

WIDYA BIOLOGI

**MENINGKATKAN PENDIDIKAN BIOLOGI DENGAN
AUGMENTED DAN VIRTUAL REALITY DI INDONESIA:
TINJAUAN PUSTAKA SISTEMATIS**

**IMPROVING BIOLOGY EDUCATION WITH AUGMENTED AND
VIRTUAL REALITY IN INDONESIA: A SYSTEMATIC
LITERATURE REVIEW**

Riyan Riyadlun Najih*, Chory Adenia Anasti, Marisha Nurlia Silvana Putri, Nur Qothima Ismi, Siti Khoirul Fatimah, Zulfa Azzahra, Nurlita Ayu Sugiati, Hairun Nisa, Risty Wulan Nita Ramadani, Anida Aliva Putri

Universitas Islam Negeri Sultan Aji Muhammad Idris Samarinda, Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan, Tadris Biologi, Samarinda, Indonesia

*Email : r.najih@uinsi.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR) dalam dunia pendidikan, terutama pada bidang biologi dan ilmu hayati, semakin menarik perhatian. Selama sepuluh tahun terakhir, terdapat 34 artikel terindeks Scopus yang dipublikasikan pada rentang 2015–2025 yang menjadi sumber telaah memengaruhi pemahaman konsep, serta literasi ilmiah. Penelitian ini menemukan bahwa penggunaan AR/VR memberikan kontribusi besar pada pembelajaran biologi, terutama melalui penyediaan pengalaman belajar yang lebih imersif dan interaktif. Pengalaman tersebut membantu siswa memahami konsep biologi yang rumit serta mendorong berkembangnya keterampilan berpikir tingkat tinggi. Teknologi AR banyak dimanfaatkan untuk menampilkan visualisasi struktur maupun proses biologis, sedangkan VR memberi kesempatan bagi siswa untuk menjelajahi anatomi manusia serta berbagai ekosistem dalam bentuk virtual. Meskipun demikian, hasil telaah ini juga menegaskan kebutuhan akan penelitian jangka panjang dan kajian lebih komprehensif mengenai cara mengintegrasikan teknologi tersebut dengan metode pengajaran lainnya. Penelitian ini memperkaya literatur yang sudah ada dengan menyajikan rangkuman menyeluruh mengenai penggunaan AR/VR dalam pembelajaran biologi di Indonesia. Selain itu, kajian ini menemukan beberapa celah penting dalam penelitian sebelumnya, terutama terkait evaluasi dampak jangka panjang serta berbagai kendala praktis yang muncul saat menerapkan AR/VR di ruang kelas. Hasil yang diperoleh memberikan arahan berharga bagi pengembangan desain pembelajaran biologi berbasis teknologi pada masa yang akan datang.

Kata Kunci: Augmented Reality, Virtual Reality, Pendidikan Biologi, Keterlibatan Siswa, Hasil Belajar, Pembelajaran Interaktif.

WIDYA BIOLOGI

ABSTRACT

Augmented Reality and Virtual Reality are increasingly used in biology and life sciences education. In the past decade, 34 Scopus-indexed studies (2015–2025) have examined their effects on conceptual understanding and scientific literacy. This study demonstrates that AR/VR meaningfully enhances biology learning by making lessons more immersive and interactive, thereby improving students' understanding of complex biological concepts and supporting higher-order thinking. AR helps visualize biological structures and processes, while VR enables exploration of human anatomy and virtual ecosystems. Despite these benefits, further long-term and comprehensive research is needed to better integrate AR/VR with other teaching methods. The study provides an overview of AR/VR use in Indonesian biology education, highlighting key research gaps, including the need for more evidence on long-term effects and practical classroom challenges. Together, these findings offer guidance for designing future technology-based biology instruction.

Keywords: Augmented Reality, Virtual Reality, Biology Education, Student Engagement, Learning Outcomes, Interactive Learning.

PENDAHULUAN

Komponen utama pembelajaran biologi berbasis virtual telah dipraktekkan secara luas sebagai sebuah pembelajaran bagi peserta didik untuk menguji hipotesis, menyelidiki fenomena, dan mengembangkan keterampilan yang dapat memudahkan pengajaran.

Praktikum biologi secara langsung telah lama dipandang sebagai bagian penting dalam pembelajaran biologi karena memberi kesempatan kepada siswa untuk mengamati fenomena secara nyata, menguji dugaan, serta melatih kemampuan inkuiiri yang sulit dicapai melalui metode ceramah saja. Meskipun demikian, pelaksanaan praktikum tradisional sering terbentur berbagai kendala, seperti biaya yang tinggi, risiko keamanan, keterbatasan waktu, hingga akses yang tidak merata terutama pada kelas

berjumlah besar atau di daerah terpencil dengan fasilitas terbatas. Beragam hambatan ini semakin terasa saat pembelajaran dilakukan secara daring, sehingga mendorong perlunya alternatif praktikum berbasis teknologi yang mampu mendukung proses eksperimen tanpa sepenuhnya mengandalkan laboratorium fisik. Beberapa penelitian di Indonesia juga memperlihatkan bahwa lingkungan praktikum digital yang dirancang secara matang dapat meningkatkan keterlibatan siswa serta memperkuat kualitas pembelajaran sains, misalnya dengan memperluas partisipasi dalam praktikum jarak jauh (Widiasih et al., 2025).

Di antara berbagai teknologi pendidikan yang berkembang, *Augmented Reality* (AR) dan *Virtual Reality* (VR) menjadi dua perangkat yang paling menonjol.

WIDYA BIOLOGI

Kemampuannya dalam membantu pelajar memvisualisasikan konsep yang abstrak, menambahkan informasi langsung pada objek nyata, serta mensimulasikan lingkungan pembelajaran menjadikan keduanya semakin relevan dalam konteks pendidikan modern. Pemahaman konsep terbukti lebih meningkat ketika AR digunakan untuk menghadirkan model tiga dimensi perangkat sensor maupun aktuator, dibandingkan dengan pendekatan pembelajaran tradisional (Syskowski et al., 2024)

Pada jenjang pendidikan anak usia dini hingga sekolah dasar, berbagai tinjauan juga menunjukkan bahwa penggunaan AR dapat mendorong kegiatan belajar yang interaktif, menyenangkan, dan terpusat pada peserta didik (Nirmala et al., 2024) Dengan temuan-temuan tersebut, AR dan VR semakin dipandang sebagai teknologi yang berpotensi besar dalam mentransformasi pembelajaran sains, terutama ketika akses terhadap laboratorium fisik terbatas atau ketika proses belajar harus dilaksanakan secara daring.

Meskipun perkembangan teknologi AR/VR cukup pesat, kontribusi spesifik pembelajaran virtual terhadap pendidikan biologi dan ilmu hayati masih belum sepenuhnya dipahami. Banyak pengembangan aplikasi justru muncul pada

bidang yang lebih sempit atau berada di luar ranah biologi (Salam et al., 2024), maupun rekayasa digital (M et al., 2019) dan hanya sesekali dipertimbangkan dalam kerangka pembelajaran virtual secara menyeluruh. Dalam konteks pendidikan biologi sendiri, sebagian besar penelitian cenderung menyoroti aspek pembelajaran tertentu. Misalnya, ada studi yang berfokus pada peningkatan kemampuan berpikir kritis melalui komik berbasis AR yang membahas isu-isu biologi (Damopolii et al., 2022) atau meningkatkan literasi sains dengan memanfaatkan multimedia AR selama masa pandemi COVID-19. (Ahied et al., 2020) Namun, temuan-temuan tersebut belum membentuk gambaran yang lengkap mengenai bagaimana pembelajaran virtual dapat mempengaruhi beragam hasil belajar biologi. Variasi juga tampak pada tingkat kesiapan dan penerimaan guru, beberapa guru sains menunjukkan sikap optimis namun tetap berhati-hati terhadap penggunaan AR *marker-based* untuk materi pemanasan global (Sulisworo et al., 2021), sementara penerapan AR dalam pembelajaran berbasis konferensi video di pendidikan tinggi masih memperlihatkan respons yang tidak merata (Sunardi et al., 2022). Situasi ini membuat pendidik dan pembuat kebijakan belum memiliki landasan bukti yang terpadu mengenai kondisi dan

WIDYA BIOLOGI

cara penggunaan pembelajaran virtual berbasis AR/VR yang paling efektif dalam pembelajaran biologi.

Selain studi desain, beberapa tinjauan telah berupaya untuk mengkarakterisasi tren AR dan VR yang lebih luas dalam pendidikan. Tinjauan sistematis telah memetakan penggunaan AR dalam pendidikan STEAM dengan menekankan pada praktik kolaboratif di sekolah dasar (Rahman et al., 2025) sementara sintesis lainnya telah menelaah penerapan AR dalam pendidikan matematika dan lingkungan anak usia dini (Nirmala et al., 2024). Dalam pendidikan biologi, analisis konten dan bibliometrik telah mulai menggambarkan tren penelitian dan topik dominan dalam pembelajaran biologi yang didukung AR (Wilsa et al., 2025), dan karya teoretis telah menyoroti literasi budaya sebagai dimensi kunci pendidikan biologi yang substansial (Nurlia et al., 2025). Sementara itu, studi VR di Indonesia seringkali berfokus pada efektivitas umum dan pembelajaran budaya, bukannya pada pembelajaran biologi berbasis laboratorium (None et al., 2023); (Iasha et al., 2023). Secara keseluruhan, tinjauan ini memberikan gambaran umum yang tidak ternilai tentang penggunaan teknologi, walaupun jarang mengkaji efektivitas pembelajaran virtual berbasis

AR/VR dalam meningkatkan hasil pembelajaran biologi tertentu.

Oleh karena itu, masih terdapat celah besar dalam literatur terkait penilaian yang komprehensif dan kritis terhadap penggunaan pembelajaran virtual berbasis AR dan VR dalam pendidikan biologi serta ilmu hayati di Indonesia. Tinjauan yang sudah ada cenderung memposisikan AR sebagai teknologi pendidikan umum lintas disiplin, sehingga belum menjawab kebutuhan akan pemahaman lebih mendalam mengenai strategi pedagogis yang efektif, faktor kontekstual, serta kekuatan dan kelemahan metodologis penelitian terbaru.

Sebagai respons terhadap kebutuhan tersebut, penelitian ini mengkaji (i) Trend penelitian pembelajaran virtual berbasis AR/VR dan bidang apa saja yang telah diimplementasikan dalam pendidikan biologi; dan (ii) kesenjangan dan keterbatasan dalam literatur pembelajaran virtual berbasis AR/VR. Dengan mengartikulasikan tujuan-tujuan ini, studi ini menawarkan kontribusi spesifik konteks terhadap literatur internasional tentang pembelajaran virtual.

WIDYA BIOLOGI

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan utama dalam penelitian ini adalah artikel-artikel ilmiah yang diperoleh dari basis data Scopus. Pencarian awal menemukan sebanyak 8.670 dokumen yang terindeks di Scopus. Semua data tersebut kemudian diekspor ke dalam bentuk spreadsheet yang berisi informasi bibliografi, seperti nama penulis, tahun terbit, judul artikel, nama jurnal, abstrak, DOI, serta data afiliasi. Selanjutnya, data disaring dengan cara mencocokkan judul artikel dengan tujuan penelitian.

Metode

Studi ini menggunakan pendekatan tinjauan literatur sistematis untuk mengumpulkan dan menganalisis bukti empiris mengenai efektivitas pembelajaran virtual yang memanfaatkan teknologi *augmented reality* (AR) dan *virtual reality* (VR) dalam pendidikan biologi. Protokol tinjauan disusun berdasarkan pedoman terbaru untuk *systematic review* di bidang pendidikan dan ilmu sosial, serta merujuk pada prinsip pelaporan transparan PRISMA 2020. Proses tinjauan meliputi penetapan fokus penelitian, penyusunan strategi pencarian, penerapan kriteria inklusi dan eksklusi, penyaringan bertahap, ekstraksi serta pengodean data, penilaian kualitas studi, hingga menghasilkan sintesis naratif

yang merangkum temuan utama dari seluruh studi yang diidentifikasi.

Tinjauan Desain dan Fokus Penelitian.

Tinjauan ini disusun untuk menjawab pertanyaan utama: sejauh mana laboratorium virtual yang dilengkapi AR dan VR mampu mendukung hasil belajar biologi dalam konteks pendidikan Indonesia selama sepuluh tahun terakhir? Untuk kebutuhan tinjauan ini, laboratorium virtual dimaknai sebagai lingkungan digital interaktif yang mensimulasikan atau memperluas pengalaman laboratorium nyata, sehingga siswa bisa memanipulasi variabel biologis, mengamati proses, dan melakukan eksperimen dalam ruang yang dimediasi komputer. Fokus pada pendidikan biologi mencakup lingkungan sekolah maupun perguruan tinggi, dan merangkum berbagai subdisiplin seperti genetika, biologi sel, ekologi, fisiologi, serta topik ilmu kehidupan lainnya.

Hanya penelitian yang memanfaatkan AR atau VR sebagai bagian utama dari laboratorium virtual untuk pembelajaran biologi yang dianggap sesuai. Makalah yang bersifat konseptual atau pengembangan teknologi tanpa evaluasi dampak pendidikan tidak termasuk dalam basis bukti utama. Karena itu, tinjauan ini menekankan studi empiris yang menyampaikan hasil terukur seperti pemahaman konseptual, penguasaan

WIDYA BIOLOGI

konsep biologis yang rumit, keterampilan laboratorium, keterlibatan siswa, atau indikator lain yang berkaitan dengan efektivitas pembelajaran.

Strategi pencarian dan sumber data

Scopus digunakan sebagai basis data utama karena memiliki cakupan luas terhadap jurnal internasional di bidang pendidikan, pendidikan sains, dan ilmu hayati, serta menyediakan fitur penyaringan yang komprehensif. Untuk menelusuri keterkaitan antara AR, dan VR dapat dilihat pada Gambar 1.

Strategi pencarian dilakukan pada database Scopus dengan kata kunci: (AR OR "augmented reality") AND (VR OR "virtual reality") AND (education OR "science education" OR pedagogy) AND (biology OR "life sciences"). Filter diterapkan untuk tahun publikasi 2015–2025, tipe dokumen artikel, bahasa Inggris, afiliasi negara Indonesia, dan akses terbuka (*Open Access*).

Proses seleksi dilakukan melalui langkah-langkah identifikasi, penyaringan, evaluasi kelayakan, dan inklusi. Artikel dimasukkan apabila jelas berada dalam konteks pendidikan biologi dan secara spesifik membahas penggunaan laboratorium virtual, teknologi AR, atau VR. Artikel dikecualikan jika tidak berfokus pada pendidikan biologi, tidak memiliki

data empiris, atau berupa makalah konferensi/buku. Setelah seleksi menyeluruh, sebanyak 34 publikasi dinilai memenuhi semua persyaratan dan menjadi kumpulan data definitif untuk analisis.

Ekstraksi data dilakukan menggunakan formulir terstruktur yang mencatat tahun publikasi, topik biologi, jenis teknologi, dan temuan empiris. Penilaian kualitas studi dilakukan untuk menilai ketelitian metodologi. Analisis data menggunakan sintesis naratif dan statistik deskriptif untuk menggambarkan tren temporal dan tematis.

Kriteria inklusi dan eksklusi

Untuk memastikan bahwa studi-studi yang terpilih benar-benar menjawab pertanyaan penelitian, kriteria inklusi dan eksklusi ditetapkan sejak awal dan digunakan secara konsisten selama proses seleksi. Sebuah artikel dimasukkan apabila jelas berada dalam konteks pendidikan biologi dan secara spesifik membahas penggunaan laboratorium virtual, teknologi AR, atau VR dalam meningkatkan proses mengajar dan belajar biologi. Selain itu, artikel yang dipilih harus menyajikan bukti empiris atau analisis sistematis mengenai efektivitas teknologi tersebut dalam meningkatkan hasil belajar, keterlibatan siswa, atau pemahaman terhadap konsep biologi yang kompleks. Artikel juga perlu

WIDYA BIOLOGI

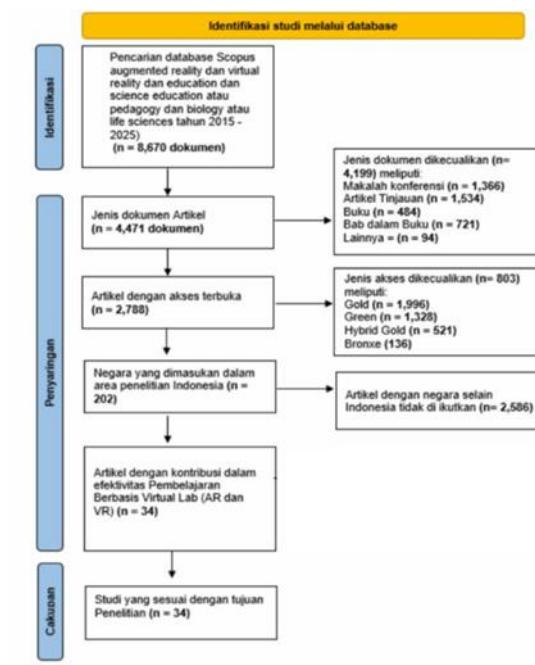
menguraikan aspek teknis dari sistem AR atau VR yang digunakan serta menjelaskan bagaimana perangkat atau platform tersebut diintegrasikan ke dalam lingkungan pembelajaran biologi.

Artikel dikecualikan ketika mereka tidak secara spesifik berfokus pada pendidikan biologi atau tidak secara bermakna memasukkan konsep biologi dalam intervensi atau analisis. Sebagai contoh, studi yang hanya berpusat pada pendidikan teknik, pembelajaran yang disempurnakan teknologi generik tanpa komponen biologis, atau disiplin ilmu lain yang tidak terkait dengan ilmu hayati telah dihapus.

Seleksi dan Pemilihan Studi

Proses seleksi dilakukan melalui langkah-langkah identifikasi, penyaringan, evaluasi kelayakan, dan inklusi. Setelah menghilangkan data yang sama, judul dan ringkasan dari semua catatan yang diambil dari Scopus disaring untuk menilai sejauh mana relevansinya dengan laboratorium virtual berbasis AR/VR dan pendidikan. Pada tahap ini, dokumen yang tidak memenuhi kriteria inklusi dasar terkait dengan domain, teknologi, atau jenis dokumen telah dihapus. Penggunaan filter jenis artikel mengurangi jumlah dari 8. 670 dokumen menjadi 4. 471 artikel penelitian; dokumen yang tergolong sebagai makalah

konferensi, ulasan, buku, bab buku, dan format lainnya tidak termasuk. Penyaringan tahap kedua menerapkan filter akses terbuka dan negara, menyaring 2. 788 artikel yang dapat diakses, di mana 202 di antaranya jelas terhubung dengan institusi Indonesia. Abstrak dan teks lengkap dari 202 artikel ini kemudian dianalisis secara mendetail terhadap kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditentukan. Studi yang membahas *Augmented Reality*(AR) atau *Virtual Reality* (VR) di luar konteks biologi, tidak menggunakan laboratorium virtual, atau tidak memberikan bukti hasil pembelajaran secara sistematis dihapus.



Gambar 1. Diagram alur PRISMA untuk identifikasi, penyaringan, kelayakan, dan inklusi studi pembelajaran virtual berbasis AR/VR dalam pendidikan biologi

WIDYA BIOLOGI

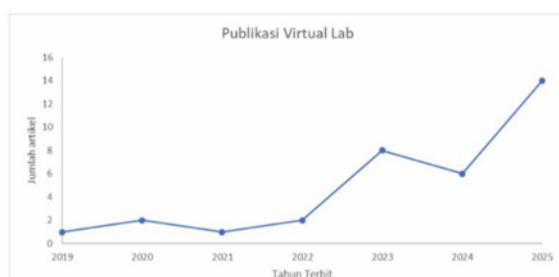


Figure 2 Publikasi Laboratorium Virtual dari tahun 2019 hingga 2025.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini memaparkan rangkuman temuan dari tinjauan sistematis mengenai pemanfaatan Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR) dalam pembelajaran biologi di Indonesia. Fokus utamanya mencakup perkembangan publikasi terkait laboratorium virtual, variasi topik penelitian, serta jurnal-jurnal yang menjadi wadah publikasi studi tersebut. Temuan yang dihasilkan berasal dari analisis menyeluruh terhadap 34 artikel terbitan tahun 2015–2025 yang diperoleh melalui prosedur pencarian sistematis sebagaimana dijelaskan pada bagian metodologi. Setiap artikel kemudian dikelompokkan berdasarkan topik biologi yang dibahas, jenis teknologi AR/VR yang digunakan, serta bagaimana intervensi tersebut memengaruhi capaian belajar siswa

Tren dan Pertumbuhan Publikasi

Penerbitan penelitian mengenai pemanfaatan AR/VR dalam dunia pendidikan terus memperlihatkan kenaikan yang mencolok dalam beberapa tahun

terakhir. Kenaikan ini menandakan bahwa teknologi tersebut semakin dipandang sebagai sarana yang efektif untuk memperkaya pengalaman belajar. Berdasarkan Gambar 2, terlihat bahwa publikasi mengenai laboratorium virtual berbasis AR/VR melonjak drastis sejak 2019 hingga 2025, dengan lonjakan paling besar terjadi pada tahun 2024 dan 2025. Perkembangan ini sejalan dengan semakin meluasnya penggunaan teknologi AR/VR di sektor pendidikan serta perubahan global menuju pembelajaran yang lebih imersif dan interaktif, terutama sejak pandemi COVID-19 yang mempercepat kebutuhan akan media pembelajaran virtual (Pahmi et al., 2023); (Nirmala et al., 2024)

Pada tahun 2025, jumlah publikasi paling tinggi yaitu lebih dari 14 studi mengenai laboratorium virtual—angka yang jauh melampaui jumlah penelitian pada 2019 yang hanya beberapa saja. Peningkatan tersebut menggambarkan kemajuan pesat dalam teknologi AR dan VR dan menunjukkan bahwa integrasinya ke dalam pembelajaran di Indonesia semakin menguat. Dari hasil peninjauan, terlihat bahwa AR dan VR kini dianggap sebagai elemen penting dalam pendidikan biologi modern, terutama dalam situasi ketika laboratorium konvensional tidak dapat digunakan karena keterbatasan

WIDYA BIOLOGI

fasilitas maupun hambatan yang muncul selama pandemi.

Publikasi Jurnal dan Area Fokus

Penelitian yang ditelaah dalam ulasan ini berasal dari beragam jurnal, baik internasional maupun nasional. Berdasarkan Gambar 2, Jurnal Pendidikan IPA Indonesia (JPII) menjadi penerbit yang paling banyak memuat kajian mengenai AR/VR dan laboratorium virtual untuk pembelajaran biologi, dengan total empat artikel. Tepat di atasnya, Jurnal Internasional Teknologi Seluler Interaktif (iJIM) mencatat lima publikasi. Selain itu, beberapa jurnal bereputasi seperti International Journal of Learning, Teaching and Educational Research serta Turkish Journal of Education Science juga menerbitkan studi terkait pemanfaatan AR/VR dalam pendidikan biologi. Jurnal-jurnal tersebut dikenal luas karena fokusnya pada inovasi pembelajaran sains dan teknologi pendidikan, sehingga sangat relevan untuk mempublikasikan riset yang berkaitan dengan implementasi AR/VR dalam mengajar biologi.

Dari sisi cakupan topik, ragam bidang dalam pendidikan biologi tercakup dalam penelitian yang dianalisis, mulai dari anatomi manusia, ekologi, evolusi, hingga biologi sel sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3. Setengah dari total studi (50%)

menitikberatkan pada materi anatomi dan sistem tubuh manusia, sementara sekitar 8% menyoroti tema ekologi dan lingkungan. Sisanya membahas subbidang lain seperti biokimia, genetika, serta ilmu lingkungan. Pola distribusi ini menunjukkan bahwa aplikasi AR/VR sangat berguna dalam mengajarkan konsep yang kompleks dan abstrak seperti anatomi manusia dan proses seluler, di mana visualisasi dan pembelajaran interaktif dapat secara signifikan meningkatkan pemahaman peserta didik.

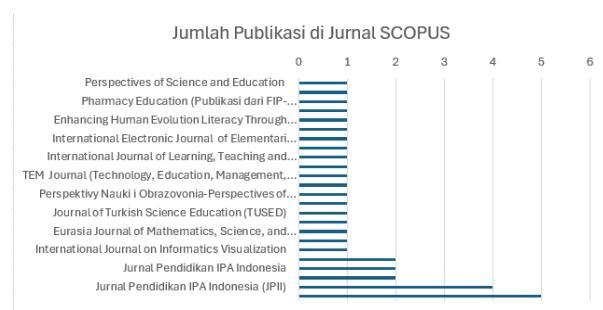


Figure 3 Jumlah Publikasi di Jurnal SCOPUS.

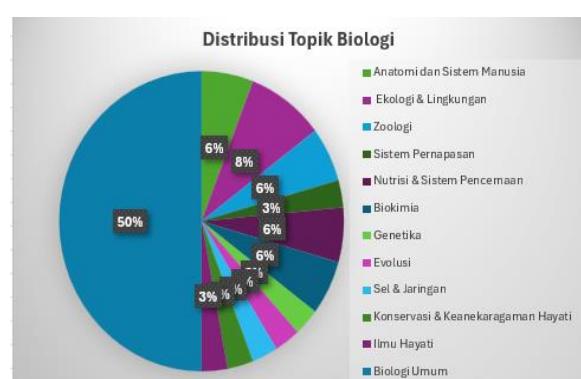


Figure 4 Distribusi Topik Biologi (Anatomi mendominasi 50%).

WIDYA BIOLOGI

Jenis-jenis Teknologi AR/VR yang Digunakan

Beragam teknologi AR dan VR telah digunakan dalam studi yang ditinjau. Bentuk AR yang paling umum digunakan adalah AR berbasis penanda, di mana siswa berinteraksi dengan penanda fisik untuk melihat model 3D dari struktur biologis seperti sel, organ, dan ekosistem.

Sementara itu, VR lebih sering dimanfaatkan untuk menghadirkan simulasi yang bersifat imersif, sehingga siswa dapat menyusuri lingkungan virtual, seperti habitat ekologis atau struktur anatomi, secara interaktif dan menarik. Ada pula studi yang memanfaatkan aplikasi AR berbasis perangkat seluler, sehingga eksperimen biologi virtual dapat dilakukan langsung melalui ponsel atau tablet; beberapa penelitian lainnya memakai headset VR untuk menghadirkan pengalaman belajar yang benar-benar menyeluruh. (Wilso et al., 2025)

Keberagaman jenis teknologi tersebut menunjukkan bahwa AR dan VR telah diterapkan secara luas pada berbagai jenjang pendidikan dan dalam beragam konteks pembelajaran. AR terbukti sangat membantu dalam memperkuat keterampilan visual-spasial dan mempermudah representasi struktur biologis, sedangkan VR menawarkan pengalaman langsung

yang lebih intens, sehingga mendorong pembelajaran aktif serta meningkatkan keterlibatan siswa terhadap materi.

PEMBAHASAN

Temuan Penelitian: Dampak pada Hasil Pembelajaran

Hasil dari berbagai studi yang dianalisis menunjukkan pola yang konsisten yaitu penggunaan AR dan VR memberikan dampak positif terhadap keterlibatan siswa, pemahaman konsep, serta pengembangan keterampilan praktis. Penerapan teknologi ini dalam pembelajaran biologi terbukti mampu meningkatkan motivasi peserta didik, terutama pada materi yang tergolong rumit seperti biologi sel, anatomi tubuh manusia, dan ekologi. Karakter interaktif AR/VR memungkinkan siswa memperoleh pengalaman belajar yang bersifat langsung dan aplikatif, sesuatu yang sering kali sulit diwujudkan dalam kelas konvensional karena kendala waktu, aspek keamanan, maupun keterbatasan fasilitas (Sulisworo et al., 2021); (Ahied et al., 2020)

Salah satu hasil penting dari tinjauan ini adalah meningkatnya kemampuan berpikir kritis dan keterampilan pemecahan masalah pada siswa adalah dua aspek yang sangat diperlukan untuk memahami proses biologis yang rumit. Penelitian Sunardi dkk. (2022) dan Iasha dkk. (2023) menunjukkan bahwa peserta didik yang mengikuti kegiatan pembelajaran berbasis AR cenderung memiliki kemampuan analitis lebih baik serta mampu menerapkan konsep biologi dalam situasi nyata secara lebih efektif. Aplikasi AR yang memfasilitasi

WIDYA BIOLOGI

simulasi eksperimen biologis juga memberi kesempatan bagi siswa untuk mengubah variabel, mengamati konsekuensi, serta menguji hipotesis, sehingga menguatkan kemampuan mereka dalam pembelajaran berbasis penyelidikan.

Selain itu, sejumlah penelitian menemukan bahwa penggunaan AR/VR juga berdampak positif terhadap literasi ilmiah. Sebagai contoh, studi mengenai pendidikan lingkungan melaporkan bahwa siswa yang memakai simulasi AR untuk mempelajari isu perubahan iklim dan dinamika ekosistem menunjukkan pemahaman yang lebih mendalam serta rasa kepedulian lingkungan yang lebih tinggi (Rahman et al., 2025). Demikian pula, pengalaman VR dalam mempelajari evolusi manusia dan genetika terbukti membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak yang sulit divisualisasikan, sehingga meningkatkan pemahaman dan daya ingat mereka (Damopolii et al., 2022).

Walaupun sebagian besar temuan menyoroti peningkatan hasil belajar kognitif, aspek afektif seperti motivasi, ketertarikan, dan keterlibatan siswa juga mengalami kenaikan yang berarti. Hal ini sangat relevan dalam pendidikan masa kini, di mana keterlibatan peserta didik merupakan faktor kunci dalam menunjang keberhasilan akademik. Nirmala dkk.

(2024) mencatat bahwa lingkungan belajar yang interaktif dan imersif melalui teknologi AR/VR dapat memperkuat motivasi intrinsik siswa serta membantu mereka membangun hubungan yang lebih mendalam dengan materi biologi yang dipelajari.

Kesenjangan dan Keterbatasan dalam Literatur

Meskipun penelitian yang dianalisis menunjukkan hasil yang positif, masih terdapat sejumlah kekurangan dan batasan penting dalam literatur yang tersedia. Pertama, penelitian jangka panjang mengenai pengaruh intervensi AR/VR terhadap hasil belajar biologi masih sangat terbatas. Kebanyakan studi hanya menggunakan desain pra-pasca tes dalam periode yang singkat. Meskipun metode ini mampu menangkap dampak langsung, pendekatan tersebut belum memberikan gambaran mengenai retensi pengetahuan dalam jangka panjang maupun kemampuan siswa menerapkan pengetahuan tersebut.

Selanjutnya, diperlukan lebih banyak kajian yang meneliti bagaimana AR/VR dapat dipadukan dengan pendekatan pedagogis lain, misalnya pembelajaran berbasis inkuiri atau model kelas terbalik untuk melihat sejauh mana teknologi ini dapat bekerja berdampingan dengan metode pembelajaran konvensional. Banyak studi masih menempatkan AR/VR sebagai

WIDYA BIOLOGI

intervensi tunggal, sehingga potensi sinergi antara teknologi ini dengan bentuk pembelajaran aktif lainnya belum tergali secara optimal.

Selain itu, penelitian yang membahas kendala penerapan AR/VR dalam konteks kelas nyata juga masih kurang. Tantangan seperti biaya perangkat, tingkat kesiapan guru, serta keterbatasan akses terhadap teknologi dianggap sebagai hambatan utama bagi adopsi AR/VR secara luas (Sunardi et al., 2022); (Sulisworo et al., 2021). Upaya untuk memahami dan mengatasi hambatan tersebut sangat diperlukan dalam penelitian selanjutnya agar teknologi AR/VR dapat lebih mudah diimplementasikan di berbagai lembaga pendidikan.

Kesimpulannya, hasil tinjauan ini menunjukkan bahwa laboratorium virtual berbasis AR/VR memberikan dampak positif terhadap pembelajaran biologi di Indonesia, terutama dalam ranah kognitif dan afektif. Namun, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menilai efektivitas jangka panjang, kemungkinan integrasi dengan strategi pengajaran lainnya, serta tantangan praktis dalam penerapannya. Temuan ini menambah bukti yang semakin berkembang mengenai pentingnya pemanfaatan AR dan VR dalam pendidikan, sekaligus memberikan arahan bagi pengembangan

riset dan praktik pembelajaran biologi serta ilmu kehidupan di masa mendatang.

SIMPULAN

Penggunaan AR dan VR berkontribusi besar terhadap peningkatan mutu pembelajaran biologi, mulai dari pendalaman konsep, keterampilan berpikir kritis, literasi ilmiah, hingga peningkatan keterlibatan siswa. Peningkatan pemanfaatan AR/VR ini sejalan dengan arah global dalam mengintegrasikan teknologi digital ke ruang belajar, terutama dalam kondisi ketika laboratorium konvensional tidak memadai atau sulit diakses. Namun demikian, ulasan ini juga mencatat bahwa meskipun AR/VR memberikan pengalaman belajar yang sangat imersif, evaluasi dampak jangka panjang serta integrasinya dengan strategi pedagogis lain masih jarang diteliti secara mendalam.

Selain memberikan gambaran umum, tinjauan ini turut memperkaya literatur dengan menyajikan sintesis bukti terbaru mengenai pemanfaatan AR/VR dalam pendidikan biologi di Indonesia, termasuk jenis teknologi yang digunakan, cakupan materi yang diajarkan, serta efektivitasnya terhadap hasil belajar. Lebih jauh, penelitian ini mengidentifikasi kebutuhan penting untuk riset lanjutan, seperti studi

WIDYA BIOLOGI

longitudinal guna melihat dampak jangka panjang intervensi AR/VR, serta kajian mengenai hambatan praktis pada saat teknologi tersebut diterapkan dalam proses pembelajaran. Secara keseluruhan, ulasan ini menegaskan potensi besar AR/VR dalam merevolusi pembelajaran biologi, sembari menekankan perlunya penelitian tambahan agar pemahaman mengenai aplikasi praktis dan manfaat jangka panjangnya semakin komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahied, M., Muhammadi, L. K., Fikriyah, A., & Rosidi, I. (2020). Improving Students' Scientific Literacy Through Distance Learning With Augmented Reality-Based Multimedia Amid the Covid-19 Pandemic. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(4), 499–511. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i4.26123>
- Aman, A., Prasojo, L. D., & Agustinova, D. E. (2025). Enhancing Human Evolution Literacy Through PraksaraVerse: A Gamified Science Learning Innovation Supporting Sustainable Development Goals (SDGs). *ASEAN Journal of Science and Engineering*, 5(3), 579–602. <https://doi.org/10.17509/ajse.v5i3.89109>
- Bashri, A., Susantini, E., Rahayu, Y. S., Rukmana, R., Indiana, S., Faizah, U., & Afnan, M. Z. (2025). Student Worksheet Based on AR Cells and Tissues to Train Spatial Thinking and Problem Solving. *Journal of Curriculum and Teaching*, 14(3), 308. <https://doi.org/10.5430/jct.v14n3p308>
- Damopolii, I., Febrianto Paiki, F., & Hendriek Nunaki, J. (2022). The Development of Comic Book as Marker of Augmented Reality to Raise Students' Critical Thinking. *TEM Journal*, 348–355. <https://doi.org/10.18421/tem111-44>
- Iasha, V., Japar, M., Maksum, A., & Setiawan, B. (2023). Let's Go on a Virtual Reality Trip!: The Effect on the Students' Literacy, Interest, and Satisfaction in Cultural Learning. *TEM Journal*, 2488–2499. <https://doi.org/10.18421/tem124-61>
- M, K., A.K, T., W.J, I., & M.N.A, A. (2019). Mobile Virtual Reality to Develop a Virtual Laboratorium for the Subject of Digital Engineering. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 13(04), 80. <https://doi.org/10.3991/ijim.v13i04.10522>
- Nirmala, B., Solihatin, E., & Moch. Sukardjo, N. (2024). Augmented Reality in Early Childhood Education: Trends, Practices, and Insights From a Literature Review. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 18(22), 50–67. <https://doi.org/10.3991/ijim.v18i22.50337>
- None, N., Asriadi, A., Herwin, H., None, N., Shabir, A., None, N., Dahalan, S. C., & None, N. (2023). Virtual Reality Technology for Elementary School Students: A Study of Effectiveness in Learning. *Perspectives of Science and Education*, 66(6), 565–577. <https://doi.org/10.32744/pse.2023.6.33>

WIDYA BIOLOGI

- Nurlia, N., B, N., Syamsiah, S., & Karim, H. (2025). Cultural Literacy in Biology Education: Theoretical Foundations and Future Directions. *Salud, Ciencia Y Tecnología*, 5, 2163. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2025.1.9>
- Pahmi, S., Hendriyanto, A., Sahara, S., Muhammin, L. H., Kuncoro, K. S., & Usodo, B. (2023). Assessing the Influence of Augmented Reality in Mathematics Education: A Systematic Literature Review. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 22(5), 1–25. <https://doi.org/10.26803/ijlter.22.5.1>
- Wilisa, A. W., Hartono, N., Subali, B., & Enni Suwarsi Rahayu, N. (2025). Research Trends of Augmented Reality in Biology Learning: Content and Bibliometric Mapping Analysis. *Malaysian Journal of Learning and Instruction*, 22(1), 157–180. <https://doi.org/10.32890/mjli2025.22.1.9>
-