**SAKALIMA****PILAR PEMBERDAYAAN MASYARAKAT PENDIDIKAN****VOL 3. NO. 3 (2026)**ISSN: **3064-2361**

Efektivitas Model *Learning Cycle* dalam Meningkatkan Literasi Sains Peserta Didik SMA: *Systematic Literature Review*

Veni Pangestu[✉], Suci Wulan Pawhestri[✉], dan Ahmad Mughofar[✉]

To cite this article V. Pangestu, S. W. Pawhestri, and A. Mughofar, “Efektivitas Model Learning Cycle dalam Meningkatkan Literasi Sains Peserta Didik SMA : *Systematic Literature Review*,” *SAKALIMA Pilar Pemberdaya. Masy. Pendidik.*, vol. 3, no. 3, pp. 461–479, 2026, doi: <https://doi.org/10.70211/sakalima.v3i3.691>.

To link to this article:



Published online: Sept. 18, 2026



Submit your article to this journal



View crossmark data

Full Terms & Conditions of access and use can be found at
<https://journal.wiseedu.co.id/index.php/sakalima/about>



Efektivitas *Model Learning Cycle* dalam Meningkatkan Literasi Sains Peserta Didik SMA: *Systematic Literature Review*

Veni Pangestu, Suci Wulan Pawhestri, Ahmad Mughofar

Received: 12 Juli 2026

Revised: 15 Agustus 2026

Accepted: 2 September 2026

Online: 18 September 2026

Abstract

Scientific literacy is essential for developing students' ability to interpret scientific evidence, explain natural phenomena, and make informed decisions. However, empirical evidence regarding the effectiveness of the 9E Learning Cycle in enhancing scientific literacy remains limited. This study aimed to systematically synthesize evidence on the effectiveness of the 9E Learning Cycle, supported by findings from the 5E and 7E models. A systematic literature review was conducted following PRISMA 2020 guidelines. Of 162 identified records, 10 articles published between 2018 and 2025 met the inclusion criteria and were analyzed through narrative and thematic synthesis. The findings comprised five studies on 5E, three on 7E, and two on 9E, indicating generally positive scientific literacy outcomes. Specifically, the 9E studies reported N-gain values ranging from 0.59 to 0.70, suggesting improvements in scientific explanation, evidence interpretation, and conceptual understanding. Nevertheless, both studies integrated Islamic values, limiting conclusions about the independent effectiveness of the 9E model. These findings highlight the potential of the 9E Learning Cycle and imply that biology educators should integrate structured inquiry, formative feedback, and digital information evaluation while further comparative research establishes its distinct instructional contributions.

Keywords: 9E Learning Cycle; Biology Education; Scientific Literacy; Senior High School Students; Systematic Literature Review

Publisher's Note:

WISE Pendidikan Indonesia stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright:

©

2026 by the author(s).

License WISE Pendidikan Indonesia, Bandar Lampung, Indonesia. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license.

(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



PENDAHULUAN

Literasi sains merupakan salah satu kompetensi esensial yang perlu dikembangkan melalui pendidikan sains karena memungkinkan peserta didik menggunakan pengetahuan ilmiah untuk memahami fenomena, mengevaluasi informasi, menafsirkan data, serta mengambil keputusan yang bertanggung jawab dalam kehidupan sehari-hari [1], [2], [3]. Literasi sains tidak hanya merujuk pada kemampuan mengingat fakta, istilah, atau konsep, tetapi juga mencakup kemampuan menjelaskan fenomena secara ilmiah, menyusun dan mengevaluasi penyelidikan, menggunakan bukti untuk membangun kesimpulan, serta menilai secara kritis informasi sains yang beredar di masyarakat [4], [5], [6]. Dalam kerangka PISA 2025, kompetensi sains bahkan diperluas dengan perhatian terhadap kemampuan peserta didik meneliti, mengevaluasi, dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan serta tindakan yang berkaitan dengan lingkungan, kesehatan, dan perkembangan teknologi. Dengan demikian, literasi sains perlu ditempatkan sebagai capaian substantif pembelajaran, bukan sekadar sebagai hasil tambahan dari penguasaan materi pelajaran [7], [8], [9].

Urgensi penguatan literasi sains di Indonesia semakin terlihat melalui hasil PISA 2022. Hanya sekitar 34% peserta didik Indonesia yang mencapai sedikitnya Level 2 dalam kompetensi sains, sedangkan rata-rata negara OECD mencapai 76%. Skor rata-rata sains peserta didik Indonesia juga tercatat sebesar 383, masih berada di bawah rata-rata OECD sebesar 485. Pada Level 2, peserta didik setidaknya diharapkan mampu mengenali penjelasan yang benar terhadap fenomena ilmiah yang familiar dan menentukan validitas suatu kesimpulan berdasarkan data sederhana. Rendahnya proporsi peserta didik yang mencapai tingkat dasar tersebut menunjukkan bahwa persoalan pembelajaran sains di Indonesia tidak hanya berkaitan dengan jumlah materi yang dikuasai, tetapi juga dengan kemampuan mengaplikasikan konsep, mengevaluasi bukti, dan menggunakan penalaran ilmiah dalam konteks autentik. Kondisi ini menuntut pembelajaran yang memberi ruang lebih luas bagi kegiatan investigasi, interpretasi data, argumentasi, pemecahan masalah, dan refleksi terhadap proses pembentukan pengetahuan ilmiah [10], [11], [12].

Pada pembelajaran biologi di SMA, literasi sains memiliki kedudukan strategis karena berbagai materi biologi berhubungan langsung dengan persoalan kehidupan, seperti perubahan lingkungan, kehilangan keanekaragaman hayati, penyebaran penyakit, kesehatan reproduksi, sistem organ, bioteknologi, pencemaran, dan perubahan iklim [13], [14], [15]. Pemahaman terhadap materi tersebut tidak cukup dibangun melalui hafalan definisi dan klasifikasi, tetapi memerlukan kemampuan menghubungkan konsep dengan fenomena, menganalisis hubungan sebab-akibat, membaca tabel atau grafik, membandingkan kredibilitas sumber, serta menyusun keputusan berdasarkan bukti. Pembelajaran biologi yang masih didominasi penjelasan satu arah berpotensi membatasi keterlibatan kognitif peserta didik karena mereka lebih banyak menerima informasi daripada mengonstruksi penjelasan melalui kegiatan ilmiah. Sebaliknya, pembelajaran yang kontekstual, investigatif, dan berpusat pada peserta didik dapat memfasilitasi keterkaitan antara konsep biologi, proses ilmiah, dan persoalan kehidupan nyata [16], [17], [18].

Salah satu kerangka pembelajaran yang relevan untuk mengembangkan keterlibatan aktif dan penalaran ilmiah adalah model *Learning Cycle*. Model ini berakar pada teori konstruktivisme yang memandang pengetahuan sebagai hasil proses aktif ketika peserta didik menghubungkan pengalaman dan pengetahuan awal dengan informasi atau pengalaman belajar

baru. Model *Learning Cycle* 5E mengorganisasikan pembelajaran melalui tahapan *engagement*, *exploration*, *explanation*, *elaboration*, dan *evaluation*. Pengembangan berikutnya menjadi model 7E memberikan penekanan lebih eksplisit pada penggalian pengetahuan awal dan transfer pembelajaran. Selanjutnya, model *Learning Cycle* 9E memperluas siklus tersebut menjadi tahapan *elicitation*, *engagement*, *exploration*, *explanation*, *echo*, *elaboration*, *evaluation*, *emendation*, dan *e-search*. Perluasan sintaks ini dimaksudkan agar pembelajaran tidak berhenti pada pemahaman dan penerapan konsep, tetapi juga mencakup penguatan, perbaikan miskonsepsi, serta pencarian dan evaluasi informasi digital secara mandiri [19], [20], [21].

Secara konseptual, setiap tahapan dalam *Learning Cycle* 9E memiliki keterkaitan dengan kompetensi literasi sains. Tahap *elicitation* dan *engagement* membantu peserta didik mengaktifkan pengetahuan awal, mengidentifikasi miskonsepsi, serta membangun rasa ingin tahu terhadap fenomena yang dipelajari. Tahap *exploration* memberi kesempatan kepada peserta didik untuk mengamati, mengumpulkan informasi, menguji dugaan, dan membangun pola berdasarkan data. Pada tahap *explanation*, peserta didik menyusun penjelasan dan argumentasi ilmiah, sedangkan tahap *echo* berfungsi memperkuat pemahaman melalui klarifikasi dan pengulangan bermakna. Tahap *elaboration* memfasilitasi penerapan konsep pada konteks baru, sementara *evaluation* dan *emendation* membantu peserta didik menilai sekaligus memperbaiki pemahamannya. Adapun tahap *e-search* dapat mengembangkan kemampuan menelusuri, memilih, membandingkan, dan memverifikasi informasi ilmiah dari sumber digital. Rangkaian aktivitas tersebut selaras dengan kompetensi menjelaskan fenomena, mengevaluasi penyelidikan, menafsirkan data, menggunakan informasi ilmiah, dan mengambil keputusan berbasis bukti [12], [21], [22].

Bukti empiris mengenai berbagai bentuk model *Learning Cycle* menunjukkan kecenderungan hasil yang positif terhadap pembelajaran sains. Implementasi *Learning Cycle* 5E pada peserta didik kelas X dilaporkan mampu menghasilkan kemampuan literasi sains yang lebih baik dibandingkan pembelajaran yang kurang menekankan eksplorasi dan konstruksi konsep. Penerapan *Learning Cycle* 7E yang diintegrasikan dengan STEM dan asesmen formatif juga meningkatkan literasi sains peserta didik, meskipun sebagian peserta didik masih mengalami kesulitan ketika harus merancang atau mengevaluasi penyelidikan ilmiah. Studi lain menunjukkan bahwa pembelajaran kontekstual yang memberi kesempatan kepada peserta didik untuk menghubungkan konsep dengan permasalahan nyata dapat memperkuat sikap ilmiah, kinerja sains, dan keterlibatan dalam pembelajaran. Temuan-temuan tersebut mengindikasikan bahwa efektivitas model siklus belajar ditentukan bukan hanya oleh urutan sintaks, tetapi juga oleh kualitas fenomena pemantik, aktivitas penyelidikan, asesmen formatif, dukungan media, dan kesempatan peserta didik dalam membangun argumentasi berdasarkan bukti [17], [18], [23].

Penelitian yang secara khusus menerapkan *Learning Cycle* 9E mulai menunjukkan hasil yang menjanjikan, meskipun jumlah publikasinya masih terbatas. Bidayati Haka et al. [16] melaporkan bahwa *Learning Cycle* 9E berorientasi Islam pada pembelajaran biologi kelas X meningkatkan literasi sains dan kepercayaan diri peserta didik. Sejalan dengan itu, Oktafiani et al. [22] menunjukkan bahwa *Learning Cycle* 9E terintegrasi nilai Islam memberikan peningkatan literasi sains yang lebih baik dibandingkan kelas pembandingan. Kedua penelitian tersebut menegaskan potensi tahapan *echo*, *emendation*, dan *e-search* dalam memperkuat

konsep, memperbaiki miskonsepsi, dan mengembangkan kemampuan menilai informasi. Namun, karena kedua intervensi sama-sama mengintegrasikan nilai Islam, pengaruh yang diperoleh perlu dipahami sebagai hasil interaksi antara sintaks 9E dan pendekatan pendukung yang digunakan [16], [22].

Meskipun demikian, bukti langsung mengenai *Learning Cycle 9E* masih memperlihatkan keterbatasan. Berdasarkan artikel jurnal yang memenuhi kriteria indeks SINTA atau Scopus, hanya dua penelitian yang secara langsung menguji model 9E, dan keduanya menggunakan desain kuasi-eksperimental pada konteks pendidikan menengah serta diterbitkan pada 2025. Sementara itu, penelitian mengenai model 5E dan 7E lebih banyak tersedia dan menggunakan variasi materi, instrumen, desain, serta bentuk integrasi yang lebih beragam. Kondisi tersebut mengharuskan pemisahan yang tegas antara bukti langsung model 9E dan bukti pendukung dari model 5E atau 7E. Hingga kini, belum tersedia sintesis yang secara khusus memetakan karakteristik, kecenderungan efektivitas, kompetensi literasi sains yang berkembang, serta faktor pendukung dan penghambat implementasi *Learning Cycle 9E* pada peserta didik SMA/MA [16], [22].

Kesenjangan tersebut menunjukkan perlunya *systematic literature review* yang dilakukan secara terencana, transparan, kritis, dan dapat direplikasi. Berbeda dari kajian naratif yang dapat bergantung pada pemilihan sumber secara subjektif, tinjauan sistematis menggunakan pertanyaan penelitian, strategi pencarian, kriteria inklusi dan eksklusi, penilaian kualitas, serta prosedur ekstraksi dan sintesis data yang ditetapkan secara eksplisit. Penggunaan pedoman PRISMA 2020 juga dapat meningkatkan transparansi pelaporan pada tahap identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, dan penetapan studi yang disertakan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas model *Learning Cycle 9E* dalam meningkatkan literasi sains peserta didik SMA melalui *systematic literature review*. Secara lebih khusus, penelitian ini diarahkan untuk memetakan karakteristik penelitian terdahulu, menyintesis kecenderungan hasil efektivitas model, mengidentifikasi indikator literasi sains yang berkembang, serta menjelaskan faktor pendukung, faktor penghambat, keterbatasan, dan rekomendasi implementasi *Learning Cycle 9E* dalam pembelajaran biologi SMA [24], [25], [26].

METODOLOGI

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *systematic literature review* (SLR) untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan menyintesis secara sistematis bukti empiris mengenai efektivitas model *Learning Cycle 9E* dalam meningkatkan literasi sains peserta didik SMA/MA. Metode SLR dipilih karena penelitian mengenai *Learning Cycle* dan literasi sains tersebar pada berbagai jenjang pendidikan, materi pembelajaran, desain penelitian, instrumen pengukuran, dan bentuk integrasi pembelajaran. Penelitian dilaksanakan sebagai studi dokumen (*desk study*) pada tahun akademik 2026 dengan menggunakan artikel jurnal ilmiah sebagai unit analisis. Proses pelaksanaan dan pelaporan tinjauan sistematis mengacu pada pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* atau PRISMA 2020, yang meliputi tahap identifikasi, penyaringan, penelusuran teks lengkap, penilaian kelayakan, dan penetapan artikel yang dimasukkan ke dalam sintesis akhir [24], [25]. Untuk menjaga kredibilitas sumber, artikel

yang dianalisis dibatasi pada penelitian empiris yang diterbitkan dalam jurnal terakreditasi *Science and Technology Index (SINTA)* atau terindeks Scopus.

Ruang Lingkup dan Fokus Kajian

Ruang lingkup penelitian mencakup artikel yang mengkaji penerapan model *Learning Cycle* dan hubungannya dengan kemampuan literasi sains dalam pembelajaran biologi atau sains. Artikel yang secara langsung menerapkan *Learning Cycle* 9E ditempatkan sebagai bukti utama, sedangkan artikel mengenai *Learning Cycle* 5E dan 7E digunakan sebagai bukti pendukung untuk menjelaskan perkembangan konseptual dan empiris model siklus belajar. Pemisahan tersebut dilakukan untuk mencegah generalisasi bahwa efektivitas model 5E atau 7E secara otomatis merepresentasikan efektivitas model 9E.

Populasi utama dalam kajian ini ialah peserta didik pada jenjang SMA/MA atau pendidikan menengah yang mengikuti pembelajaran biologi maupun sains. Penelitian pada jenjang SMP tetap disertakan secara terbatas apabila memiliki relevansi yang kuat dan dapat digunakan sebagai pembanding empiris. Literasi sains dalam penelitian ini mencakup kemampuan menjelaskan fenomena secara ilmiah, mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah, menafsirkan data dan bukti, serta menggunakan pengetahuan dan informasi ilmiah untuk memahami atau menyelesaikan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari.

Sumber Informasi dan Strategi Penelusuran

Penelusuran artikel dioperasikan melalui aplikasi *Publish or Perish* dengan memanfaatkan sumber informasi *Google Scholar* dan *Scopus*. Penggunaan *Google Scholar* dimaksudkan untuk menjangkau publikasi nasional dan internasional secara lebih luas, sedangkan *Scopus* digunakan untuk mengidentifikasi artikel yang telah memenuhi standar pengindeksan internasional. Setiap artikel yang ditemukan selanjutnya diverifikasi berdasarkan identitas bibliografis, ketersediaan teks lengkap, kesesuaian isi, dan status pengindeksan jurnal pada SINTA atau Scopus.

Strategi penelusuran dikembangkan dengan menggunakan kombinasi kata kunci berbahasa Indonesia dan Inggris. Kata kunci yang digunakan meliputi “*Learning Cycle 9E*”, “*9E learning cycle*”, “*Learning Cycle 7E*”, “*Learning Cycle 5E*”, “*scientific literacy*”, “*science literacy*”, “literasi sains”, “*biology learning*”, “pembelajaran biologi”, “*science learning*”, “*senior high school*”, “*secondary school*”, “SMA”, dan “MA”. Kata kunci tersebut dikombinasikan dengan operator Boolean AND dan OR untuk memperluas sekaligus memfokuskan hasil pencarian.

String pencarian utama dirumuskan sebagai berikut: (“*Learning Cycle 9E*” OR “*9E learning cycle*” OR “*Learning Cycle 7E*” OR “*Learning Cycle 5E*”) AND (“*scientific literacy*” OR “*science literacy*” OR “literasi sains”) AND (“*biology*” OR “biologi” OR “*science*”) AND (“*senior high school*” OR “*secondary school*” OR “SMA” OR “MA”). Struktur pencarian tersebut disesuaikan dengan fasilitas dan karakteristik masing-masing sumber informasi tanpa mengubah konsep utama yang ditelusuri.

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria inklusi dan eksklusi ditentukan sebelum proses penyaringan dilakukan untuk mengurangi subjektivitas dalam pemilihan studi. Artikel dimasukkan ke dalam kajian apabila

memenuhi beberapa ketentuan, yaitu berupa penelitian empiris yang membahas *Learning Cycle 9E* atau variasi *Learning Cycle 5E* dan *7E* yang relevan; mengukur literasi sains secara langsung; diterapkan dalam pembelajaran biologi atau sains; memuat informasi mengenai desain, subjek, instrumen, dan hasil penelitian yang dapat diekstraksi; ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris; tersedia dalam bentuk teks lengkap; serta diterbitkan dalam jurnal terakreditasi SINTA atau terindeks Scopus.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Aspek	Kriteria inklusi	Kriteria eksklusi
Fokus topik	Artikel membahas <i>Learning Cycle 9E</i> atau variasi <i>Learning Cycle 5E/7E</i> yang relevan dan mengukur literasi sains secara langsung.	Artikel tidak membahas <i>Learning Cycle</i> atau tidak memuat variabel literasi sains.
Konteks pembelajaran	Pembelajaran biologi atau sains, terutama pada jenjang SMA/MA; jenjang SMP dapat digunakan sebagai pembanding empiris.	Artikel berasal dari bidang yang tidak relevan dengan pendidikan biologi atau sains.
Jenis dokumen	Artikel penelitian empiris pada jurnal terakreditasi SINTA atau terindeks Scopus dan tersedia dalam bentuk teks lengkap.	Skripsi, tesis, disertasi, prosiding, buku, artikel ulasan, editorial, atau artikel jurnal yang tidak terindeks SINTA/Scopus.
Data penelitian	Memuat desain, subjek, instrumen, dan hasil penelitian yang dapat diekstraksi.	Tidak menyajikan informasi metode dan hasil secara memadai.
Bahasa	Ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris.	Ditulis dalam bahasa lain tanpa abstrak atau terjemahan yang memadai.
Akses	Teks lengkap dapat diperoleh dan diperiksa.	Hanya tersedia judul atau abstrak dan teks lengkap tidak dapat diperoleh.

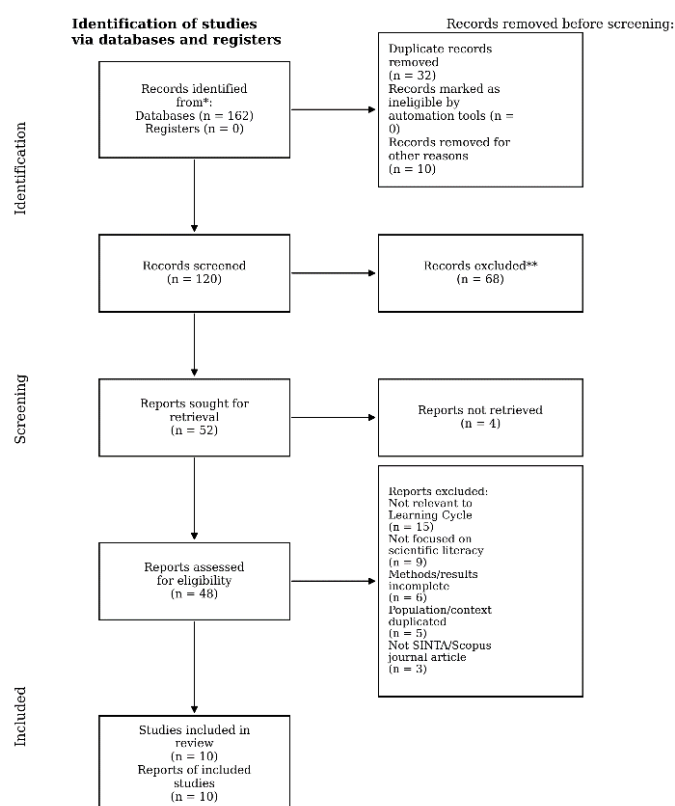
Artikel dikeluarkan apabila tidak membahas model *Learning Cycle*, tidak mengukur variabel literasi sains, berasal dari bidang yang tidak relevan dengan pendidikan biologi atau sains, tidak menyajikan metode dan hasil penelitian secara memadai, atau hanya tersedia dalam bentuk judul dan abstrak. Dokumen berupa skripsi, tesis, disertasi, prosiding, buku, bab buku, artikel ulasan, editorial, dan artikel yang diterbitkan pada jurnal tanpa status pengindeksan SINTA atau Scopus juga tidak disertakan. Kriteria tersebut diterapkan secara konsisten pada tahap penyaringan judul dan abstrak serta pada tahap pemeriksaan teks lengkap.

Proses Seleksi Artikel

Proses seleksi artikel dilakukan secara bertahap dengan mengikuti alur PRISMA 2020. Pada tahap identifikasi, diperoleh sebanyak 162 rekaman dari sumber informasi yang digunakan dan tidak ditemukan rekaman tambahan dari register lainnya. Sebelum memasuki tahap penyaringan, sebanyak 32 rekaman dikeluarkan karena teridentifikasi sebagai duplikasi dan 10 rekaman dikeluarkan karena alasan lain. Dengan demikian, sebanyak 120 rekaman dilanjutkan ke tahap penyaringan berdasarkan judul dan abstrak.

Pada tahap penyaringan, sebanyak 68 rekaman dikeluarkan karena tidak sesuai dengan fokus dan tujuan kajian. Sebanyak 52 laporan selanjutnya ditelusuri untuk memperoleh teks lengkap. Dari jumlah tersebut, empat laporan tidak berhasil diperoleh dalam bentuk teks lengkap sehingga hanya 48 laporan yang dapat dinilai kelayakannya. Pada tahap penilaian kelayakan, sebanyak 38 laporan dikeluarkan, yang terdiri atas 15 laporan tidak relevan dengan *Learning Cycle 9E* atau variasi model yang sesuai, sembilan laporan tidak berfokus pada literasi sains, enam laporan tidak menyajikan metode atau hasil penelitian secara lengkap, lima laporan memiliki populasi atau konteks yang duplikatif, dan tiga laporan tidak diterbitkan dalam jurnal terakreditasi SINTA atau terindeks Scopus. Setelah seluruh tahapan seleksi diselesaikan,

sebanyak 10 artikel memenuhi seluruh kriteria dan dimasukkan ke dalam sintesis akhir. Proses identifikasi dan seleksi artikel tersebut divisualisasikan dalam diagram alir PRISMA pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram PRISMA

Instrumen dan Prosedur Ekstraksi Data

Instrumen penelitian terdiri atas protokol tinjauan sistematis, lembar penyaringan artikel, lembar penilaian kelayakan, lembar ekstraksi data, dan rubrik penilaian kualitas metodologis. Protokol tinjauan sistematis memuat tujuan dan pertanyaan penelitian, sumber informasi, kombinasi kata kunci, kriteria inklusi dan eksklusi, tahapan seleksi, komponen data yang diekstraksi, serta teknik sintesis dan analisis data. Lembar penyaringan digunakan untuk mendokumentasikan keputusan pada pemeriksaan judul dan abstrak, sedangkan lembar penilaian kelayakan digunakan untuk mencatat hasil pemeriksaan teks lengkap dan alasan eksklusi setiap artikel.

Ekstraksi data dilakukan terhadap seluruh artikel yang memenuhi kriteria inklusi. Informasi yang dihimpun mencakup nama penulis, tahun publikasi, judul artikel, sumber publikasi, lokasi penelitian, desain penelitian, karakteristik dan jumlah peserta, jenjang pendidikan, materi pembelajaran, variasi model *Learning Cycle*, bentuk intervensi, media atau pendekatan pendukung, instrumen literasi sains, teknik analisis data, hasil utama, serta faktor pendukung dan penghambat implementasi. Data kuantitatif berupa skor sebelum dan sesudah perlakuan, nilai *normalized gain* atau N-gain, nilai signifikansi, persentase peningkatan, dan ukuran efek dicatat apabila tersedia. Data kualitatif mengenai aktivitas pembelajaran, respons peserta didik, keterlaksanaan model, kendala penerapan, dan rekomendasi penelitian juga diekstraksi untuk memperkaya interpretasi.

Teknik Sintesis dan Analisis Data

Data dianalisis menggunakan sintesis naratif dan analisis isi tematik. Sintesis naratif dipilih karena studi yang disertakan menunjukkan heterogenitas dalam desain penelitian, jumlah sampel, jenjang pendidikan, materi pembelajaran, durasi intervensi, bentuk integrasi model, instrumen literasi sains, dan teknik analisis statistik. Proses sintesis dilakukan dengan membandingkan karakteristik studi, variasi model *Learning Cycle*, indikator literasi sains yang diukur, bentuk intervensi, serta arah dan besarnya hasil setiap penelitian.

Efektivitas model ditentukan berdasarkan bukti peningkatan skor literasi sains sebelum dan setelah intervensi, perbedaan hasil antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, nilai signifikansi statistik, nilai N-gain, persentase perubahan, atau ukuran efek yang dilaporkan dalam artikel primer. Hasil penelitian yang secara langsung menerapkan *Learning Cycle* 9E ditempatkan sebagai bukti utama. Sementara itu, hasil penelitian mengenai model 5E dan 7E digunakan sebagai bukti pendukung untuk menjelaskan mekanisme pedagogis dan perkembangan model siklus belajar.

Analisis isi tematik digunakan untuk mengorganisasikan temuan ke dalam beberapa tema utama, yaitu karakteristik penelitian, kecenderungan efektivitas model *Learning Cycle* 9E, indikator literasi sains yang mengalami perkembangan, materi biologi atau sains yang digunakan, bentuk integrasi model, serta faktor pendukung dan penghambat implementasi. Faktor pendukung meliputi penggunaan fenomena kontekstual, kegiatan eksplorasi dan eksperimen, diskusi ilmiah, perangkat pembelajaran berbasis literasi sains, asesmen formatif, penggunaan media, serta pencarian informasi digital. Faktor penghambat mencakup keterbatasan waktu, kesiapan peserta didik, kemampuan guru dalam mengelola sembilan tahapan pembelajaran, keterbatasan fasilitas, dan perbedaan kualitas instrumen pengukuran literasi sains.

Meta-analisis tidak dilakukan karena terdapat heterogenitas yang tinggi antarstudi dan tidak seluruh artikel menyediakan data statistik yang sebanding, seperti ukuran efek, simpangan baku, atau informasi kelompok pembanding yang lengkap. Oleh karena itu, data kuantitatif digunakan untuk memperkuat sintesis naratif dan tidak digabungkan menjadi satu ukuran efek keseluruhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Bagian hasil menyajikan temuan utama yang diperoleh melalui proses identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, dan sintesis terhadap 10 artikel yang memenuhi kriteria inklusi. Penyajian hasil tidak hanya merangkum temuan setiap penelitian, tetapi juga memetakan karakteristik studi, variasi model *Learning Cycle* yang digunakan, kecenderungan efektivitas terhadap literasi sains, perkembangan indikator literasi sains, serta faktor-faktor yang mendukung dan menghambat penerapan model dalam pembelajaran biologi dan sains. Data dianalisis secara komparatif untuk menemukan pola kesamaan, perbedaan, konsistensi hasil, dan kecenderungan perkembangan penelitian dari model *Learning Cycle* 5E dan 7E menuju model 9E. Untuk memperjelas pola temuan, hasil penelitian disajikan melalui kombinasi uraian deskriptif dan tabel sintesis.

Karakteristik Studi yang Diikutsertakan

Berdasarkan proses seleksi PRISMA 2020, sebanyak 10 artikel memenuhi kriteria inklusi dan digunakan dalam sintesis akhir. Artikel tersebut diterbitkan pada rentang 2018–2025 dan membahas *Learning Cycle* 5E, 7E, dan 9E dalam hubungannya dengan literasi sains. Distribusi publikasi terdiri atas satu artikel pada 2018, satu artikel pada 2019, satu artikel pada 2022, tiga artikel pada 2024, dan empat artikel pada 2025. Dengan demikian, tujuh dari 10 artikel atau 70% diterbitkan pada 2024–2025. Pola tersebut menunjukkan peningkatan perhatian terhadap *Learning Cycle* dan literasi sains, terutama melalui integrasi STEM, asesmen formatif, perangkat pembelajaran berbasis literasi sains, dan nilai-nilai Islam.

Berdasarkan variasi model, lima artikel atau 50% membahas *Learning Cycle* 5E, tiga artikel atau 30% membahas *Learning Cycle* 7E, dan dua artikel atau 20% membahas *Learning Cycle* 9E. Kedua artikel 9E diterbitkan pada 2025, yang menunjukkan bahwa bukti empiris model ini relatif lebih baru dan lebih terbatas dibandingkan model 5E dan 7E. Dari aspek metodologis, delapan artikel atau 80% menggunakan desain eksperimen, kuasi-eksperimen, atau pra-eksperimen; satu artikel menggunakan *embedded experimental mixed method*; dan satu artikel menggunakan penelitian dan pengembangan. Berdasarkan indeks publikasi, sembilan artikel diterbitkan pada jurnal SINTA dan satu artikel pada sumber terindeks Scopus. Karakteristik umum artikel disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Umum Artikel yang diikutsertakan

Aspek	Kategori	Jumlah artikel
Tahun Publikasi	2018	1
	2019	1
	2022	1
	2024	3
	2025	4
Variasi model	<i>Learning Cycle</i> 5E	5
	<i>Learning Cycle</i> 7E	3
	<i>Learning Cycle</i> 9E	2
Desain penelitian	Eksperimen/kuasi-eksperimen	8
	<i>Mixed method</i>	1
	Penelitian dan pengembangan	1
Konteks utama	SMA/MA atau pendidikan menengah	7
	SMP	3
Indeks Publikasi	SINTA	9
	Scopus	1

Dominasi desain eksperimen, kuasi-eksperimen, dan pra-eksperimen menunjukkan bahwa efektivitas *Learning Cycle* umumnya dinilai melalui perubahan skor sebelum dan sesudah pembelajaran atau perbandingan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Meskipun demikian, sebagian besar bukti masih berasal dari satu sekolah atau jumlah kelas yang terbatas. Tidak terdapat artikel tinjauan sekunder dalam korpus akhir karena seluruh studi yang disintesis merupakan penelitian empiris primer. Komposisi sembilan artikel SINTA dan satu artikel Scopus juga menunjukkan bahwa bukti masih didominasi konteks nasional, sehingga generalisasi internasional perlu dilakukan secara hati-hati.

Pola Efektivitas Berdasarkan Variasi Model *Learning Cycle*

Sintesis terhadap 10 artikel menunjukkan kecenderungan hasil yang konsisten bahwa model *Learning Cycle* memberikan pengaruh positif terhadap literasi sains. Meskipun demikian,

tingkat peningkatan dan kekuatan bukti berbeda menurut variasi model, desain penelitian, instrumen, materi pembelajaran, serta pendekatan pendukung yang digunakan. Hasil penelitian mengenai model 5E dan 7E berfungsi sebagai dasar empiris untuk memahami bagaimana siklus pembelajaran konstruktivistik mendukung literasi sains, sedangkan penelitian mengenai model 9E merupakan bukti langsung yang menjadi fokus utama kajian ini.

Pada kelompok *Learning Cycle 5E*, kelima artikel menunjukkan arah hasil yang positif. Suryawati et al. [18] melaporkan peningkatan kompetensi literasi sains melalui tahapan keterlibatan, eksplorasi, penjelasan, elaborasi, dan evaluasi. Salma et al. [27] menemukan bahwa *Learning Cycle 5E* berbasis STEM berpengaruh terhadap literasi sains dan hasil belajar. Muliana et al. [17] melaporkan perbedaan signifikan antara kelas 5E dan kelas pembandingan dengan nilai signifikansi 0,024. Larasati & Shofiyah [28] memperoleh N-gain 0,60, sedangkan Batubara et al. [29] melaporkan peningkatan skor rata-rata dari 44,64 menjadi 79,50 dengan N-gain 0,61. Temuan tersebut menunjukkan bahwa model 5E secara konsisten mendukung literasi sains pada kategori peningkatan sedang.

Pada kelompok *Learning Cycle 7E*, ketiga artikel juga menunjukkan kecenderungan positif. Sugiman et al. [30] menemukan bahwa model 7E memberikan hasil literasi sains yang lebih baik dibandingkan pembelajaran langsung. Wahab et al. [31] melaporkan N-gain sebesar 0,72 dan 0,71 pada dua kelas replikasi setelah penggunaan perangkat pembelajaran berbasis literasi sains. Parno et al. [23] menunjukkan bahwa 7E berbasis STEM dan asesmen formatif meningkatkan literasi sains, meskipun peserta didik masih mengalami kesulitan dalam merancang dan mengevaluasi penyelidikan. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa perluasan tahap 7E efektif ketika didukung perangkat, konteks masalah, dan umpan balik formatif.

Bukti langsung mengenai *Learning Cycle 9E* berasal dari dua artikel. Bidayati Haka et al. [16] melaporkan bahwa *Learning Cycle 9E* berorientasi Islam menghasilkan N-gain literasi sains sebesar 0,70 dan N-gain kepercayaan diri sebesar 0,69. Oktafiani et al. [22] menemukan bahwa kelas yang menggunakan *Learning Cycle 9E* terintegrasi nilai Islam memperoleh N-gain sebesar 0,59, lebih tinggi daripada kelas kontrol sebesar 0,34; analisis regresinya menunjukkan kontribusi model sebesar 17,3% terhadap literasi sains. Kedua studi tersebut memberikan bukti positif, tetapi karena sama-sama mengintegrasikan nilai Islam, efek yang ditemukan tidak dapat sepenuhnya diatribusikan hanya kepada sintaks 9E. Ringkasan hasil berdasarkan variasi model disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Sintesis Efektivitas Variasi Model *Learning Cycle* Terhadap Literasi Sains

Variasi model	Jumlah studi	Karakteristik penerapan	Sintesis temuan utama	Interpretasi
<i>Learning Cycle 5E</i>	5	Keterlibatan, eksplorasi, penjelasan, elaborasi, dan evaluasi; sebagian diintegrasikan dengan STEM.	Seluruh studi melaporkan hasil positif; nilai signifikansi 0,024 dan N-gain 0,60–0,61 dilaporkan pada beberapa studi.	Menjadi fondasi empiris terkuat dalam korpus untuk peningkatan literasi sains melalui siklus belajar konstruktivistik.
<i>Learning Cycle 7E</i>	3	Penambahan penggalan pengetahuan awal dan perluasan penerapan konsep; didukung STEM, asesmen formatif, dan perangkat berbasis literasi sains.	Seluruh studi menunjukkan peningkatan; perangkat 7E menghasilkan N-gain 0,71–0,72, tetapi kemampuan	Efektivitas meningkat ketika model didukung perangkat, konteks autentik, dan umpan balik formatif.

Variasi model	Jumlah studi	Karakteristik penerapan	Sintesis temuan utama	Interpretasi
<i>Learning Cycle 9E</i>	2	Penambahan echo, emendation, dan e-search; kedua studi diintegrasikan dengan orientasi atau nilai Islam.	merancang penyelidikan masih perlu diperkuat. Kedua studi melaporkan peningkatan literasi sains dengan N-gain 0,59–0,70.	Memberikan bukti awal bahwa 9E berpotensi memperkuat literasi sains, refleksi, perbaikan pemahaman, dan evaluasi informasi.
Sintesis keseluruhan	10	Model diterapkan pada berbagai materi, jenjang, instrumen, dan pendekatan pendukung.	Arah hasil secara umum positif, tetapi terdapat heterogenitas desain, konteks, dan pelaporan statistik.	Simpulan perlu membedakan bukti langsung 9E dari bukti pendukung 5E dan 7E serta mempertimbangkan kualitas studi.

Tabel 3 menunjukkan bahwa model 5E memiliki basis bukti paling banyak, diikuti 7E dan 9E. Pada model 9E, nilai N-gain 0,59–0,70 diperoleh dari dua studi yang sama-sama mengintegrasikan orientasi atau nilai Islam. Oleh karena itu, peningkatan yang dilaporkan tidak dapat sepenuhnya diatribusikan kepada sintaks 9E secara mandiri. Temuan tersebut menegaskan perlunya penelitian komparatif yang membedakan pengaruh model 9E dari kontribusi pendekatan integratif yang menyertainya.

Perkembangan Kompetensi Literasi Sains

Hasil sintesis menunjukkan bahwa model *Learning Cycle* memberikan kontribusi terhadap beberapa kompetensi literasi sains, tetapi tingkat perkembangannya tidak selalu seragam. Kemampuan menjelaskan fenomena ilmiah merupakan kompetensi yang paling konsisten mengalami peningkatan. Tahap *elicitation* dan *engagement* membantu peserta didik menghubungkan pengetahuan awal dengan fenomena yang diberikan, sedangkan tahap *exploration* dan *explanation* menyediakan kesempatan untuk menguji gagasan dan membangun penjelasan berbasis konsep. Peningkatan pada indikator tersebut ditemukan dalam penelitian 5E, 7E, maupun 9E.

Kemampuan menafsirkan data dan bukti juga berkembang melalui kegiatan pengamatan, eksperimen, diskusi, analisis tabel atau grafik, dan penyusunan kesimpulan. Model 9E memberikan dukungan tambahan melalui tahap *emendation*, yaitu ketika peserta didik memperbaiki jawaban atau argumentasinya berdasarkan data dan umpan balik. Sementara itu, tahap *e-search* memperluas literasi sains menuju kemampuan mencari, membandingkan, dan memverifikasi informasi digital. Hal ini relevan dengan kebutuhan pembelajaran biologi karena peserta didik berhadapan dengan berbagai informasi mengenai kesehatan, lingkungan, bioteknologi, dan perubahan iklim yang belum tentu memiliki kredibilitas ilmiah yang sama.

Komptensi mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah merupakan aspek yang relatif lebih sulit dikembangkan. Parno et al. [23] menemukan bahwa setelah mengikuti pembelajaran 7E berbasis STEM dan asesmen formatif, mayoritas peserta didik telah mencapai tingkat konseptual, tetapi masih menghadapi kesulitan ketika harus merancang dan mengevaluasi eksperimen. Hasil Larasati & Shofiyah [28] juga memperlihatkan bahwa

penalaran ilmiah memperoleh capaian lebih rendah daripada penyelidikan ilmiah. Temuan tersebut menunjukkan bahwa aktivitas eksperimen perlu diikuti dengan latihan eksplisit dalam merumuskan pertanyaan penelitian, menentukan variabel, mengevaluasi kualitas prosedur, mengidentifikasi keterbatasan data, dan mempertimbangkan alternatif penjelasan. Pemetaan hubungan antara aktivitas pembelajaran dan indikator literasi sains berdasarkan hasil sintesis disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pemetaan Sintaks *Learning Cycle 9E* dan Kompetensi Literasi Sains

Sintaks 9E	Aktivitas dominan yang ditemukan	Kompetensi literasi sains yang didukung
<i>Elicitation</i>	Mengungkap pengetahuan awal dan miskonsepsi	Menjelaskan fenomena ilmiah
<i>Engagement</i>	Mengamati fenomena dan merespons masalah kontekstual	Menjelaskan fenomena dan menghubungkan sains dengan kehidupan
<i>Exploration</i>	Melakukan pengamatan, eksperimen, dan pengumpulan data	Merancang penyelidikan serta menafsirkan data
<i>Explanation</i>	Menyampaikan hasil dan membangun argumentasi ilmiah	Menjelaskan fenomena serta menggunakan bukti
<i>Echo</i>	Mengklarifikasi dan memperkuat konsep utama	Mengembangkan ketepatan penjelasan ilmiah
<i>Elaboration</i>	Menerapkan konsep pada masalah atau konteks baru	Menggunakan pengetahuan sains untuk memecahkan masalah
<i>Evaluation</i>	Menilai pemahaman, prosedur, dan argumentasi	Mengevaluasi penyelidikan dan bukti ilmiah
<i>Emendation</i>	Merevisi pemahaman dan memperbaiki argumentasi	Menafsirkan kembali bukti dan mengoreksi miskonsepsi
<i>E-search</i>	Mencari dan memverifikasi informasi digital	Mengevaluasi kredibilitas informasi dan menggunakan sains secara bertanggung jawab

Faktor Pendukung dan Penghambat Implementasi

Sintesis artikel menunjukkan bahwa keberhasilan *Learning Cycle* dipengaruhi oleh kualitas implementasi setiap tahap. Faktor pendukung yang paling konsisten meliputi penggunaan fenomena kontekstual, keterlibatan langsung dalam eksplorasi, perangkat pembelajaran berbasis literasi sains, asesmen formatif, diskusi kelompok, dan kesempatan memperbaiki jawaban. Integrasi STEM pada studi 5E dan 7E membantu menghubungkan konsep dengan pemecahan masalah, sedangkan integrasi nilai Islam pada kedua studi 9E memberikan konteks reflektif dan etis. Dengan demikian, peningkatan literasi sains tidak hanya ditentukan oleh jumlah tahapan model, tetapi juga oleh mutu perangkat, relevansi konteks, kualitas umpan balik, dan konsistensi pelaksanaan intervensi.

Sebaliknya, penerapan model 9E memiliki tantangan karena terdiri atas sembilan tahapan yang harus dilaksanakan secara konsisten. Keterbatasan waktu pembelajaran dapat menyebabkan guru memperpendek tahap eksplorasi, evaluasi, atau perbaikan pemahaman. Tahap *e-search* juga membutuhkan akses sumber digital dan kemampuan peserta didik dalam membedakan informasi ilmiah yang kredibel dari informasi yang tidak terverifikasi. Selain itu, tidak semua studi melaporkan keterlaksanaan setiap tahap secara rinci, sehingga belum dapat dipastikan apakah peningkatan hasil disebabkan oleh keseluruhan sintaks atau hanya oleh beberapa aktivitas yang paling dominan.

Pembahasan

Hasil sintesis terhadap 10 artikel menunjukkan bahwa *Learning Cycle 5E*, *7E*, dan *9E* secara umum memiliki kecenderungan positif dalam meningkatkan literasi sains peserta didik.

Temuan tersebut terutama terlihat pada kemampuan menjelaskan fenomena ilmiah, menghubungkan konsep dengan permasalahan kontekstual, melakukan eksplorasi, menafsirkan data, dan menyusun kesimpulan berdasarkan bukti. Dibandingkan variasi sebelumnya, *Learning Cycle 9E* menawarkan struktur lebih komprehensif melalui penambahan elicitation, echo, emendation, dan *e-search* yang memperkuat penggalian pengetahuan awal, penguatan konsep, koreksi miskonsepsi, dan evaluasi informasi digital. Namun, karena hanya dua dari 10 artikel yang secara langsung mengkaji model 9E, efektivitasnya perlu dipahami sebagai bukti awal yang menjanjikan, bukan sebagai kesimpulan yang telah mapan.

Kecenderungan positif tersebut sejalan dengan hasil meta-analisis Polanin et al. [32], yang menyintesis 61 studi eksperimen terkontrol dan 156 ukuran efek mengenai model 5E beserta variasinya. Penelitian tersebut menemukan pengaruh positif yang besar terhadap capaian sains, dengan nilai Hedges' *g* sebesar 0,82 dan probabilitas efek positif sebesar 93%. Analisis moderatornya juga menunjukkan bahwa model 7E menghasilkan ukuran efek yang relatif lebih besar daripada model 3E, meskipun perbedaan antara model 5E dan 7E tidak selalu signifikan secara statistik. Temuan internasional tersebut mendukung hasil penelitian ini bahwa perluasan tahap dalam *Learning Cycle* dapat memberikan peluang pedagogis yang lebih kaya. Akan tetapi, heterogenitas pengaruh yang tinggi dalam meta-analisis tersebut menegaskan bahwa penambahan jumlah tahap tidak secara otomatis menjamin hasil yang lebih baik. Efektivitas model tetap dipengaruhi oleh kualitas implementasi, jenis capaian yang diukur, konteks negara, karakteristik peserta didik, dan rancangan pembelajaran yang digunakan [32].

Temuan mengenai pentingnya integrasi *Learning Cycle* dengan pemecahan masalah kontekstual konsisten dengan Eroğlu & Bektaş [33]. Dalam penelitian kuasi-eksperimen terhadap 133 peserta didik kelas IX di Turki, strategi STEM berbasis 5E menghasilkan perbedaan signifikan pada prestasi akademik, kreativitas ilmiah, dan pemahaman tentang hakikat sains dibandingkan pembelajaran tradisional. Hasil tersebut menunjukkan bahwa keefektifan *Learning Cycle* tidak hanya berasal dari urutan sintaks, tetapi juga dari kesempatan untuk menghubungkan disiplin, merancang solusi, menguji ide, dan mentransfer pengetahuan ke masalah nyata. Temuan ini sejalan dengan korpus penelitian sekarang: studi 5E dan 7E memperoleh penguatan melalui STEM, perangkat pembelajaran, dan asesmen formatif, sedangkan studi 9E didukung integrasi nilai Islam. Oleh karena itu, efek intervensi perlu ditafsirkan sebagai hasil interaksi antara model dan pendekatan pendukungnya [33].

Hasil kajian yang menunjukkan bahwa *Learning Cycle* dapat meningkatkan keterlibatan dan proses konstruksi pengetahuan juga didukung oleh Riffert et al. [34]. Penelitian mereka melibatkan 280 peserta didik sekolah menengah dengan latar belakang sosial ekonomi kurang menguntungkan di Austria dan menemukan bahwa pembelajaran berbasis siklus memberikan perkembangan yang lebih positif pada kesenangan belajar, kebanggaan akademik, konsep diri, dan keterlibatan perilaku dibandingkan kelompok kontrol. Dampak pada kemampuan penalaran ilmiah menjadi lebih jelas setelah intervensi berlangsung selama dua tahun, sedangkan intervensi satu tahun belum menghasilkan perbedaan yang kuat. Temuan tersebut memperluas interpretasi hasil penelitian ini bahwa keberhasilan model 9E tidak semata-mata ditunjukkan oleh peningkatan skor literasi sains dalam jangka pendek. Model tersebut juga berpotensi membangun keterlibatan afektif dan kebiasaan berpikir ilmiah

apabila diterapkan secara konsisten. Oleh karena itu, penelitian eksperimental yang hanya dilaksanakan dalam beberapa pertemuan mungkin belum mampu menangkap pengaruh penuh tahap *echo*, *elaboration*, dan *emendation* terhadap retensi konsep serta perkembangan penalaran ilmiah peserta didik [34].

Meskipun aktivitas eksplorasi menjadi komponen penting dalam model 9E, temuan penelitian ini perlu ditempatkan dalam perspektif kualitas pembelajaran inkuiri. Kang [35], melalui analisis data PISA 2015 di Finlandia, menemukan bahwa hubungan antara pembelajaran inkuiri dan literasi sains dimoderasi oleh kualitas instruksional. Hubungan guru dan peserta didik menjadi prediktor yang paling kuat, sedangkan manajemen kelas juga memengaruhi kontribusi inkuiri terbimbing dan inkuiri terbuka terhadap literasi sains. Temuan ini menjelaskan mengapa pelaksanaan tahap *exploration* tidak selalu menghasilkan peningkatan yang sama pada seluruh penelitian. Aktivitas eksplorasi yang minim arahan, tidak diikuti umpan balik, atau tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan kebingungan dan tidak menghasilkan konstruksi konsep yang tepat. Dengan demikian, model 9E tidak seharusnya diterapkan sebagai rangkaian kegiatan yang sepenuhnya membebaskan peserta didik. Guru tetap memerlukan peran strategis dalam menyediakan scaffolding, pertanyaan pengarah, umpan balik, dan pengelolaan diskusi agar otonomi peserta didik berkembang tanpa mengorbankan ketepatan ilmiah [35].

Temuan mengenai kontribusi tahap *e-search* dalam mengembangkan literasi informasi digital memperoleh dukungan dari Chen et al. [36]. Melalui eksperimen enam minggu pada 101 peserta didik sekolah menengah di wilayah perdesaan China, penelitian tersebut menunjukkan bahwa inkuiri kolaboratif berbantuan teknologi berpengaruh signifikan terhadap literasi sains. Dukungan platform digital memberikan manfaat yang sangat jelas bagi peserta didik dengan kompetensi teknologi informasi dan komunikasi yang rendah, sehingga kesenjangan hasil antara peserta didik berkompetensi digital tinggi dan rendah dapat diperkecil. Hasil tersebut mendukung asumsi penelitian ini bahwa *e-search* dapat memperluas literasi sains melalui kegiatan mencari, mencatat, membandingkan, dan mengevaluasi informasi ilmiah. Namun, manfaat tahap tersebut bergantung pada ketersediaan teknologi, kemampuan digital peserta didik, struktur tugas, serta dukungan yang diberikan guru. Tanpa mekanisme verifikasi sumber dan panduan pencarian, *e-search* berisiko berubah menjadi kegiatan mengambil informasi secara tidak kritis, bukan proses evaluasi bukti ilmiah [36].

Dukungan lain terhadap posisi *e-search* ditemukan dalam penelitian Lin et al. [37], yang mengintegrasikan pembelajaran inkuiri 5E dengan literasi informasi pada materi ekosistem. Kelompok eksperimen memperlihatkan hasil yang lebih baik dalam pemahaman konsep ekosistem, kemampuan berpikir tingkat tinggi, pemilihan bahan dalam desain model, dan literasi visual dibandingkan kelompok kontrol. Peningkatan yang menonjol terjadi pada peserta didik dengan kemampuan awal rendah. Namun, tidak semua indikator mengalami perbedaan signifikan, terutama pada desain konseptual, siklus materi dalam model, dan beberapa aspek komposisi visual. Hasil tersebut memiliki dua makna bagi penelitian ini. Pertama, pengintegrasian literasi informasi ke dalam siklus inkuiri dapat memperkuat pemahaman biologis dan membantu kelompok peserta didik yang sebelumnya tertinggal. Kedua, suatu model pembelajaran tidak selalu berdampak seragam pada seluruh indikator, sehingga klaim efektivitas 9E harus dijabarkan berdasarkan kompetensi literasi sains yang benar-benar berkembang, bukan hanya berdasarkan skor total [37].

Perbandingan dengan penelitian-penelitian internasional tersebut menguatkan bahwa peningkatan literasi sains melalui *Learning Cycle* terutama berlangsung melalui empat mekanisme. Mekanisme pertama adalah aktivasi dan rekonstruksi pengetahuan awal melalui elicitation dan engagement. Mekanisme kedua adalah pembentukan pengetahuan melalui pengalaman investigatif pada tahap *exploration* dan *explanation*. Mekanisme ketiga adalah transfer, evaluasi, dan koreksi pengetahuan melalui *echo*, *elaboration*, *evaluation*, dan *emendation*. Mekanisme keempat adalah perluasan kemampuan mengevaluasi informasi melalui *e-search*. Dengan demikian, keunggulan model 9E tidak semata-mata terletak pada jumlah tahap yang lebih banyak, melainkan pada tersedianya ruang eksplisit untuk memperkuat konsep, mengoreksi kesalahan, dan menilai informasi digital. Sintesis tersebut juga menunjukkan bahwa kemampuan menjelaskan fenomena ilmiah cenderung lebih mudah berkembang daripada kemampuan merancang penyelidikan, mengevaluasi validitas prosedur, dan menyusun argumentasi berdasarkan bukti. Kompetensi terakhir memerlukan latihan berulang, tugas terbuka, umpan balik argumentatif, dan durasi implementasi yang lebih panjang.

Novelty penelitian ini terletak pada penyusunan sintesis yang secara khusus menghubungkan model *Learning Cycle 9E*, literasi sains, dan konteks peserta didik SMA/MA, terutama dalam pembelajaran biologi. Penelitian ini tidak menyamakan seluruh variasi *Learning Cycle*, tetapi membedakan penelitian 9E sebagai bukti langsung dari penelitian 5E dan 7E sebagai bukti konseptual serta empiris pendukung. Pemisahan tersebut menghasilkan interpretasi yang lebih hati-hati dibandingkan kajian yang menggabungkan semua model siklus belajar sebagai satu bentuk intervensi. Kebaruan lainnya terletak pada pemetaan mekanisme setiap tahap 9E terhadap kompetensi literasi sains serta penempatan *emendation* dan *e-search* sebagai tahap penting yang belum mendapat perhatian eksplisit dalam model 5E. Tahap *emendation* memperkuat dimensi metakognitif melalui revisi pemahaman dan argumentasi, sedangkan *e-search* menjembatani literasi sains dengan literasi informasi digital. Berdasarkan korpus artikel yang dianalisis, integrasi kedua dimensi tersebut merupakan kontribusi konseptual utama model 9E bagi pembelajaran sains kontemporer.

Secara teoretis, hasil penelitian ini memperluas pandangan konstruktivistik dengan menunjukkan bahwa pembentukan literasi sains tidak berakhir ketika peserta didik mampu menemukan dan menjelaskan konsep. Pembelajaran juga perlu menyediakan proses penguatan, transfer, evaluasi diri, koreksi pemahaman, dan pengujian kredibilitas informasi. Secara praktis, guru biologi dapat menggunakan model 9E pada materi yang kaya fenomena dan bukti, seperti ekosistem, perubahan lingkungan, keanekaragaman hayati, sistem organ, kesehatan, virus, genetika, dan bioteknologi. Fenomena kontekstual dapat digunakan pada tahap *engagement*, kegiatan observasi atau eksperimen diterapkan pada tahap *exploration*, sedangkan data, grafik, dan artikel ilmiah sederhana digunakan untuk membangun penjelasan. Tahap *emendation* sebaiknya diwujudkan melalui revisi jawaban atau argumentasi setelah peserta didik memperoleh umpan balik, sementara *e-search* perlu dilengkapi kriteria evaluasi sumber, seperti otoritas penulis, kualitas bukti, tanggal publikasi, konsistensi antarsumber, dan potensi bias. Implikasi kebijakan dari temuan ini adalah perlunya pelatihan guru yang tidak hanya memperkenalkan urutan sintaks, tetapi juga melatih pengelolaan inkuiri, asesmen formatif, fasilitasi argumentasi ilmiah, dan literasi informasi digital.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Jumlah artikel yang disintesis hanya 10, dan hanya dua artikel yang secara langsung mengkaji *Learning Cycle 9E*, sehingga basis bukti 9E jauh lebih kecil daripada model 5E dan 7E. Studi yang disertakan juga beragam dalam desain, jumlah sampel, materi, durasi intervensi, instrumen, dan teknik analisis, sehingga hasilnya tidak dapat dibandingkan secara langsung. Meskipun seluruh sumber telah dibatasi pada jurnal SINTA atau Scopus, sembilan dari 10 artikel berasal dari jurnal nasional SINTA dan hanya satu artikel berasal dari sumber terindeks Scopus; kondisi ini membatasi keluasan generalisasi internasional. Tidak seluruh artikel melaporkan ukuran efek, reliabilitas instrumen, atau keterlaksanaan setiap tahap secara rinci sehingga meta-analisis belum dapat dilakukan. Penelitian berikutnya perlu memperluas basis data internasional, menerapkan penilaian risiko bias yang lebih ketat, serta melakukan eksperimen multisitus, longitudinal, dan komparatif untuk menguji kontribusi spesifik *echo*, *emendation*, dan *e-search*.

KESIMPULAN

Berdasarkan sintesis sistematis terhadap 10 artikel yang memenuhi kriteria inklusi, model *Learning Cycle* 5E, 7E, dan 9E secara umum menunjukkan kecenderungan positif dalam mendukung peningkatan literasi sains peserta didik. Dari keseluruhan studi, lima artikel mengkaji model 5E, tiga artikel model 7E, dan dua artikel model 9E. Bukti empiris mengenai *Learning Cycle* 9E menunjukkan potensi peningkatan literasi sains, khususnya dalam menjelaskan fenomena ilmiah, menafsirkan bukti, dan mengonstruksi pemahaman konseptual, dengan nilai N-gain berkisar antara 0,59–0,70. Secara konseptual, keunggulan model 9E terletak pada pengintegrasian tahapan pembelajaran yang memfasilitasi eksplorasi, penguatan konsep, refleksi, perbaikan miskonsepsi, dan evaluasi kredibilitas informasi digital melalui tahap *e-search*. Kontribusi utama penelitian ini adalah pemisahan secara sistematis antara bukti empiris langsung model 9E dan bukti pendukung model 5E serta 7E, disertai pemetaan keterkaitan sintaks pembelajaran dengan kompetensi literasi sains. Meskipun demikian, keterbatasan jumlah studi yang secara langsung menguji model 9E, heterogenitas metodologis, serta integrasi pendekatan pendukung dalam intervensi membatasi generalisasi temuan dan belum memungkinkan penarikan kesimpulan definitif mengenai efektivitas independen model tersebut. Secara praktis, *Learning Cycle* 9E berpotensi menjadi alternatif pembelajaran biologi yang berorientasi pada penguatan literasi sains melalui penyelidikan kontekstual, asesmen formatif, dan pemanfaatan sumber informasi digital secara kritis. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu mengutamakan desain eksperimental komparatif, multisitus, dan longitudinal dengan instrumen terstandarisasi, pengendalian variabel intervensi, serta pelaporan ukuran efek yang komprehensif untuk memperoleh bukti empiris yang lebih kuat mengenai efektivitas dan kontribusi spesifik setiap tahapan *Learning Cycle* 9E.

INFORMASI PENULIS

Penulis Koresponden

Veni Pangestu – Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia);

Email: venipangestu364@gmail.com

Penulis

Veni Pangestu – Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia);

Email: venipangestu364@gmail.com

Suci Wulan Pawhestri – Program Studi Biologi, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia);

Email: suciwulanpawhestri@radenintan.ac.id

Ahmad Mughofar – Program Studi Biologi, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia);

Email: ahmadmughofar@gmail.com

KONFLIK KEPENTINGAN

"Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan."

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Roy, S. Sikder, and L. Danaia, "Adopting scientific literacy in early years from empirical studies on formal education: a systematic review of the literature," *Int. J. STEM Educ.*, vol. 12, no. 1, p. 26, May 2025. <https://doi.org/10.1186/s40594-025-00547-1>
- [2] D. L. Morris, "Rethinking Science Education Practices: Shifting from Investigation-Centric to Comprehensive Inquiry-Based Instruction," *Educ. Sci.*, vol. 15, no. 1, p. 73, Jan. 2025. <https://doi.org/10.3390/educsci15010073>
- [3] M. Ploj Vrtič, "Teaching science & technology: components of scientific literacy and insight into the steps of research," *Int. J. Sci. Educ.*, vol. 44, no. 12, pp. 1916–1931, Aug. 2022. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2105414>
- [4] Novita Oktaviani and Ulinnuha Nur Faizah, "The Effect of Science Literacy Skills to Contextual Thinking Skills on Science Literacy-Based Learning," *INSECTA Integr. Sci. Educ. Teach. Act. J.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–10, May 2024. <https://doi.org/10.21154/insecta.v5i1.8852>
- [5] L. Valladares, "Scientific Literacy and Social Transformation," *Sci. Educ.*, vol. 30, no. 3, pp. 557–587, Jun. 2021. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2>
- [6] B. Bramastia and S. Rahayu, "Study of Science Learning Based on Scientific Literacy in Improving Critical Thinking: A Scoping Review," *J. Penelit. Pendidik. IPA*, vol. 9, no. 8, pp. 499–510, Aug. 2023. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i8.5667>
- [7] OECD, "An OECD Learning Framework 2030," pp. 23–35, 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26068-2_3
- [8] OECD, *PISA 2022 Assessment and Analytical Framework*. Paris: OECD Publishing, 2023. <https://doi.org/10.1787/dfe0bf9c-en>
- [9] OECD, *OECD Skills Outlook 2025*, OECD Skills Outlook. OECD Publishing, 2025. <https://doi.org/10.1787/26163cd3-en>
- [10] OECD, *PISA 2022 Results (Volume I)*, PISA. OECD Publishing, 2023. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- [11] OECD, "PISA 2022 Results (Volume I and II): Country Notes—Indonesia," OECD Publishing, 2023. [Online]. Available: https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i-and-ii-country-notes_ed6fbcc5-en/indonesia_c2e1ae0e-en.html

- [12] OECD, PISA 2025 Assessment and Analytical Framework, PISA. OECD Publishing, 2026. <https://doi.org/10.1787/86c36975-en>
- [13] L. Amorim, C. Santos, and K. Timmis, "Prioritising Microbiology in Secondary Education Addresses Emerging Scientific-Social-Educational Challenges and Competency Needs," *Microb. Biotechnol.*, vol. 18, no. 9, Sep. 2025. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.70224>
- [14] A. Hartono, E. Djulia, H. Hasruddin, and U. N. A. D. Jayanti, "Biology Students' Science Literacy Level on Genetic Concepts," *J. Pendidik. IPA Indones.*, vol. 12, no. 1, pp. 146–152, Mar. 2023. <https://doi.org/10.15294/jpii.v12i1.39941>
- [15] G. Guerrero and J. Sjöström, "Critical scientific and environmental literacies: a systematic and critical review," *Stud. Sci. Educ.*, vol. 61, no. 1, pp. 41–87, Jan. 2025. <https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2344988>
- [16] N. Bidayati Haka, B. Satiyo Putri, N. Hidayah, and I. Rakhmawati, "Cultivating Scientific Literacy and Self-confidence through an Islamic-Oriented 9E Learning Cycle in Biology Education," *Biosf. J. Tadris Biol.*, vol. 16, no. 2, pp. 183–199, Dec. 2025. <https://doi.org/10.24042/biosfer.v16i2.28760>
- [17] A. Muliana, A. W. Jufri, and S. Bahri, "The Effect of Learning Cycle 5E Model on the Scientific Literacy of 10th Grade Students," *J. Penelit. Pendidik. IPA*, vol. 10, no. 9, pp. 6662–6668, Sep. 2024. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i9.8415>
- [18] E. Suryawati, M. Natalina, N. Nadia, and D. Deswati, "The Implementation of 5E Learning Cycle Model on the Topic 'Structure and Function of Plants' to Improve the Scientific Literacy of the Second Year Students of a Junior High School in Pekanbaru," *Int. J. Educ. Best Pract.*, vol. 2, no. 2, p. 26, 2018. <https://doi.org/10.31258/ijebp.v2n2.p26-33>
- [19] R. W. Bybee et al., "The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness, and Applications," *BSCS*, pp. 1–19, 2006.
- [20] A. Eisenkraft, "Expanding the 5E Model," *Science*, vol. 70, pp. 56–59, 2003. <https://doi.org/10.1063/1.1650239>
- [21] P. Kaur and A. Gakhar, "9E model and e-learning methodologies for the optimisation of teaching and learning," *Proc. 2014 IEEE Int. Conf. MOOCs, Innov. Technol. Educ. (IEEE MITE)*, pp. 342–347, 2014. <https://doi.org/10.1109/MITE.2014.7020300>
- [22] R. Oktafiani, B. S. Putri, and A. D. Kesumawardani, "The Contribution of the Islamic-Integrated 9E Learning Cycle Model to Students' Scientific Literacy," *ISEJ Indones. Sci. Educ. J.*, vol. 6, no. 3, pp. 45–52, Oct. 2025. <https://doi.org/10.62159/isej.v6i3.2074>
- [23] Parno, M. K. Putri, N. Munfaridah, Khusaini, N. Fitri, and M. Ali, "Exploration of students' scientific literacy in work and energy through STEM-based 7E learning cycle with formative assessment," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2684, no. 1, p. 012004, Jan. 2024. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2684/1/012004>
- [24] B. Kitchenham, O. Pearl Brereton, D. Budgen, M. Turner, J. Bailey, and S. L. B., "Systematic literature reviews in software engineering—A systematic literature review," *Inf. Softw. Technol.*, vol. 51, no. 1, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009>
- [25] M. J. Page et al., "The PRISMA 2020 Statement: An Updated Guideline for Reporting Systematic Reviews," *BMJ*, vol. 372, p. n71, 2021. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- [26] H. Snyder, "Literature review as a research methodology: An overview and guidelines," *J. Bus. Res.*, vol. 104, pp. 333–339, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- [27] I. M. Salma, S. A. Hariani, and P. Pujiastuti, "Pengaruh Model Pembelajaran Learning Cycle (5E) Berbasis STEM terhadap Literasi Sains dan Hasil Belajar Siswa Kelas X," *DWIJA CENDEKIA J. Ris. Pedagog.*, vol. 6, no. 2, p. 197, Aug. 2022. <https://doi.org/10.20961/jdc.v6i2.61600>
- [28] F. Larasati and N. Shofiyah, "Learning Cycle 5E Model and Junior High School

- Students' Scientific Literacy," *Indones. J. Educ. Methods Dev.*, vol. 20, no. 4, Aug. 2025. <https://doi.org/10.21070/ijemd.v20i4.916>
- [29] Y. Batubara, M. Marjanah, and S. R. Mahyuni, "Peningkatan Literasi Sains Melalui Penerapan Model Pembelajaran Learning Cycle (5E) Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) di SMAN 3 Langsa," *J. Ilm. Profesi Pendidik.*, vol. 10, no. 2, pp. 1032–1037, Apr. 2025. <https://doi.org/10.29303/jipp.v10i2.3210>
- [30] I. M. H. Sugiman, K. Suma, and R. Sujanem, "Pengaruh Model Pembelajaran Learning Cycle 7E Terhadap Literasi Sains Peserta Didik Di Kelas X SMAN Tahun Pelajaran 2018/2019," *J. Pendidik. Fis. Undiksha*, vol. 9, no. 2, pp. 97–105, 2019.
- [31] M. N. N. D. Wahab, Wasis, and Yuliani, "The Effectiveness of Scientific Literacy Based Learning Device to Improve Junior High School Students Scientific Literacy," *J. Penelit. Pendidik. IPA*, vol. 10, no. 9, pp. 6405–6414, Sep. 2024. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i9.8573>
- [32] J. R. Polanin, M. Austin, J. A. Taylor, R. R. Steingut, M. A. Rodgers, and R. Williams, "Effects of the 5E Instructional Model: A Systematic Review and Meta-Analysis," *AERA Open*, vol. 10, Jan. 2024. <https://doi.org/10.1177/23328584241269866>
- [33] S. Eroğlu and O. Bektaş, "The effect of 5E-based STEM education on academic achievement, scientific creativity, and views on the nature of science," *Learn. Individ. Differ.*, vol. 98, p. 102181, Aug. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2022.102181>
- [34] F. Riffert, G. Hagenauer, J. Kriegseisen, and A. Strahl, "On the Impact of Learning Cycle Teaching on Austrian High School Students' Emotions, Academic Self-Concept, Engagement, and Achievement," *Res. Sci. Educ.*, vol. 51, no. 6, pp. 1481–1499, Dec. 2021. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09918-w>
- [35] J. Kang, "Interrelationship Between Inquiry-Based Learning and Instructional Quality in Predicting Science Literacy," *Res. Sci. Educ.*, vol. 52, no. 1, pp. 339–355, Feb. 2022. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09946-6>
- [36] F. Chen, Y. Zhang, and G. Chen, "Exploring the effects of technology-supported collaborative inquiry and students' ICT competency on scientific literacy and subject knowledge in rural science classrooms," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 30, no. 13, pp. 18705–18732, Aug. 2025. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13512-w>
- [37] J.-H. Lin, S. C. Yang, and J.-Y. Lin, "Fostering ecosystem understanding: The synergistic impact of inquiry-based instruction and information literacy," *Comput. Educ.*, vol. 220, p. 105125, Oct. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105125>