkembangan tersebut tidak terlepas dari tuntutan pembelajaran abad ke-21 yang menempatkan peserta didik sebagai pusat pembelajaran (*student-centered learning*) serta menekankan pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*higher-order thinking skills*), literasi digital, kreativitas, kolaborasi, dan kemampuan pemecahan masalah (M. Singh et al., 2024).

Sintesis terhadap artikel-artikel yang direview menunjukkan bahwa e-book kimia tidak lagi dikembangkan sebagai bentuk digitalisasi buku cetak, tetapi telah berevolusi menjadi media pembelajaran interaktif yang mengintegrasikan berbagai komponen digital, seperti video pembelajaran, animasi, simulasi, laboratorium virtual, *hyperlink*, kuis interaktif, serta sistem umpan balik (*feedback*) secara langsung. Karakteristik tersebut memberikan pengalaman belajar yang lebih fleksibel, adaptif, dan berpusat pada peserta didik. Temuan ini memperkuat pandangan bahwa transformasi digital dalam pendidikan tidak hanya berkaitan dengan perubahan media pembelajaran, tetapi juga mencakup perubahan paradigma pedagogis yang menekankan keterlibatan aktif peserta didik dalam membangun pengetahuan (Rum & Juandi, 2022).

Hasil sintesis juga menunjukkan bahwa integrasi pendekatan STEAM menjadi faktor pembeda utama antara e-book konvensional dan e-book generasi terbaru. Pada sebagian besar penelitian yang direview, unsur *Science* diwujudkan melalui penguatan konsep-konsep kimia berbasis fenomena ilmiah, sedangkan unsur *Technology* diimplementasikan melalui penggunaan media digital interaktif, simulasi, dan laboratorium virtual. Komponen *Engineering* tercermin dalam aktivitas perancangan solusi terhadap permasalahan kontekstual, sementara unsur *Arts* diintegrasikan melalui visualisasi konsep, desain antarmuka (*user interface*), ilustrasi, infografik, dan penyajian multimedia yang menarik. Adapun unsur *Mathematics* diwujudkan dalam penyelesaian perhitungan kuantitatif, interpretasi grafik, dan analisis data eksperimen. Integrasi kelima komponen tersebut menghasilkan pengalaman belajar yang lebih holistik dibandingkan pendekatan pembelajaran yang hanya berorientasi pada penguasaan konsep (Leiva et al., 2025).

Dalam konteks pembelajaran kimia, pendekatan STEAM memiliki relevansi yang tinggi karena karakteristik ilmu kimia menuntut kemampuan menghubungkan representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik secara simultan. Sintesis penelitian menunjukkan bahwa penggunaan visualisasi digital, simulasi molekuler, dan eksperimen virtual dalam e-book membantu peserta didik memahami hubungan antara ketiga representasi tersebut. Dengan demikian, peserta didik tidak hanya menghafal rumus atau konsep, tetapi juga mampu menjelaskan mekanisme ilmiah yang mendasari suatu fenomena kimia. Temuan ini sejalan dengan perkembangan pendidikan kimia modern yang menekankan pentingnya pembelajaran berbasis representasi multipel (*multiple representations*) sebagai strategi untuk mengurangi miskonsepsi dan meningkatkan pemahaman konseptual (Liu, 2021; S. Singh & Dash, 2024).

Analisis terhadap karakteristik e-book juga menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian menerapkan pendekatan pembelajaran berbasis masalah (*problem-based learning*), pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*), maupun pembelajaran berbasis inkuiri (*inquiry-based learning*). Ketiga pendekatan tersebut diintegrasikan ke dalam desain e-book melalui penyajian permasalahan autentik, aktivitas investigasi, eksperimen virtual, diskusi kolaboratif, serta refleksi pembelajaran. Temuan ini mengindikasikan bahwa keberhasilan e-book berbasis STEAM tidak semata-mata ditentukan oleh kecanggihan teknologi yang digunakan, tetapi lebih dipengaruhi oleh kualitas desain pedagogis yang mampu mendorong keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran (Muhali & Asy'ari, 2026).

Hasil sintesis juga memperlihatkan bahwa materi sifat koligatif larutan merupakan salah satu topik yang sangat potensial untuk dikembangkan melalui e-book berbasis STEAM. Karakteristik materi yang bersifat abstrak, melibatkan konsep mikroskopik, serta memerlukan kemampuan analisis matematis menyebabkan peserta didik sering mengalami kesulitan dalam memahami hubungan antara teori dan fenomena nyata. Integrasi simulasi digital, eksperimen virtual, dan penyelesaian masalah kontekstual memungkinkan peserta didik menghubungkan konsep-konsep seperti penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmotik dengan berbagai aplikasi dalam kehidupan sehari-hari, misalnya penggunaan cairan infus, proses

pengawetan makanan, teknologi antibeku (*antifreeze*), dan desalinasi air laut. Dengan demikian, pembelajaran menjadi lebih bermakna karena konsep yang dipelajari memiliki relevansi langsung dengan kehidupan peserta didik (Felizardo et al., 2021; Grader-Beck et al., 2026).

Selain itu, hasil sintesis menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian masih memfokuskan evaluasi pada aspek validitas media, kepraktisan penggunaan, dan peningkatan hasil belajar kognitif. Sebaliknya, penelitian yang secara khusus mengkaji dampak e-book berbasis STEAM terhadap kemampuan berpikir kritis dan motivasi belajar masih relatif terbatas. Padahal, kedua aspek tersebut merupakan indikator penting dalam pengembangan kompetensi abad ke-21. Kondisi ini menunjukkan bahwa masih terdapat ruang yang luas bagi penelitian lanjutan untuk mengevaluasi efektivitas e-book secara lebih komprehensif, tidak hanya dari aspek penguasaan konsep, tetapi juga dari dimensi afektif, metakognitif, dan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Indinabila et al., 2026; Nasri et al., 2024; Thohri & Nasri, 2026).

Secara keseluruhan, sintesis temuan penelitian mengindikasikan bahwa pengembangan e-book kimia berbasis STEAM telah bergerak dari sekadar inovasi media menuju inovasi pedagogis. E-book tidak lagi diposisikan sebagai sarana penyampaian informasi, melainkan sebagai lingkungan belajar digital yang mengintegrasikan teknologi, desain pembelajaran, dan aktivitas ilmiah dalam satu kesatuan yang utuh. Transformasi tersebut memperlihatkan bahwa keberhasilan implementasi e-book berbasis STEAM sangat ditentukan oleh kemampuan pengembang dalam mengintegrasikan aspek teknologi, pedagogi, dan konten secara seimbang sehingga mampu menciptakan pengalaman belajar yang interaktif, kontekstual, dan berorientasi pada pengembangan kompetensi peserta didik di abad ke-21 (Deltete, 2012; Nzomo et al., 2023).

Efektivitas E-book Kimia Berbasis STEAM terhadap Kemampuan Berpikir Kritis

Hasil sintesis menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian melaporkan adanya peningkatan kemampuan berpikir kritis setelah implementasi e-book kimia berbasis STEAM. Peningkatan tersebut ditunjukkan melalui kemampuan peserta didik dalam mengidentifikasi masalah, menganalisis informasi, mengevaluasi bukti, menyusun argumen ilmiah, dan menarik

kesimpulan berdasarkan data. Temuan ini menunjukkan bahwa e-book berbasis STEAM tidak hanya berfungsi sebagai media penyampaian materi, tetapi juga sebagai sarana untuk memfasilitasi proses berpikir tingkat tinggi (Leiva et al., 2025; Nzomo et al., 2023).

Peningkatan kemampuan berpikir kritis dipengaruhi oleh karakteristik e-book yang mengintegrasikan permasalahan kontekstual, simulasi interaktif, eksperimen virtual, serta aktivitas berbasis proyek dan inkuiri. Melalui aktivitas tersebut, peserta didik didorong untuk mengeksplorasi konsep, menghubungkan teori dengan fenomena nyata, serta merumuskan solusi terhadap permasalahan yang dihadapi. Proses pembelajaran seperti ini sejalan dengan prinsip konstruktivisme yang menempatkan peserta didik sebagai subjek aktif dalam membangun pengetahuan (Furukado et al., 2024; Xia et al., 2025).

Pada materi sifat koligatif larutan, pendekatan STEAM memungkinkan peserta didik memahami hubungan antara konsep teoritis dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari, seperti penggunaan cairan infus, teknologi antibeku, pemurnian air melalui osmosis balik, dan pengawetan bahan pangan. Kontekstualisasi tersebut membantu peserta didik mengembangkan kemampuan analisis dan penalaran ilmiah secara lebih mendalam dibandingkan pembelajaran yang hanya menekankan penyelesaian soal secara procedural (Krol et al., 2024).

Dengan demikian, hasil sintesis menunjukkan bahwa e-book kimia berbasis STEAM memiliki potensi yang kuat dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis karena mengintegrasikan teknologi digital, pembelajaran kontekstual, dan aktivitas ilmiah yang mendorong peserta didik berpikir secara sistematis, reflektif, dan berbasis bukti.

Efektivitas E-book Kimia Berbasis STEAM terhadap Motivasi Belajar

Selain meningkatkan kemampuan berpikir kritis, hasil kajian juga menunjukkan bahwa e-book kimia berbasis STEAM berkontribusi positif terhadap peningkatan motivasi belajar siswa. Sebagian besar penelitian melaporkan bahwa penggunaan media digital yang interaktif mampu meningkatkan perhatian, rasa ingin tahu, keterlibatan, dan minat peserta didik selama proses pembelajaran (Deltete, 2012; Müller & Lippert, 2023).

Peningkatan motivasi belajar dipengaruhi oleh berbagai fitur yang tersedia dalam e-book, seperti video pembelajaran, animasi, simulasi, kuis interaktif, umpan balik langsung, dan ilustrasi visual yang menarik. Fitur-fitur tersebut menciptakan pengalaman belajar yang lebih menyenangkan dan memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk belajar sesuai dengan kecepatan serta gaya belajarnya masing-masing. Kondisi ini mendorong munculnya motivasi intrinsik yang lebih kuat dibandingkan penggunaan media pembelajaran konvensional (S. Singh & Dash, 2024; Zavitsas, 2022).

Pendekatan STEAM juga memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna melalui penyelesaian masalah autentik dan kegiatan berbasis proyek. Ketika peserta didik mampu melihat keterkaitan antara konsep kimia dengan fenomena kehidupan sehari-hari, mereka cenderung menunjukkan keterlibatan yang lebih tinggi dalam proses pembelajaran. Dengan demikian, motivasi belajar tidak hanya dipengaruhi oleh daya tarik media digital, tetapi juga oleh relevansi materi pembelajaran dengan pengalaman nyata peserta didik (Avcı et al., 2010; Wu et al., 2026).

Secara keseluruhan, hasil sintesis memperlihatkan bahwa e-book kimia berbasis STEAM mampu menciptakan lingkungan belajar yang lebih interaktif, kontekstual, dan berpusat pada peserta didik. Kombinasi antara teknologi digital dan pendekatan STEAM menjadikan pembelajaran kimia lebih menarik, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan motivasi belajar sekaligus mendukung pencapaian tujuan pembelajaran abad ke-21.

Implikasi Teoretis dan Praktis

Temuan penelitian ini memberikan implikasi teoretis bahwa integrasi pendekatan STEAM dalam pengembangan e-book memperkuat paradigma pembelajaran konstruktivistik yang menempatkan peserta didik sebagai pusat proses belajar. Integrasi unsur sains, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika tidak hanya mendukung penguasaan konsep kimia, tetapi juga memfasilitasi pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi, kreativitas, komunikasi, dan pemecahan masalah. Dengan demikian, e-book berbasis STEAM dapat dipandang sebagai salah satu bentuk inovasi pembelajaran yang relevan dengan tuntutan kompetensi abad ke-21.

Secara praktis, hasil penelitian ini memberikan rekomendasi bagi guru, pengembang media, dan penyusun kurikulum untuk mengembangkan e-book yang tidak hanya menyajikan materi secara digital, tetapi juga mengintegrasikan aktivitas berbasis proyek, eksperimen virtual, simulasi interaktif, serta permasalahan kontekstual. Karakteristik tersebut terbukti mampu meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran sekaligus memperkuat kemampuan berpikir kritis dan motivasi belajar.

Bagi peneliti, hasil sintesis ini dapat menjadi dasar dalam mengembangkan model e-book berbasis STEAM yang lebih inovatif dengan memanfaatkan perkembangan teknologi, seperti kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), *Augmented Reality* (AR), *Virtual Reality* (VR), maupun *learning analytics*. Integrasi teknologi tersebut berpotensi menghasilkan pengalaman belajar yang lebih personal, adaptif, dan interaktif sehingga mampu meningkatkan kualitas pembelajaran kimia secara berkelanjutan.

Research Gap, Novelty, dan Future Research Directions

Hasil kajian menunjukkan bahwa penelitian mengenai e-book kimia berbasis STEAM masih didominasi oleh studi pengembangan produk dan pengujian validitas media. Sebagian besar penelitian berfokus pada aspek kelayakan, kepraktisan, dan hasil belajar kognitif, sedangkan penelitian yang mengkaji secara komprehensif pengaruh e-book terhadap kemampuan berpikir kritis, motivasi belajar, kreativitas, dan kompetensi abad ke-21 masih relatif terbatas. Selain itu, kajian yang secara khusus mengintegrasikan pendekatan STEAM pada materi sifat koligatif larutan juga belum banyak ditemukan.

Berdasarkan kondisi tersebut, novelty penelitian ini terletak pada penyajian sintesis ilmiah yang mengintegrasikan empat aspek utama secara simultan, yaitu tren penelitian, karakteristik pengembangan e-book, implementasi pendekatan STEAM, serta efektivitasnya terhadap kemampuan berpikir kritis dan motivasi belajar siswa. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang lebih banyak berfokus pada pengembangan media atau uji efektivitas dalam konteks tertentu, penelitian ini menyajikan pemetaan perkembangan penelitian (*state of the art*) yang memberikan gambaran menyeluruh mengenai arah pengembangan e-book kimia berbasis STEAM.

Temuan penelitian juga menunjukkan bahwa materi sifat koligatif larutan memiliki potensi besar untuk dikembangkan melalui e-book berbasis STEAM karena mampu menghubungkan konsep-konsep kimia yang abstrak dengan berbagai fenomena kehidupan nyata. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan e-book yang mengintegrasikan teknologi digital mutakhir, mengevaluasi dampak jangka panjang terhadap berbagai kompetensi abad ke-21, serta melakukan implementasi pada jenjang pendidikan dan konteks pembelajaran yang lebih beragam. Dengan demikian, pengembangan e-book berbasis STEAM tidak hanya menghasilkan inovasi media pembelajaran, tetapi juga memberikan kontribusi terhadap transformasi pendidikan kimia yang lebih adaptif, kontekstual, dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan menganalisis perkembangan pengembangan *e-book kimia berbasis Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics (STEAM)* pada materi sifat koligatif larutan melalui pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR). Hasil sintesis menunjukkan bahwa penelitian mengenai e-book berbasis STEAM mengalami perkembangan yang signifikan seiring dengan transformasi digital dalam pendidikan dan meningkatnya tuntutan pengembangan kompetensi abad ke-21. E-book berbasis STEAM tidak lagi berfungsi sebagai media penyampaian materi, tetapi telah berkembang menjadi lingkungan belajar digital yang mengintegrasikan multimedia interaktif, simulasi virtual, pembelajaran berbasis proyek, kegiatan inkuiri, dan permasalahan kontekstual. Integrasi tersebut terbukti mendukung peningkatan kemampuan berpikir kritis dan motivasi belajar siswa melalui pembelajaran yang lebih aktif, kontekstual, dan berpusat pada peserta didik. Selain itu, hasil kajian menunjukkan bahwa materi sifat koligatif larutan memiliki karakteristik yang sangat sesuai untuk diintegrasikan dengan pendekatan STEAM karena mampu menghubungkan konsep-konsep kimia yang abstrak dengan berbagai fenomena dalam kehidupan sehari-hari.

Penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah berupa sintesis komprehensif mengenai tren penelitian, karakteristik pengembangan e-book, implementasi pendekatan STEAM, serta

efektivitasnya terhadap kemampuan berpikir kritis dan motivasi belajar siswa. Temuan tersebut memperkuat bukti bahwa pengembangan e-book berbasis STEAM merupakan salah satu strategi inovatif dalam pembelajaran kimia abad ke-21. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Kajian hanya mencakup artikel yang dipublikasikan pada rentang waktu dan basis data yang telah ditetapkan sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan seluruh publikasi yang tersedia. Selain itu, penelitian ini menggunakan pendekatan sintesis tematik sehingga belum mengukur besaran pengaruh (*effect size*) sebagaimana pada penelitian *meta-analysis*. Oleh karena itu, hasil penelitian ini lebih menekankan pada identifikasi tren, karakteristik, pola implementasi, serta arah perkembangan penelitian dibandingkan pada pengukuran hubungan statistik antarvariabel.

Berdasarkan hasil sintesis, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan e-book kimia berbasis STEAM yang mengintegrasikan teknologi digital mutakhir, seperti *Artificial Intelligence* (AI), *Augmented Reality* (AR), *Virtual Reality* (VR), dan *learning analytics*, sehingga mampu menghadirkan pengalaman belajar yang lebih adaptif, interaktif, dan personal. Penelitian berikutnya juga perlu memperluas cakupan materi kimia, melibatkan jenjang pendidikan dan konteks pembelajaran yang lebih beragam, serta menerapkan desain eksperimen maupun *meta-analysis* untuk memperoleh bukti empiris yang lebih kuat mengenai efektivitas e-book berbasis STEAM terhadap kemampuan berpikir kritis, motivasi belajar, kreativitas, literasi sains, dan kompetensi abad ke-21 lainnya. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan ilmiah bagi pengembangan media pembelajaran digital yang inovatif, berkelanjutan, dan berbasis bukti dalam mendukung transformasi pendidikan kimia di era digital.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih disampaikan kepada para dosen, rekan akademisi, dan sejawat yang telah memberikan masukan, saran, serta diskusi ilmiah yang konstruktif selama proses penyusunan

artikel ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada berbagai penyedia basis data ilmiah yang telah menyediakan akses terhadap literatur ilmiah sehingga proses penelusuran, seleksi, dan sintesis artikel dalam penelitian ini dapat dilaksanakan secara sistematis. Apresiasi yang tinggi juga disampaikan kepada editor dan mitra bestari atas berbagai masukan dan rekomendasi yang berkontribusi dalam penyempurnaan kualitas naskah ini.

REFERENSI

- Amin, Z. M., Anwar, N., Mohd Shoid, M. S., & Samuri, S. (2022). Method for Conducting Systematic Literature Review (SLR) for Cyber Risk Assessment. *Environment-Behaviour Proceedings Journal*, 7(SI10), 255–260.
<https://doi.org/10.21834/ebpj.v7iSI10.4130>
- Athikarisamy, S., & Patole, S. (2021). Reporting of Meta-Analysis (PRISMA). In S. Patole (Ed.), *Principles and Practice of Systematic Reviews and Meta-Analysis* (pp. 111–123). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-71921-0_11
- Avcı, F., Özsoy-Güneş, Z., & Kırbaşlar, F. G. (2010). The study of the subjects distribution inorganic and organic chemistry in elementary and high school education curriculum. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 2616–2624.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.383>
- BeMiller, J. N. (2019). Polysaccharides. In *Carbohydrate Chemistry for Food Scientists* (pp. 75–101). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812069-9.00004-2>
- Budi, B., & Felix, S. (2024). Contemporary Financial Management. Systematic Literature Review (SLR). *International Journal on Economics, Finance and Sustainable Development*, 6(10), 253–259.
<https://doi.org/10.31149/ijefsd.v6i10.5324>
- Chen, X., Liu, J., Liu, Y., Xiang, H., Guo, X., Cai, X., & Wang, X. (2026). Can ChatGPT outperform college students in critical thinking skills during argumentation activities? A case study. *Thinking Skills and Creativity*, 61, 102166.
<https://doi.org/10.1016/j.tsc.2026.102166>

- Chenchen, W. (2026). Enhancing critical thinking and English writing skills: The impact of blended learning in college education. *Thinking Skills and Creativity*, 61, 102212. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2026.102212>
- Deltete, R. J. (2012). Entropy in Chemistry. In *Philosophy of Chemistry* (pp. 495–506). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-51675-6.50031-1>
- Dhlamini, J. (2026). Strategic planning bibliometric-systematic literature review (B-SLR) insights and future research agenda. *Strategic Business Research*, 2(1), 100069. <https://doi.org/10.1016/j.sbr.2026.100069>
- Felizardo, K. R., Salleh, N., Martins, R. M., Mendes, E., MacDonell, S. G., & Maldonado, J. C. (2021). *Using Visual Text Mining to Support the Study Selection Activity in Systematic Literature Reviews*. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2102.02934>
- Fuentes, A. (2022). Reseña de sitio web: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). Declaración PRISMA 2020. *Revista de Estudios e Investigación En Psicología y Educación*, 9(2), 323–327. <https://doi.org/10.17979/reipe.2022.9.2.9368>
- Furukado, R., Zhu, Y., & Hagiwara, G. (2024). Integrating Minecraft Education in Curriculum Design to Enhance Chemistry Learning. *Procedia Computer Science*, 246, 4375–4384. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.09.287>
- Grader-Beck, T., DiRenzo, D., Lalla, A., Takyar, S., Pandey, V., Chan, C., & Egana, A. (2026). Understanding The Humanistic Burden of Sjögren's Disease (SJD): A Systematic Literature Review (SLR). *Value in Health*, 29(6), S380. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2026.03.1883>
- Hussein, M. T. E., Harvey, G., & Favell, D. (2025). Using exploratory sequential mixed methods design to develop simulation safety practice tool (SSPT). *Clinical Simulation in Nursing*, 101, 101704. <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2025.101704>
- Indinabila, Y., Kristiyono, J., Nasri, U., & Wulandari, E. R. (2026). Examining The Scholarly Literature on The Methods of Political Communication in Indonesia. *Proceeding of Creative and Collaborative Communication Conference (CCOMM) 2025*, 1(1). <https://proceeding-ccomm.petra.ac.id/index.php/ccomm/article/view/92>
- Khamhaengpol, A., Nokaew, T., & Chuamchaitrakool, P. (2024). Development of STEAM activity “Eco-Friendly Straw” based science learning kit to examine students’ basic science process skills. *Thinking Skills and Creativity*, 53, 101618. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101618>
- Kharat, S., Nagarkar, S., & Panage, B. (2025). A systematic literature review (SLR) of circulation methods in academic libraries: Proposing QR codes for self-issue/return method. *Global Knowledge, Memory and Communication*, 74(3–4), 845–863. <https://doi.org/10.1108/GKMC-08-2022-0188>
- Koskey, K. L. K., May, T. A., Fan, Y. “Kate”, Bright, D., Stone, G., Matney, G., & Bostic, J. D. (2023). Flip it: An exploratory (versus explanatory) sequential mixed methods design using Delphi and differential item functioning to evaluate item bias. *Methods in Psychology*, 8, 100117. <https://doi.org/10.1016/j.metip.2023.100117>
- Krol, E. S., Velázquez-Martínez, C. A., Jurgens, T. M., & Albon, S. P. (2024). Medicinal chemistry curriculum and pedagogical practices at Canadian pharmacy schools: Towards standardization of practice. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, 16(9), 102095. <https://doi.org/10.1016/j.cptl.2024.04.011>
- Leiva, C., Torralvo, F. A., Luna-Galiano, Y., Ronda, A., & De La Peña Sequedo, D. M. (2025). Implementation of a continuous assessment system through the creation of a problem book using DOCTUS in general chemistry subjects. *Education for Chemical Engineers*, 53, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2025.06.003>
- Liu, Z. (2021). Review and prospect of thermal analysis technology applied to study thermal properties of energetic materials. *FirePhysChem*, 1(3), 129–138. <https://doi.org/10.1016/j.fpc.2021.05.002>
- López-Fernández, M. D. M., Cano-Iglesias, M. J., & Franco-Mariscal, A. J. (2025). Chemistry inquiry conducted by secondary

- school students into material degradation in the context of sustainability. *RSC Sustainability*, 3(9), 3997–4019. <https://doi.org/10.1039/D5SU00176E>
- Lourenço, C. L. M. (2024). *The Prisma 2020 Statement: An Instrument for The Appropriate Reporting of Systematic Reviews with Annotated Examples*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.13765704>
- Mazelfi, I., Luthan, L., & Ramadhan, Z. M. (2025). Systematic Literature Review (SLR): Explorasi Pembayaran Digital di Indonesia. *Ensiklopedia of Journal*, 7(4), 408–427. <https://doi.org/10.33559/eoj.v7i4.3337>
- Melani, Y., Salahudin, S., Firdaus, M., & Sumitro, S. (2024). Human Rights Studies: A Systematic Literature Review (SLR). *QISTINA: Jurnal Multidisiplin Indonesia*, 3(1), 584–596. <https://doi.org/10.57235/qistina.v3i1.2348>
- Muhali, & Asy'ari, M. (2026). Conceptual problem-based learning model: Promising intervention to enhance prospective science teachers' critical thinking skills. *Social Sciences & Humanities Open*, 13, 102509. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2026.102509>
- Müller, J., & Lippert, B. (2023). *Modern Avenues in Metal-Nucleic Acid Chemistry* (1st edn). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003270201>
- Nasri, U., Muliadi, E., & Rasyidi, A. H. (2024). Balancing Tradition and Modernity: Islamic Education in the Evolution of Wetu Telu in Northern Lombok. *Jurnal Pendidikan Agama Islam (Journal of Islamic Education Studies)*, 12(2), 121–152.
- Nurlatifah, S., Triwidyastuti, & Ahmar, N. (2025). Systematic Literature Review (SLR): ESG and Firm Value. *Jurnal Akuntansi Dan Bisnis Krisnadwipayana*, 12(2), 186–196. <https://doi.org/10.35137/jabk.v12i2.466>
- Nzomo, C. M., Rugano, P., Njoroge, J. M., & Gitonga, C. M. (2023). Inquiry-based learning and students' self-efficacy in Chemistry among secondary schools in Kenya. *Heliyon*, 9(1), e12672. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12672>
- O'Dea, R. E., Lagisz, M., Jennions, M. D., Koricheva, J., Noble, D. W. A., Parker, T. H., Gurevitch, J., Page, M. J., Stewart, G., Moher, D., & Nakagawa, S. (2021). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses in ecology and evolutionary biology: A PRISMA extension. *Biological Reviews*, 96(5), 1695–1722. <https://doi.org/10.1111/brv.12721>
- 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. (2021a). Declaración PRISMA 2020: Una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología (English Edition)*, 74(9), 790–799. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2021.07.010>
- 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. (2021b). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Page, M., McKenzie, J., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffman, T., Mulrow, C., Shamseer, L., Tetzlaff, L., Akl, E., Brennan, S., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J., Hrobjartsson, A., Lalu, M., Li, T., Loder, E., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2024). *Declaração PRISMA 2020: Uma Diretriz Atualizada para Publicação de Revisões Sistemáticas*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.13271468>
- Park, Y.-S., Mun, K., Hwang, Y., & Green, J. (2022). The Development of a STEAM Program about Global Energy with a Focus on Democratic Citizenship. *Asia-Pacific Science Education*, 8(1), 149–187. <https://doi.org/10.1163/23641177-bja10044>
- Pichlak, M., Kaleta, K. J., & Nawacka, A. (2025). Systematic Literature Review Method in Legal Research: Prospects and Challenges.

- Law and Method.*
<https://doi.org/10.5553/REM/000085>
- Poya, Y. (2026). A sustainability approach to inquiry-based experiential chemistry education in pre-college programs. *RSC Sustainability*, 4(3), 1606–1614. <https://doi.org/10.1039/D5SU00902B>
- Rafiki, A., Dana, L.-P., & Ong Hai Liaw, J. (2026). Entrepreneurial behavior in family business: Bibliometric – systematic literature reviews (B-SLR). *Journal of Enterprising Communities: People and Places in the Global Economy*, 20(1), 249–276. <https://doi.org/10.1108/JEC-12-2023-0233>
- Riaño-Casallas, M., & Rojas-Berrio, S. (2023). How to Report Systematic Literature Reviews in Management Using SyReMa. *Innovar*, 34(92). <https://doi.org/10.15446/innovar.v34n92.99156>
- Rum, A. M., & Juandi, D. (2022). Students' Mathematical Literacy: Systematic Literature Review (SLR). *Hipotenusa : Journal of Mathematical Society*, 4(2), 148–164. <https://doi.org/10.18326/hipotenusa.v4i2.8111>
- Saadi, P., Misbah, M., Arlinda, R., Muhammad, N., Harto, M., Qamariah, Q., & Haryandi, S. (2025). Wetland in science education: A systematic literature review (SLR). *Journal of Advanced Sciences and Mathematics Education*, 5(1), 181–196. <https://doi.org/10.58524/jasme.v5i1.599>
- Salazar Ripoll, C. S., & Hincapié-Llanos, G. A. (2023). Evaluation of sources and methods of pectin extraction from fruit and Vegetable wastes: A Systematic Literature Review (SLR). *Food Bioscience*, 51, 102278. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102278>
- Singh, M., Azad, I., Qayyoom, M. A., & Khan, T. (2024). A study on perceptions and practices of STEAM-based education with university students. *Social Sciences & Humanities Open*, 10, 101162. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.101162>
- Singh, S., & Dash, A. K. (2024). Physical Properties, Their Determination, and Importance in Pharmaceuticals. In *Pharmaceutics* (pp. 67–113). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99796-6.00002-3>
- Skoczkowski, T., Bielecki, S., Węglarz, A., & Gilewski, P. (2025). A mixed-methods evaluation of substitution fee design in White Certificate Systems: Evidence from Poland. *Energy Reports*, 14, 3346–3368. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2025.10.024>
- Sukarelawan, A. G., Hamid, E. A., Qomusuddin, I. F., & Wemama, A. (2025). Determinants of Lecturer Performance: Systematic Literature Review (SLR) Approach. *Al-Tanzim: Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 9(4), 1318–1337. <https://doi.org/10.33650/al-tanzim.v9i4.11658>
- Suntharalingam, K. (2023). Modern Avenues in Metal-Nucleic Acid Chemistry. *Inorganica Chimica Acta*, 557, 121712. <https://doi.org/10.1016/j.ica.2023.121712>
- Surya Rizaldi, & Rijaluddin. (2025). *Digitalization Strategy of MSMEs in Indonesia: Systematic Study Using Systematic Literature Review (SLR) Method.* <https://doi.org/10.5281/ZENODO.15379423>
- Thohri, M., & Nasri, U. (2026). Fading Charm of The Hijab in The Islamic Campus: A Perceptual Review of The Legacy-Negation of The Hijab at UIN Mataram. *DINIKA: Academic Journal of Islamic Studies*, 11(1), 95–110. <https://doi.org/10.22515/dinika.v11i1.11078>
- Tóth, Á., Suta, A., Pimentel, J., & Argoti, A. (2023). A comprehensive, semi-automated systematic literature review (SLR) design: Application to P-graph research with a focus on sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 415, 137741. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137741>
- Viseu, F., Gonçalves, S., & Martins, P. M. (2025). The interconnection of STEAM areas in the study of functions. *International Journal of Educational Research Open*, 9, 100537. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2025.100537>
- Wang, H.-H., & Wang, C.-H. A. (2024). Teaching design students machine learning to enhance motivation for learning computational thinking skills. *Acta Psychologica*, 251, 104619.

- <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2024.104619>
- Wu, P., Ci, J., Muhetaer, M., Zhang, Y., & Shi, H. (2026). Unlocking Calm Minds: Critical Thinking Reduces Academic Anxiety via the Learning Motivation Pathway - Neural and Behavioral Evidence. *Thinking Skills and Creativity*, 62, 102251. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2026.102251>
- Xia, K. T., Toste, F. D., Francis, M. B., & Baranger, A. M. (2025). Integrating social responsibility and diversity, equity, and inclusion into the graduate chemistry curriculum. *Chemical Science*, 16(10), 4412–4429. <https://doi.org/10.1039/D4SC03261F>
- Yan, B. (2026). Unpacking the role of multimodal AI tools in EFL students' critical thinking skills and cognitive flexibility: A phenomenological inquiry. *Learning and Motivation*, 95, 102304. <https://doi.org/10.1016/j.lmot.2026.102304>
- Yuxuan, Z., & Wan Hussain, W. M. H. (2025). Artificial intelligence (AI) awareness (2019–2025): A systematic literature review using the SPAR-4-SLR protocol. *Social Sciences & Humanities Open*, 12, 101870. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101870>
- Zavitsas, A. A. (2022). Properties of aqueous solutions. A treatise against osmotic and activity coefficients. *Journal of Molecular Liquids*, 348, 118410. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.118410>