Pengertian: Jurnal Pendidikan Indonesia (PJPI)

E-ISSN: 2986-9528| P-ISSN: 2986-9439
Website https://ejournal.lapad.id/index.php/pjpi

Open Access under CC BY NC SA
Copyright © 2026, Khairunnisa

Vol. 4, No. 3, 2026, 1609-1624
DOI:https://doi.org/10.61930/pjpi.v4i3.

Augented Reality dalam Pembelajaran IPA untuk Memfasilitasi Pemahaman Konsep Abstrak: *Systematic Literature Review*

Khairunnisa
Universitas Bengkulu, Kota Bengkulu, Indonesia

*Corresponding Author: khaaayyy@gmail.com

Abstract

Concepts in Natural Sciences (IPA) are often difficult for students to grasp because they are presented through static, two-dimensional media. This article aims to map research characteristics, analyze the abstract concepts being facilitated, and synthesize the effectiveness of as well as the barriers to using Augmented Reality (AR) in science education. The study employs a Systematic Literature Review methodology, following the PRISMA 2020 guidelines, to examine 26 empirical articles published between 2019 and 2025, which were then analyzed using thematic analysis and narrative synthesis. The findings indicate that research is primarily focused on the elementary school level and covers topics such as astronomy, physics, and integrated science, with a predominance of quasi-experimental research designs. AR facilitates the understanding of molecular shapes, the solar system, and cell structures through interactive three-dimensional visualizations, thereby enhancing conceptual understanding, spatial reasoning, motivation, and retention. However, its implementation remains hindered by device limitations, a lack of teacher training, and inflexible curricula. Integrating AR with constructivist learning approaches, providing teacher training, and ensuring equitable access to necessary equipment are recommended to ensure that three-dimensional visualizations effectively lead to scientific understanding.

Keywords: *Augmented Reality; Science Education; Abstract Concepts; Systematic Literature Review*

Abstrak

Konsep rangkuman dalam Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) kerap sulit dipahami peserta didik karena disajikan melalui media dua dimensi yang statis. Artikel ini bertujuan memetakan karakteristik penelitian, menganalisis konsep abstrak yang difasilitasi, serta mensintesis efektivitas dan hambatan penggunaan *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran IPA. Kajian menggunakan metode *Systematic Literature Review* dengan pedoman PRISMA 2020 terhadap 26 artikel empiris terbitan 2019–2025, kemudian dianalisis melalui analisis tematik dan sintesis naratif. Hasil menunjukkan bahwa penelitian terpusat pada jenjang sekolah dasar serta pada topik astronomi, fisika, dan IPA terpadu, dengan dominasi metode penelitian kuasi-eksperimen. AR memfasilitasi pemahaman bentuk molekul, tata surya, dan struktur sel melalui visualisasi tiga dimensi yang interaktif, sehingga meningkatkan pemahaman konsep, penalaran spasial, motivasi, dan retensi. Namun, implementasinya masih terhambat keterbatasan gawai, minimnya pelatihan guru, dan kurikulum yang kurang fleksibel. Integrasi AR dengan pembelajaran konstruktivis, pelatihan guru, serta penyediaan sarana yang merata direkomendasikan agar visualisasi tiga dimensi berujung pada

pemahaman ilmiah.

Kata Kunci: *Augmented Reality; Pembelajaran IPA; Konsep Abstrak; Systematic Literature Review*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital mengubah cara pembelajaran dirancang, termasuk dalam Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) pada jenjang dasar hingga menengah. Pendidikan sains menuntut pemahaman konsep yang kokoh, sebab dari sanalah nalar ilmiah, daya kritis, dan kemampuan memecahkan masalah peserta didik tumbuh. Persoalannya, sebagian besar materi inti IPA bersifat abstrak dan tidak dapat diamati langsung dengan indra. Johnstone (1991) menjelaskan bahwa sains sulit dipelajari karena peserta didik harus berpindah-pindah antara tingkat makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Gilbert (2005) menambahkan bahwa visualisasi merupakan bagian yang melekat pada cara ilmuwan berpikir dan cara sains dipelajari. Karena itu, kajian sistematis tentang media pembelajaran digital, khususnya *Augmented Reality* (AR), penting untuk melihat sejauh mana visualisasi tiga dimensi (3D) membantu peserta didik membangun pemahaman sains yang utuh dan bermakna.

Akar masalah pembelajaran IPA konvensional banyak berkaitan dengan keterbatasan media yang dipakai, yaitu buku teks cetak dengan ilustrasi dua dimensi (2D) yang statis atau presentasi *PowerPoint* biasa. Menurut teori pembelajaran multimedia, pemahaman terbentuk ketika peserta didik dapat memadukan representasi verbal dan visual menjadi model mental yang koheren (Mayer, 2009). Media 2D sering belum cukup untuk itu, terutama pada konsep yang menuntut penalaran spasial, manipulasi geometris, dan pemahaman gerak relatif. Wu dan Shah (2004) mencatat bahwa pembelajaran kimia memerlukan kemampuan berpikir visuospasial, dan peserta didik yang lemah di bidang ini kesulitan memahami representasi molekul. Contohnya terlihat pada Kimia. Peserta didik tingkat menengah kerap sulit membayangkan struktur atom, konfigurasi elektron, ikatan kimia, hibridisasi orbital, dan bentuk molekul tiga dimensi menurut teori *Valence Shell Electron Pair Repulsion* (VSEPR). Gillespie (2004) menegaskan bahwa model VSEPR bertumpu pada gambaran gaya tolak-menolak antar-pasangan elektron di dalam ruang, sehingga gambar datar di buku cetak hanya memberi sebagian dari gambaran tersebut.

Kesulitan serupa muncul pada Fisika dan Astronomi. Sistem tata surya, rotasi dan revolusi planet, lintasan orbit elips, presesi, pergeseran musim, pergantian siang dan

malam, serta perambatan gelombang dan interaksi gaya fisik sering disalahpahami karena hanya disajikan lewat gambar yang datar dan statis. Hal yang sama dialami Biologi dan IPA Terpadu di Sekolah Dasar (SD) dan Sekolah Menengah Pertama (SMP). Struktur organel sel, mekanisme transpor membran, sistem organ tubuh manusia, dan fenomena ekologis yang kompleks sulit dipahami secara mendalam bila hanya dijelaskan secara naratif-verbal, dan penjelasan semacam itu mudah memicu miskonsepsi. Dari ketiga disiplin ini tampak pola yang sama, yaitu konsep yang tidak terlihat dan bergerak dalam ruang tiga dimensi dipelajari lewat media yang tidak mampu menampilkan kedua sifat tersebut.

Di titik inilah AR menawarkan jalan keluar. Berbeda dengan media 2D tradisional yang bersifat pasif, AR memproyeksikan objek 3D dan informasi simulasi ke lingkungan nyata secara *real-time* dan interaktif (Azuma, 2019). Pengguna dapat memutar objek, memperbesarnya, mengamati sudutnya dari berbagai arah, dan melihat simulasi gerak yang dinamis. Pengalaman belajar yang imersif ini menjembatani kenyataan konkret dengan konsep abstrak, sehingga peralihan dari tahap konkret-operasional ke pemikiran abstrak-formal sebagaimana digambarkan Piaget (1972) dapat berlangsung lebih alami, intuitif, dan kontekstual (Lestari & Hidayat, 2021; Rahayu & Wibowo, 2023). Kajian empiris yang lebih baru pada siswa sekolah menengah pertama juga melaporkan bahwa AR berkaitan dengan capaian belajar dan sikap yang lebih baik terhadap pembelajaran sains (Sahin & Yilmaz, 2020).

Dukungan terhadap potensi tersebut tidak hanya datang dari studi tunggal, tetapi juga dari berbagai kajian ulasan. Cheng dan Tsai (2013) mengidentifikasi kemampuan AR dalam mendukung pembelajaran sains, khususnya yang berkaitan dengan pemahaman spasial dan hubungan antarkonsep, sekaligus menyarankan penelitian lanjutan. Wu dkk. (2013) menguraikan peluang AR dalam pendidikan, seperti pembelajaran dalam konteks autentik dan interaksi dengan objek virtual, bersama tantangan teknologi, pedagogi, dan pembelajaran yang menyertainya. Bacca dkk. (2014) memetakan tren riset dan aplikasi AR di bidang pendidikan, sedangkan Akçayır dan Akçayır (2017) melaporkan bahwa AR meningkatkan capaian belajar dan motivasi, tetapi juga menghadapi kendala seperti kesulitan penggunaan. Temuan itu sejalan dengan telaah Ibáñez dan Delgado-Kloos (2018) pada pembelajaran STEM serta dengan meta-analisis Garzón dan Acevedo (2019) dan Chang dkk. (2022) yang menunjukkan dampak positif AR terhadap hasil belajar.

Meskipun bukti-bukti tersebut terus bertambah, literatur akademik masih menyisakan kesenjangan penelitian (*research gap*). Sebagian besar penelitian berfokus pada studi kasus tunggal, evaluasi aplikasi AR tertentu, atau satu sub-disiplin ilmu saja tanpa sintesis yang menyeluruh. Kajian sistematis yang secara holistik memadukan efektivitas kognitif dan afektif, memetakan variasi konsep abstrak di berbagai sub-disiplin IPA (Fisika, Kimia, Biologi, IPA Terpadu), menelaah hambatan teknis-pedagogis di lapangan, dan merumuskan strategi pembelajaran berbasis AR yang terstruktur serta teruji secara metodologis masih terbatas. Untuk mengisi kesenjangan tersebut, *Systematic Literature Review* (SLR) ini disusun dengan tiga tujuan, yaitu: 1) Memetakan karakteristik umum dan tren perkembangan penelitian AR dalam pembelajaran IPA berdasarkan 26 artikel empiris terpilih dari publikasi tahun 2019 hingga 2025, 2) Menganalisis variasi konsep-konsep abstrak IPA (Fisika, Kimia, Biologi, IPA Terpadu) beserta jenis dan karakteristik teknologi AR yang difungsikan, 3) Mensintesis efektivitas kognitif dan afektif penggunaan AR, mengidentifikasi hambatan implementasinya di kelas, serta merumuskan rekomendasi strategi pedagogis yang efektif. Berdasarkan tujuan tersebut, kajian ini dirancang untuk menjawab pertanyaan penelitian (*Research Questions*), berupa: 1) Bagaimana tren karakteristik umum (distribusi tahun publikasi, metode penelitian, jenjang pendidikan subjek, dan sub-disiplin IPA) dari literatur terpilih mengenai AR dalam pembelajaran IPA?, 2) Konsep abstrak IPA apa saja yang berhasil difasilitasi oleh teknologi AR, dan bagaimana karakteristik teknologi AR yang digunakan?, 3) Sejauh mana efektivitas AR terhadap pemahaman konseptual dan respons afektif peserta didik, apa hambatan utama implementasinya, serta bagaimana strategi pedagogis yang direkomendasikan untuk mengintegrasikannya?. Ketiga pertanyaan ini menjadi pijakan yang menghubungkan kesenjangan literatur dengan desain metodologis yang mengikuti pedoman PRISMA 2020 (Page dkk., 2021).

METODE PENELITIAN

Kajian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan mengadopsi standar *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2020. Kerangka ini menjadi landasan agar seluruh tahapan, dari seleksi hingga sintesis data, dapat dipertanggungjawabkan, diulang oleh peneliti lain, dan dilaporkan secara transparan. Metode SLR yang terstruktur dipilih karena mampu menekan bias

seleksi, memastikan hanya artikel yang relevan dan berkualitas yang dianalisis, serta menghasilkan sintesis bukti empiris yang valid untuk menjawab pertanyaan penelitian (Creswell, 2020; Zed, 2021).

Seleksi studi mengikuti empat tahap PRISMA 2020, yaitu identifikasi (*identification*), penyaringan (*screening*), kelayakan (*eligibility*), dan pemilahan akhir (*inclusion*). Pada tahap identifikasi, artikel ditelusuri secara elektronik pada basis data jurnal ilmiah bereputasi dan publikasi spesifik yang relevan, yaitu Acta Chimica Asiana, Jurnal Ilmu Pendidikan Dasar, Jurnal EduTech, Jurnal Teknologi Pendidikan, Jurnal Media Pembelajaran, dan Jurnal Inovasi IPA. Pencarian memakai kombinasi kata kunci dan operator Boolean, yakni (*"augmented reality*" atau "AR") dan ("pembelajaran IPA" atau *"science education")* dan ("konsep abstrak" atau "*conceptual understanding*"). Artikel yang terkumpul kemudian disaring bertahap berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi pada Tabel 1. Penyaringan awal dilakukan melalui pemindaian judul dan abstrak untuk memastikan kesesuaian dengan fokus kajian. Artikel yang lolos diperiksa secara utuh (*full-text*) untuk menilai kredibilitas metodologis, ketersediaan data empiris, dan kesesuaian dengan fasilitasi konsep abstrak IPA. Proses berjenjang ini menghasilkan 26 artikel final yang diinklusi dalam kajian.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Artikel jurnal ilmiah *peer-reviewed* yang berfokus pada penggunaan AR dalam pembelajaran IPA	Artikel yang tidak berfokus pada media AR atau berada di luar subjek pembelajaran IPA
Membahas fasilitasi pemahaman konsep abstrak (Fisika, Kimia, Biologi, IPA SD/SMP/SMA)	Penelitian tanpa data empiris atau studi literatur yang tidak relevan dengan konsep abstrak
Terbit pada rentang tahun 2019–2025 sesuai sumber terlampir	Terbit di luar rentang tahun yang ditentukan
Tersedia teks utuh (*full-text*) dan dapat diakses secara publik/akademik	Teks tidak lengkap, berupa *editor's note*, atau hanya abstrak singkat

Data dari ke-26 artikel dianalisis dengan menggabungkan analisis tematik deskriptif dan sintesis naratif (*narrative synthesis*). Analisis tematik mengategorikan data menurut karakteristik studi, jenis konsep IPA yang diintervensi, fitur teknologi AR, dampak terhadap hasil belajar kognitif dan afektif, serta tantangan implementasi di kelas. Sintesis naratif kemudian memadukan temuan kualitatif dan kuantitatif dari artikel-artikel

tersebut menjadi argumen ilmiah yang utuh dan mendalam.

TEMUAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Karakteristik Umum Artikel yang Diinklusi

Karakteristik umum terhadap 26 artikel terpilih mengenai penggunaan *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) menunjukkan bahwa publikasi selama periode 2019–2025 mengalami fluktuasi. Pada tahun 2019 terdapat 2 artikel (7,69%), meningkat menjadi 5 artikel (19,23%) pada 2020, kemudian masing-masing 4 artikel (15,38%) pada 2021 dan 2022. Jumlah publikasi mencapai puncaknya pada 2023 dengan 6 artikel (23,08%), sebelum menurun menjadi 3 artikel (11,54%) pada 2024 dan 2 artikel (7,69%) pada 2025. Berdasarkan pendekatan penelitian, metode kuasi-eksperimen atau eksperimen kuantitatif mendominasi dengan 12 artikel (46,15%), diikuti penelitian kualitatif, deskriptif, observasional, dan kaji tindak sebanyak 8 artikel (30,77%), studi literatur, analisis kebijakan, dan studi kritis sebanyak 5 artikel (19,23%), serta penelitian dan pengembangan (*Research and Development*/R&D) sebanyak 1 artikel (3,85%). Dominasi pendekatan eksperimen menunjukkan bahwa penelitian AR banyak diarahkan untuk menguji efektivitas penggunaannya dalam pembelajaran, terutama dalam meningkatkan hasil belajar kognitif dan membandingkan pencapaian siswa dengan kelompok yang menggunakan media pembelajaran konvensional.

Ditinjau dari jenjang pendidikan, penelitian paling banyak dilakukan pada tingkat Sekolah Dasar (SD/IPAS), yaitu 15 artikel (57,69%), diikuti Sekolah Menengah Pertama (SMP) sebanyak 5 artikel (19,23%), serta Sekolah Menengah Atas/Kejuruan (SMA/K) dan kajian yang melibatkan guru atau kebijakan umum, masing-masing sebanyak 3 artikel (11,54%). Dominasi jenjang SD menunjukkan besarnya perhatian terhadap pemanfaatan AR untuk membantu siswa memahami konsep IPA melalui representasi visual yang konkret dan interaktif. Sementara itu, berdasarkan subdisiplin atau materi pembelajaran, kajian astronomi dan fisika, seperti sistem tata surya, rotasi, revolusi, dan orbit, mencakup 10 artikel (38,46%). Jumlah yang sama ditemukan pada materi IPA terpadu dan biologi SD, meliputi sel, organ tubuh, dan fenomena alam, sebanyak 10 artikel (38,46%). Kajian kimia, seperti bentuk molekul, hibridisasi, ikatan kimia, dan hidrokarbon, mencakup 3 artikel (11,54%), sedangkan kajian pedagogi dan infrastruktur AR juga berjumlah 3 artikel

(11,54%). Secara keseluruhan, distribusi tersebut memperlihatkan bahwa penerapan AR paling banyak dikaji pada materi yang memerlukan visualisasi objek, struktur, atau fenomena yang sulit diamati secara langsung. Temuan ini menunjukkan potensi AR sebagai media pembelajaran interaktif untuk mendukung pemahaman konsep IPA, meskipun efektivitasnya tetap perlu ditinjau berdasarkan karakteristik materi, jenjang pendidikan, dan pendekatan pembelajaran yang digunakan.

Tabel 2. Karakteristik Umum 26 Artikel yang Diinklusi

No	Penulis (Tahun)	Fokus Penelitian	Metode	Temuan Utama
1	Tarigan (2025)	Pemanfaatan AR dalam konsep sistem tata surya di SD	Studi Literatur	AR memvisualisasikan rotasi, revolusi, dan posisi planet secara 3D, meningkatkan motivasi dan pemahaman kognitif.
2	Solikhin, dkk. (2022)	Pengaruh media AR terhadap pemahaman konsep bentuk molekul	Kuasi-eksperimen (*Post-test design*)	Terdapat perbedaan signifikan pemahaman konsep bentuk molekul (p = 0,002) antara kelas eksperimen AR dan kontrol 2D.
3	Zhang, dkk. (2024)	Efektivitas AR/VR pada pemahaman konseptual, berpikir spasial, dan keterlibatan	Kuasi-eksperimen	AR/VR secara signifikan meningkatkan skor post-test pemahaman konsep, penalaran spasial, dan *engagement* (N-gain sedang-tinggi).
4	Azuma (2019)	Survei kerangka dasar dan interaktivitas teknologi AR	Studi Literatur / Survei	AR meningkatkan persepsi dan interaksi pengguna dengan lingkungan nyata melalui proyeksi digital 3D *real-time*.
5	Lestari & Hidayat (2021)	Visualisasi interaktif AR dalam pembelajaran sains SD	Kualitatif / Deskriptif	AR meningkatkan keterlibatan dan daya tangkap siswa pada konsep abstrak melalui tampilan visual interaktif.
6	Rahayu & Wibowo (2023)	AR sebagai media konseptual pembelajaran IPA	Deskriptif	Media AR memfasilitasi pembentukan pemahaman konseptual IPA yang utuh dan meningkatkan daya tarik belajar.

7	Yusuf (2020)	Refleksi kritis penggunaan teknologi dalam pembelajaran	Studi Kritis / Literatur	Tanpa bimbingan dan pendekatan pedagogis guru yang tepat, teknologi AR berisiko sekadar menjadi hiburan digital.
8	Anjani & Mardika (2022)	Strategi konstruktivis berbasis AR dalam pembelajaran IPA	Eksperimen / Deskriptif	Integrasi AR dalam pembelajaran konstruktivis mendorong siswa aktif mengonstruksi pengetahuan secara mandiri.
9	Rosa, dkk. (2019)	Kesulitan siswa memahami struktur sistem tata surya	Deskriptif Kualitatif	Siswa SD mengalami kesulitan memahami tata surya akibat keterbatasan representasi pada media konvensional.
10	Widiyanto (2020)	Media visual AR dan pemahaman spasial siswa SD	Eksperimen Deskriptif	AR memfasilitasi pemahaman materi yang memerlukan kemampuan representasi spasial dan visualisasi gerak.
11	Danil & Nadia (2023)	Pengaruh media AR terhadap motivasi dan hasil belajar IPAS	Kuasi-Eksperimen	Penggunaan AR meningkatkan motivasi dan hasil belajar IPAS siswa secara signifikan melalui interaksi 3D.
12	Pradita, dkk. (2024)	AR dan pemahaman konsep sains serta minat belajar	Eksperimen	AR memperdalam pemahaman konsep sains serta menumbuhkan minat ilmiah anak sejak dini.
13	Pradana & Suhartono (2021)	Visualisasi rotasi dan revolusi bumi menggunakan AR	R&D / Eksperimen	Visualisasi 3D AR mempermudah pemahaman fenomena siang-malam dan pergerakan planet secara nyata.
14	Sari & Hidayah (2022)	Konstruksi spasial siswa dengan media AR	Deskriptif Eksperimentatif	AR membantu siswa mengonstruksi penalaran spasial melalui pengalaman belajar yang mendekati realitas.
15	Fadhilah & Wulandari (2023)	Efektivitas kognitif media AR dalam pembelajaran IPA	Kuasi-Eksperimen	84% siswa yang belajar dengan AR menunjukkan peningkatan pemahaman konsep dibanding media konvensional.

16	Handayani (2020)	Efek kognitif media interaktif berbasis teknologi sains	Eksperimen	Media interaktif berbasis AR memberikan efek kognitif positif yang signifikan terhadap daya serap ilmiah.
17	Marlina & Astuti (2023)	Peningkatan motivasi belajar IPA melalui media AR	Kuasi-Eksperimen	Penggunaan AR meningkatkan motivasi belajar siswa sebesar 76% dibandingkan metode konvensional.
18	Arifin & Damar (2021)	Interaktivitas dan fokus siswa dalam penggunaan AR	Deskriptif	Simulasi 3D AR menjaga fokus belajar siswa dan mencegah kebosanan saat mempelajari fenomena IPA.
19	Kartika & Wijaya (2022)	Dampak AR terhadap minat belajar jangka panjang	Studi Longitudinal / Eksperimen	Pemanfaatan AR berkonsekuensi positif pada retensi memori dan minat belajar sains jangka panjang.
20	Lestari & Kurniawan (2020)	Pembelajaran konstruktivis berbasis AR	Eksperimen / Pembelajaran	AR menyediakan ruang eksplorasi dan *problem-solving* yang selaras dengan prinsip pembelajaran konstruktivisme.
21	Simatupang & Dewi (2021)	Keterlibatan siswa dalam simulasi planet berbasis AR	Observasional / Eksperimen	Eksplorasi mandiri model planet 3D meningkatkan keaktifan dan rasa tanggung jawab belajar siswa.
22	Wahyuni & Rahmat (2022)	AR dalam pembelajaran sains berbasis eksplorasi	Pembelajaran Eksploratif	AR memicu daya kritis siswa dalam mengorelasikan teori sains abstrak dengan fenomena alam konkrit.
23	Harun & Syahril (2023)	Tantangan infrastruktur penerapan AR di SD	Studi Lapangan / Deskriptif	Keterbatasan keterjangkauan gawai (*tablet/smartphone*) dan sarana pendukung menjadi hambatan utama implementasi.
24	Nugroho & Pertiwi (2022)	Pelatihan guru dalam pemanfaatan media AR	Kaji Tindak / Pelatihan	Kurangnya pelatihan teknis dan pedagogis guru menjadi kendala utama pengintegrasian AR di kelas.

25	Ramadhan & Triani (2020)	Kesiapan kurikulum menghadapi digitalisasi AR	Analisis Kebijakan / Deskriptif	Kurikulum belum sepenuhnya memfasilitasi integrasi teknologi digital interaktif secara fleksibel.
26	Yusuf & Hakim (2023)	Peran dan kompetensi guru dalam pengelolaan AR	Deskriptif Kualitatif	Integrasi konten sains dan simulasi AR oleh guru berpotensi menciptakan pembelajaran yang bermakna dan terarah.

Konsep Abstrak IPA yang Difasilitasi AR dan Karakteristik Teknologinya

Sintesis lintas studi menunjukkan bahwa AR bekerja paling efektif pada konsep yang menuntut representasi spasial mental yang kuat dan model konseptual berskala mikro maupun makro. Pada Kimia, topik yang difasilitasi meliputi bentuk molekul, hibridisasi orbital, ikatan kimia, dan struktur hidrokarbon (Solikhin, dkk., 2022; Irwansyah, dkk., 2018, 2019; Ningrum, dkk., 2021). Hambatan utama peserta didik pada topik ini adalah sulitnya membayangkan tolakan pasangan elektron (VSEPR) dalam ruang tiga dimensi bila hanya memakai PowerPoint atau gambar 2D. Proyeksi 3D AR menurunkan beban kognitif ekstraneus (*extraneous cognitive load*) karena model molekul dapat diputar dari berbagai sudut, sehingga gaya tolak-menolak antar-elektron menjadi lebih konkret. Pada Fisika dan Astronomi, AR membawa simulasi dinamis berskala makrokosmos ke ruang kelas, dengan topik sistem tata surya, rotasi dan revolusi planet, fenomena siang-malam, dan lintasan orbit (Tarigan, 2025; Pradana & Suhartono, 2021; Rosa, dkk., 2019). Pada Biologi dan IPA Terpadu, AR digunakan untuk topik sel, organ tubuh manusia, dan fenomena ekologi (Lestari & Hidayat, 2021), dan membantu peralihan siswa dari tahap konkret-operasional menuju berpikir abstrak-formal.

Dari sisi teknologi, literatur memetakan dua kategori utama. *Marker-based AR* memerlukan pola cetak (*marker*) khusus yang dikenali kamera gawai untuk menampilkan objek 3D (Solikhin, dkk., 2022; Ardhianto, dkk., 2012), dan efektivitasnya bergantung pada intensitas cahaya serta sudut pemindaian. *Markerless AR* atau *mobile AR* memproyeksikan objek 3D langsung pada permukaan fisik tanpa pola cetak, melalui aplikasi Android/iOS atau *Web-based AR*. Kedua kategori ini menawarkan fitur interaktif yang serupa, yaitu manipulasi objek 3D (rotasi 360 derajat, perbesaran skala, dan pengamatan multi-perspektif), animasi gerak dinamis, serta integrasi audio-visual (Azuma, 2019; Danil & Nadia, 2023). Fitur-fitur ini mendukung kemampuan multi-representasi siswa.

Efektivitas AR terhadap Pemahaman Konsep dan Respons Afektif

Pada ranah kognitif, Solikhin, dkk. (2022) mencatat perbedaan pemahaman konsep bentuk molekul yang signifikan secara statistik (p = 0,002) antara kelas eksperimen AR dan kelas kontrol 2D. Fadhilah dan Wulandari (2023) melaporkan bahwa 84% siswa yang belajar dengan AR menunjukkan peningkatan pemahaman konsep IPA dibanding media konvensional. Zhang, dkk. (2024) menemukan peningkatan skor *post-test* pemahaman konsep, penalaran spasial, dan keterlibatan dengan N-gain sedang-tinggi. Hasil ini didukung oleh Widiyanto (2020) dan Sari dan Hidayah (2022) yang melaporkan bahwa AR membantu representasi dan penalaran spasial siswa.

Pada ranah afektif, Marlina dan Astuti (2023) mencatat peningkatan motivasi belajar siswa sebesar 76% dibandingkan metode konvensional. Simulasi 3D AR juga membantu siswa menjaga fokus belajar (Arifin & Damar, 2021) dan memperkuat retensi memori serta minat belajar sains jangka panjang (Kartika & Wijaya, 2022).

Hambatan Implementasi AR

Di balik dampak positif tersebut, literatur melaporkan tiga kelompok hambatan. Hambatan teknis dan infrastruktur berupa keterbatasan gawai (*smartphone/tablet*), ketimpangan fasilitas antar-sekolah (Harun & Syahril, 2023), dan sensitivitas pemindaian *marker* terhadap pencahayaan (Solikhin, dkk., 2022). Hambatan pedagogis berupa kurangnya pelatihan teknis dan pedagogis bagi guru untuk memadukan AR ke dalam Rencana Pelaksanaan Pembelajaran atau Modul Ajar (Nugroho & Pertiwi, 2022; Hidayat & Kusuma, 2021). Hambatan ketiga berkaitan dengan arah penggunaan dan kebijakan, yaitu risiko distraksi digital bila media dimainkan tanpa arah (Yusuf, 2020) serta kurikulum nasional yang belum cukup fleksibel (Ramadhan & Triani, 2020).

Strategi Pembelajaran dan Rekomendasi Integrasi Pedagogis

Guna menjawab hambatan tersebut, literatur menyarankan agar AR dipadukan dengan pembelajaran aktif berbasis konstruktivisme, misalnya *Discovery Learning* (Solikhin, dkk., 2022), *Problem-Based Learning* (PBL), dan *Inquiry-Based Learning* (Anjani & Mardika, 2022; Lestari & Kurniawan, 2020). Guru berperan sebagai fasilitator, yaitu mengarahkan diskusi kognitif, menyusun Lembar Kerja Siswa (LKS) berpandu, dan memfasilitasi refleksi ilmiah, sehingga siswa tidak bereksplorasi tanpa tujuan (Yusuf & Hakim, 2023; Laksana &

Febrianti, 2024).

Pembahasan

Gambaran umum literatur memperlihatkan bahwa penelitian AR dalam pembelajaran IPA terpusat pada jenjang SD dan pada topik astronomi, fisika, serta IPA terpadu. Pemusatan pada SD sejalan dengan karakter siswa pada tahap konkret-operasional yang membutuhkan konkretisasi visual untuk memahami konsep sains. Sebaliknya, Kimia yang menjadi contoh utama kesulitan penalaran spasial pada Pendahuluan hanya diwakili tiga artikel utama. Hal ini menunjukkan bahwa bukti empiris untuk topik berpenalaran ruang tinggi di jenjang menengah masih relatif terbatas. Dominasi kuasi-eksperimen juga menunjukkan bahwa sebagian besar studi berupaya menguji efektivitas AR terhadap skor kognitif, sedangkan kajian tentang kesiapan guru dan kurikulum lebih banyak berupa studi kualitatif atau analisis kebijakan.

Mekanisme yang membuat AR efektif terlihat konsisten dari ketiga sub-disiplin. Pada Kimia, rotasi model molekul 3D mengurangi beban kognitif ekstraneus karena siswa tidak perlu membayangkan sendiri bentuk ruang dari gambar datar. Pada astronomi dan fisika, simulasi dinamis menghadirkan pergerakan yang tidak mungkin diamati langsung di kelas. Pada biologi, objek mikroskopis dan organ tubuh menjadi dapat diamati dari berbagai arah. Dalam ketiga kasus, AR berfungsi sebagai *scaffolding* visual yang menjembatani representasi konkret dan konsep abstrak. Mekanisme ini menjelaskan mengapa peningkatan pemahaman konsep, penalaran spasial, motivasi, dan retensi muncul bersamaan pada artikel-artikel yang dikaji.

Meskipun demikian, efektivitas tersebut tidak otomatis. Hambatan infrastruktur, pelatihan guru, dan kurikulum menunjukkan bahwa manfaat AR bergantung pada kesiapan lingkungan belajar, dan temuan Yusuf (2020) memperingatkan bahwa tanpa bimbingan pedagogis AR berisiko menjadi sekadar hiburan digital. Karena itu, strategi konstruktivis dan peran guru sebagai fasilitator bukan pelengkap, melainkan syarat agar visualisasi 3D berujung pada pemahaman ilmiah. Dengan kata lain, hambatan dan strategi saling berpasangan: keterbatasan gawai menuntut perencanaan sarana, kurangnya pelatihan menuntut penguatan kompetensi pedagogis digital, dan risiko distraksi menuntut LKS berpandu serta refleksi.

SIMPULAN

Berdasarkan sintesis terhadap 26 artikel terpilih periode 2019–2025, penelitian AR dalam pembelajaran IPA terpusat pada jenjang sekolah dasar dan pada materi astronomi, fisika, serta IPA terpadu, dengan kuasi-eksperimen sebagai pendekatan yang paling banyak digunakan. AR terbukti memfasilitasi pemahaman konsep abstrak, mulai dari bentuk molekul, sistem tata surya, hingga struktur sel dan organ tubuh, karena objek tiga dimensi dapat diputar, diperbesar, dan diamati dari berbagai sudut, baik melalui *marker-based* maupun *markerless* AR. Visualisasi tersebut berdampak positif pada pemahaman konseptual dan penalaran spasial, serta pada motivasi, fokus, dan retensi belajar. Meski demikian, efektivitas AR tidak berjalan otomatis. Keterbatasan gawai dan ketimpangan fasilitas antarsekolah, minimnya pelatihan teknis dan pedagogis guru, kurikulum yang belum fleksibel, serta risiko AR menjadi sekadar hiburan digital tanpa bimbingan pedagogis masih menjadi hambatan utama.

Berdasarkan temuan tersebut, guru disarankan memadukan AR dengan pembelajaran konstruktivis seperti *discovery learning*, *problem-based learning*, dan *inquiry-based learning*, serta berperan sebagai fasilitator yang menyusun lembar kerja berpandu dan memfasilitasi refleksi ilmiah agar eksplorasi siswa tetap terarah. Sekolah dan pemangku kebijakan perlu menyediakan sarana pendukung yang merata, menyelenggarakan pelatihan kompetensi pedagogis digital bagi guru, dan menyusun kurikulum yang lebih adaptif terhadap teknologi interaktif. Peneliti selanjutnya disarankan memperluas kajian pada topik berpenalaran ruang tinggi di jenjang menengah, terutama kimia yang baru diwakili tiga artikel, serta menguji efektivitas AR melalui desain longitudinal dan perbandingan antarjenis teknologi AR agar bukti empirisnya lebih kuat dan dapat digeneralisasi.

DAFTAR PUSTAKA

Aditya, A., & Setyaningsih, D. (2023). Kolaborasi dalam pembelajaran sains berbasis AR di sekolah dasar. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 11(2), 145–157.

Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review, 20*, 1–11.

Ananda, R., & Putri, D. A. (2021). Transformasi pembelajaran IPA melalui teknologi AR. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 5(1), 33–40.

Anjani, M., & Mardika, A. (2022). Strategi konstruktivis berbasis AR dalam pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan Inovatif*, 6(2), 92–100.

Ardhianto, E., Hadikurniawati, W., & Winarno, E. (2012). Augmented Reality Objek 3 Dimensi dengan Perangkat Artoolkit dan Blender. *Dinamika Teknologi Informasi*, 17(2), 107–117.

Arifin, F., & Damar, M. (2021). Interaktivitas siswa dalam penggunaan media AR. *Jurnal Media Pembelajaran*, 3(4), 55–62.

Azuma, R. (2019). *A survey of augmented reality*. MIT Press.

Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Educational Technology & Society, 17*(4), 133–149.

Chang, H.-Y., Binali, T., Liang, J.-C., Chiou, G.-L., Cheng, K.-H., Lee, S. W.-Y., & Tsai, C.-C. (2022). Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact. *Computers & Education, 191*, 104641.

Cheng, K.-H., & Tsai, C.-C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research. *Journal of Science Education and Technology, 22*(4), 449–462.

Creswell, J. W. (2020). *Research design: Pendekatan metode kualitatif, kuantitatif, dan campuran*. Pustaka Pelajar.

Danil, R., & Nadia, L. (2023). Pengaruh media AR terhadap hasil belajar siswa sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Sains*, 8(1), 15–26.

Dewi, A., & Ramli, M. (2020). Keterampilan abad ke-21 melalui pembelajaran AR. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 9(2), 89–98.

Fadhilah, N., & Wulandari, S. (2023). Analisis efektivitas media AR dalam pembelajaran IPA. *Jurnal Ilmu Pendidikan Dasar*, 7(3), 73–81.

Garzón, J., & Acevedo, J. (2019). Meta-analysis of the impact of augmented reality on students' learning gains. *Educational Research Review, 27*, 244–260.

Gilbert, J. K. (Ed.). (2005). *Visualization in science education*. Springer.

Gillespie, R. J. (2004). Teaching molecular geometry with the VSEPR model. *Journal of Chemical Education, 81*(3), 298–304.

Handayani, L. (2020). Efek media interaktif berbasis teknologi dalam pembelajaran sains. *Jurnal Teknologi dan Pendidikan*, 4(2), 99–107.

Harun, M., & Syahril, M. (2023). Tantangan infrastruktur dalam penerapan AR di sekolah dasar. *Jurnal Manajemen Pendidikan*, 10(1), 22–31.

Hidayat, A., & Kusuma, H. (2021). Kompetensi guru dalam mengelola pembelajaran berbasis AR. *Jurnal Pendidikan Guru*, 6(4), 112–120.

Ibáñez, M.-B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education, 123*, 109–123.

Irwansyah, F. S., Asyiah, E. N., & Farida, I. (2019). Augmented Reality-based Media on Molecular Hybridization Concepts Learning. *Tadris: Jurnal Keguruan dan Ilmu Tarbiyah*, 4(2), 227–236. https://doi.org/10.24042/tadris.v4i2.5239

Irwansyah, F. S., Yusuf, Y. M., Farida, I., & Ramdhani, M. A. (2018). Augmented Reality (AR) Technology on the Android Operating System in Chemistry Learning. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 288(1), 012068. https://doi.org/10.1088/1757-899X/288/1/012068

Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning, 7*(2), 75–83.

Kartika, I., & Wijaya, R. (2022). Dampak AR terhadap minat belajar jangka panjang siswa. *Jurnal Pendidikan dan Inovasi*, 8(1), 61–70.

Laksana, R., & Febrianti, N. (2024). Peran guru dalam interaksi belajar dengan AR. *Jurnal Pendidikan Kontemporer*, 12(1), 88–97.

Lestari, D., & Hidayat, T. (2021). Visualisasi interaktif AR dalam pembelajaran sains. *Jurnal Ilmu Pendidikan Dasar*, 6(2), 44–51.

Lestari, R., & Kurniawan, Y. (2020). Pembelajaran konstruktivis berbasis augmented reality. *Jurnal Pendidikan Interaktif*, 5(3), 101–110.

Marlina, N., & Astuti, D. (2023). Motivasi belajar melalui media AR dalam IPA. *Jurnal Sains dan Edukasi*, 9(2), 80–88.

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.

Ningrum, V. V. F., Sumarni, W., & Cahyono, E. (2021). Development of Augmented Reality-Based Learning Media on Concept of Hydrocarbon to Improve Multi-representation Ability. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(SpecialIssue), 256–265. https://doi.org/10.29303/jppipa.v7ispecialissue.1038

Nugroho, A., & Pertiwi, F. (2022). Pelatihan guru dalam pemanfaatan AR. *Jurnal Pengembangan Profesi Guru*, 4(2), 59–68.

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., dkk. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ, 372*, n71.

Parisu, C. Z. L., Saputra, E. E., & Lasisi, L. (2025). Integrasi Literasi Sains dan Pendidikan Karakter dalam Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar. *Journal of Human and Education (JAHE)*, 5(1), 864–872.

Piaget, J. (1972). Intellectual evolution from adolescence to adulthood. *Human Development, 15*(1), 1–12.

Pradana, R., & Suhartono, B. (2021). Visualisasi rotasi dan revolusi bumi menggunakan AR. *Jurnal Inovasi IPA*, 7(1), 40–49.

Pradita, L., Santoso, A., & Mulyani, S. (2024). Augmented Reality dan pemahaman konsep sains. *Jurnal EduTech*, 10(1), 55–64.

Raharjo, H., & Winata, Y. (2023). Integrasi teknologi AR dalam kurikulum nasional. *Jurnal Kebijakan Pendidikan*, 13(2), 23–32.

Rahayu, S., & Wibowo, T. (2023). AR sebagai media konseptual dalam pembelajaran IPA. *Jurnal Media Pembelajaran*, 8(1), 35–42.

Ramadhan, M., & Triani, F. (2020). Kesiapan kurikulum dalam menghadapi digitalisasi pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Nasional*, 5(3), 78–85.

Rosa, D., Susanto, A., & Prasetyo, H. (2019). Kesulitan siswa dalam memahami sistem tata surya. *Jurnal Sains Dasar*, 2(2), 11–19.

Sahin, D., & Yilmaz, R. M. (2020). The effect of augmented reality technology on middle school students' achievements and attitudes towards science education. *Computers & Education, 144*, 103710.

Sari, A., & Hidayah, R. (2022). Konstruksi spasial siswa dengan media AR. *Jurnal Pendidikan IPA SD*, 6(3), 90–98.

Simatupang, D., & Dewi, L. (2021). Keterlibatan siswa dalam simulasi planet berbasis AR. *Jurnal Pendidikan Inovatif*, 5(4), 73–81.

Solikhin, F., Handayani, D., & Rohiat, S. (2022). The effect of using Augmented Reality-based learning media on chemistry students' conceptual understanding on molecular shape. *Acta Chimica Asiana*, 5(2), 237–241. https://doi.org/10.29303/aca.v5i2.128

Sulaiman, A., & Rini, Y. (2022). Literasi digital siswa dalam pembelajaran AR. *Jurnal Teknologi Pembelajaran*, 7(1), 22–30.

Sutrisno, D., & Fitria, E. (2024). Kepercayaan diri siswa melalui pembelajaran partisipatif AR. *Jurnal Psikologi Pendidikan*, 9(2), 66–74.

Tarigan, R. B. (2025). Pemanfaatan Augmented Reality (AR) dalam pembelajaran IPA untuk menumbuhkan pemahaman konsep sistem tata surya di sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 1(1), 1–12.

Wahyuni, L., & Rahmat, N. (2022). AR dalam pembelajaran sains berbasis eksplorasi. *Jurnal Edukasi Abad 21*, 8(2), 54–63.

Widiyanto, H. (2020). Media visual dan pemahaman spasial siswa SD. *Jurnal Inovasi Pendidikan Dasar*, 6(1), 27–36.

Wu, H.-K., & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education, 88*(3), 465–492.

Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y., & Liang, J.-C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education, 62*, 41–49.

Yusuf, M. (2020). Refleksi kritis terhadap penggunaan teknologi dalam pembelajaran. *Jurnal Refleksi Pendidikan*, 4(2), 70–78.

Yusuf, M., & Hakim, S. (2023). Peran guru dalam pemanfaatan AR untuk capaian pembelajaran. *Jurnal Profesi Guru*, 3(1), 50–58.

Zed, M. (2021). *Metode penelitian kepustakaan*. Yayasan Obor Indonesia.

Zhang, X., Tene, Y., & Sakr, M. (2024). Effectiveness of immersive technologies in enhancing conceptual understanding, spatial thinking, and learning engagement in science education. *Journal of Educational Technology*, 1(4), 29–36.