

META-ANALISIS PEMANFAATAN MEDIA SIMULASI VIRTUAL DALAM PEMBELAJARAN IPA

Tiara Dwi Wulandari*, Arif Widiyatmoko

Universitas Negeri Semarang, Semarang

*Email korespondensi: tiaradwiwulandari1@students.unnes.ac.id

ABSTRAK

Pelaksanaan pendidikan abad 21 menekankan integrasi teknologi dalam pembelajaran untuk mempersiapkan peserta didik menghadapi tantangan era digital dan mampu bersaing di tingkat global, salah satunya simulasi virtual. Tujuan penelitian ini adalah untuk 1) mengetahui ukuran efek keseluruhan dari penggunaan simulasi virtual terhadap prestasi peserta didik dalam pembelajaran IPA dibandingkan dengan laboratorium tradisional; 2) menganalisis perbedaan yang signifikan secara statistik antara aktivitas simulasi virtual dan laboratorium tradisional berdasarkan subdisiplin IPA dan jenjang pendidikan; serta 3) menganalisis relevansinya dalam pendidikan abad 21. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Meta-Analysis* dengan Langkah-langkah penelitian meliputi 1) pengumpulan studi; 2) fitur pengkodean studi; 3) perhitungan efek ukuran dalam suatu konstruk tertentu; 4) penyelidikan efek suatu penelitian terhadap hasil. Terdapat 15 artikel jurnal yang digunakan untuk meta-analisis. Hasil meta-analisis mengungkapkan ukuran efek sedang ($g = 0,587$) terhadap penggunaan simulasi virtual. Simulasi virtual memiliki pengaruh dengan ukuran efek paling besar pada jenjang sekolah menengah. Media ini dapat dimanfaatkan untuk mendukung pembelajaran di seluruh cabang ilmu IPA meliputi Biologi, Fisika, Kimia, serta IPA terpadu. Penggunaan simulasi virtual pembelajaran IPA memberi pengaruh lebih besar pada pengetahuan, kompetensi, dan keterampilan peserta didik dibandingkan dengan laboratorium tradisional.

Kata kunci: Meta-analisis; Pembelajaran IPA; Simulasi virtual

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi informasi dan komunikasi di abad 21 yang sangat pesat memberi pengaruh di berbagai bidang kehidupan termasuk pendidikan. Pelaksanaan pendidikan abad 21 menekankan integrasi teknologi dalam pembelajaran untuk mempersiapkan peserta didik menghadapi tantangan era digital dan mampu bersaing di tingkat global (Gunawan et al., 2023). Penggunaan teknologi ini dimaksudkan sebagai media untuk memperkaya pengalaman belajar, meningkatkan keterlibatan peserta didik, kemampuan pemecahan masalah, dan mengembangkan keterampilan abad ke-21 diantaranya berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi (Gunartha et al., 2024). Berbagai macam teknologi diterapkan dalam pembelajaran salah satunya IPA. Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) menjadi bidang ilmu fundamental yang perlu dikuasai karena implementasinya sangat erat di lingkungan dan membantu peserta didik memecahkan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari secara ilmiah (Pradana et al., 2020). Namun, hingga saat ini peserta didik masih mengalami kesulitan memahami konsep-konsep IPA dengan mendalam (Yusmar & Fadilah, 2023).

Model pembelajaran tradisional yang didominasi ceramah dengan pembagian waktu praktik terbatas tidak memberi kesempatan peserta didik mengeksplorasi pengetahuannya secara mandiri (Mabsutsah & Yushardi, 2022). Ketersediaan fasilitas laboratorium yang bervariasi di setiap sekolah merupakan permasalahan lainnya. Padahal karakteristik IPA identik dengan konsep yang abstrak, mikroskopis, serta kompleks membuat peserta didik tidak cukup belajar dengan gambar atau simbol, tetapi memerlukan media yang dapat memvisualisasikan serta praktik sehingga lebih mudah dipahami (Defianti et al., 2021). Teknologi simulasi virtual dikembangkan untuk menciptakan pengalaman eksperimen atau simulasi di ruang virtual yang mirip dengan dunia nyata (Perdana & Rosana, 2023). Beberapa penelitian terdahulu telah menerapkan simulasi virtual dalam pembelajaran dan menunjukkan adanya dampak yang baik seperti membantu peserta didik memahami konsep-konsep IPA yang abstrak (Putri et al., 2021); memberi pengalaman melakukan eksperimen kepada peserta didik (Asriani, 2018); meningkatkan pemahaman konsep IPA peserta didik (Zulkifli et al., 2022); serta membekali peserta didik keterampilan proses sains (Fitri et al., 2025). Akan tetapi, analisis ukuran efek dari penggunaan simulasi virtual belum banyak dilakukan, hal ini menjadi gap dalam penelitian. Padahal banyaknya keuntungan yang didapatkan dari penerapan simulasi virtual menjadi peluang besar sebagai media belajar di pendidikan abad 21 untuk mewujudkan pembelajaran lebih optimal (Handayani & Alfina, 2021).

Oleh karena itu, penting dilakukan studi penelitian tentang efektivitas penggunaan simulasi virtual dalam pembelajaran IPA secara komprehensif. Penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan dari penelitian sebelumnya sekaligus menjadi kebaruan dalam penelitian. Tujuan penelitian ini adalah untuk 1) mengetahui ukuran efek keseluruhan dari penggunaan simulasi virtual terhadap prestasi peserta didik dalam pembelajaran IPA dibandingkan dengan laboratorium tradisional; 2) menganalisis perbedaan yang signifikan secara statistik antara aktivitas simulasi virtual dan laboratorium tradisional berdasarkan cabang IPA dan jenjang pendidikan; serta 3) menganalisis relevansinya dalam pendidikan abad 21. Hasil penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi kepada pendidik sebagai sumber referensi agar menambah pengetahuan terkait penerapan simulasi virtual dalam pembelajaran IPA; serta kepada pemerintah dalam pembuatan kebijakan untuk meningkatkan kompetensi teknologi digital guru khususnya pada pemanfaatan simulasi virtual selama proses pembelajaran IPA.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Meta-Analysis* dengan menganalisis statistik dari kumpulan besar hasil analisis dari studi individual untuk tujuan mengintegrasikan

temuan (Hadi et al., 2020). Penelitian ini menggabungkan dan menganalisis data dari beberapa studi yang serupa. Langkah-langkah untuk melakukan meta-analisis dalam penelitian ini mengadaptasi dari Retnawati et al. (2018) meliputi 1) pengumpulan studi; 2) fitur pengkodean studi; 3) perhitungan efek ukuran dalam suatu konstruk tertentu; 4) penyelidikan efek suatu penelitian terhadap hasil.

Pengumpulan Data

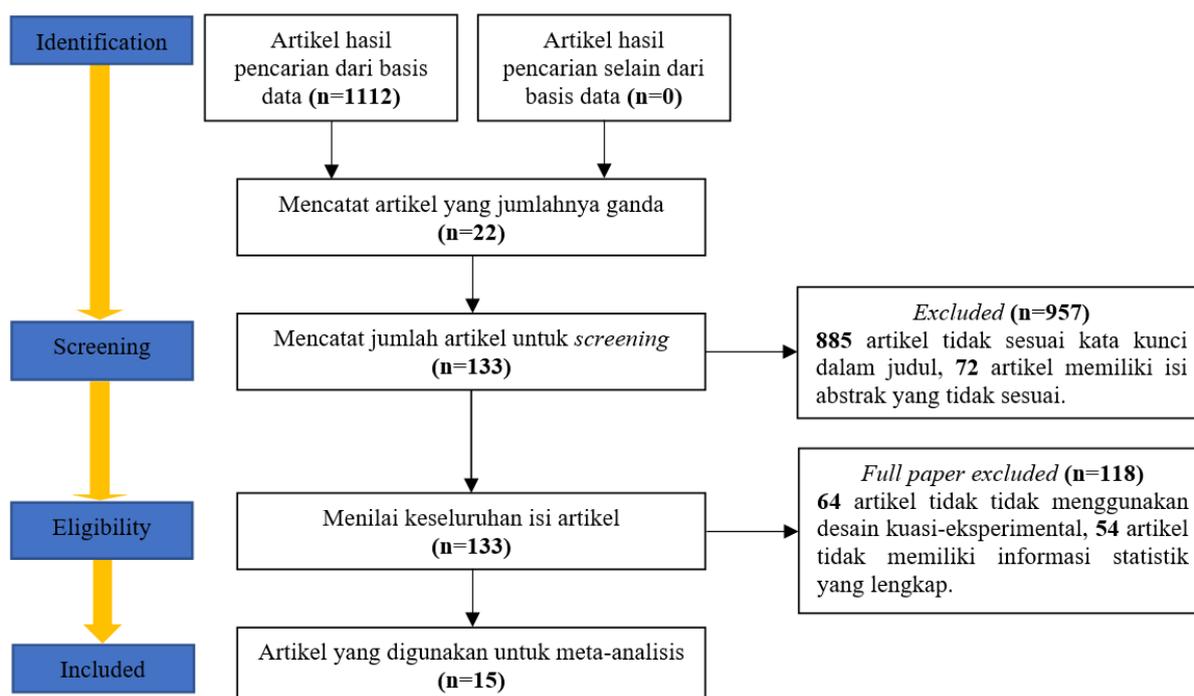
Penelitian yang termasuk dalam makalah ini sebagian besar ditelusuri dari Google Scholar dan Scopus karena kedua database tersebut ketika digunakan dalam tinjauan sistematis menawarkan stabilitas cakupan yang luas. Pencarian data dilakukan dengan bantuan *software* Publish or Perish untuk memperoleh artikel jurnal dan prosiding yang relevan. Kata kunci yang digunakan diantaranya simulasi virtual, laboratorium virtual, IPA, pembelajaran, dan abad 21. Artikel hasil pencarian diidentifikasi kesesuaiannya sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi (Anditha et al., 2024). Untuk mengetahui pemanfaatan media simulasi virtual dalam pembelajaran IPA, artikel yang digunakan pada penelitian ini perlu memenuhi lima kriteria berikut.

1. Artikel penelitian secara eksplisit menggunakan simulasi virtual atau laboratorium virtual sebagai intervensinya dalam pembelajaran IPA yang mencakup biologi, kimia, fisika, dan ilmu kebumihan di jenjang sekolah dasar, menengah, dan atas.
2. Artikel penelitian menyajikan hasil penguasaan kompetensi atau keterampilan yang diukur setelah penggunaan simulasi virtual.
3. Artikel penelitian menggunakan desain penelitian kuasi-eksperimental atau eksperimental. Hal ini ditambahkan dalam kriteria inklusi agar memastikan bahwa artikel penelitian menggunakan simulasi virtual untuk mengukur suatu variabel.
4. Artikel penelitian menyajikan informasi statistik yang diperlukan untuk menghitung ukuran efek (seperti ukuran sampel, standar deviasi, rata-rata, nilai-t).
5. Artikel penelitian ditulis dalam Bahasa Inggris dan dipublikasikan dalam kurun waktu 2020-2025.

Artikel yang dikecualikan pada meta-analisis jika artikel 1) tidak berasal dari jurnal atau prosiding konferensi; 2) tidak menunjukkan kelompok kontrol yang menggunakan laboratorium tradisional; 3) kurang menampilkan informasi statistik sehingga tidak memungkinkan untuk perhitungan ukuran efek.

Identifikasi Artikel Penelitian untuk Meta-Analisis

Tahap ini diawali dengan melakukan pencarian artikel jurnal menggunakan *software* Publish or Perish pada basis *database* Google Scholar, Scopus, dan DOAJ dengan kata kunci yang disebutkan sebelumnya. Pemilihan ketiga basis data ini berdasarkan banyaknya jumlah artikel dengan akses terbuka. Sebanyak 1112 artikel jurnal hasil penelitian dikumpulkan dan ditinjau sesuai kriteria inklusi melalui identifikasi judul dan abstrak. Pada pemeriksaan artikel terdapat 22 artikel dikeluarkan karena jumlahnya lebih dari satu (ganda), 885 dikeluarkan karena ketidaktepatan kata kunci dalam judul dan 72 artikel dikeluarkan setelah peninjauan abstrak, sehingga sebanyak 133 yang tetap ada setelah pemeriksaan. Setelah dianalisis, sejumlah 64 artikel dikeluarkan karena tidak menggunakan desain kuasi-eksperimental, sementara sebanyak 54 artikel dikeluarkan karena tidak memiliki informasi statistik yang lengkap. Pada penelitian meta-analisis ini menggunakan artikel sebanyak 15. Proses identifikasi artikel secara rinci disajikan dalam diagram alir PRISMA pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir PRISMA

Perhitungan Ukuran Efek dan Analisis Data

Menurut Hedges & Olkin (1985) ukuran efek dan standar error dari ukuran efek dihitung menggunakan perangkat lunak Comprehensive Meta-Analysis (CMA) untuk melakukan meta-analisis (Borenstein & Rothstein, 1999). Ukuran efek dalam penelitian ini dianalisis menggunakan Hedge g karena Hedge g lebih baik daripada Cohen's dalam penyesuaian bias untuk ukuran sampel kecil (Borenstein et al., 2010). Pada analisis meta-analisis ini, nilai rata-rata dan standar deviasi dipilih untuk menghitung ukuran efek. Hal ini seperti yang disarankan oleh Lipsey & Wilson (2001) bahwa ukuran efek tunggal dihitung di semua penelitian untuk mencegah bias ukuran efek keseluruhan karena ketergantungan statistik yang diakibatkan oleh beberapa ukuran efek yang berasal dari satu penelitian. Selain itu, desain penelitian kuasi-eksperimen yang menggunakan kelompok eksperimen dan kontrol menjadi pertimbangan untuk menentukan ukuran efek.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini melibatkan 1112 artikel yang awalnya diambil dari penelusuran pustaka dan didapatkan 15 studi yang memenuhi kriteria inklusi untuk meta-analisis. Tabel 1. menunjukkan ringkasan studi yang menggambarkan detail yang signifikan. Total ukuran sampel adalah N = 967 peserta didik bahkan mahasiswa dimana n = 488 mengalami eksperimen simulasi virtual dan n = 479 menjalani pembelajaran dengan simulasi tradisional. Ukuran sampel perstudi berkisar antara 15-55 peserta. Keseluruhan studi menggunakan pengukuran *pretest* dan *posttest*. Selain itu, desain penelitian yang digunakan adalah kuasi-eksperimental.

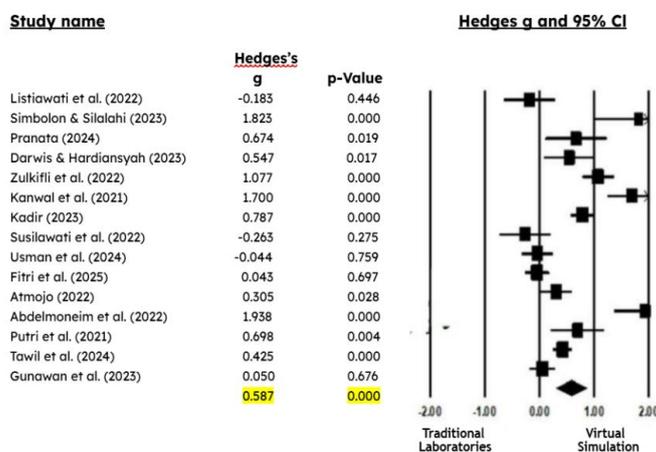
Tabel 1. Artikel yang Digunakan dalam Meta-Analisis

Penelitian	Sampel			Cabang IPA (Jenjang)	Desain Penelitian	Pengukuran
	Simulasi Virtual	Laboratorium Tradisional	Total			
Gunawan et al. (2023)	30	30	60	Kimia (SMA)	Kuasi-eksperimen	Pretest-Posttest
Darwis & Hardiansyah (2023)	38	38	76	IPA terpadu (SMP)	Kuasi-eksperimen	Pretest-posttest

Susilawati et al. (2022)	25	25	50	Fisika (SMA)	Kuasi-eksperimen	Pretest-posttest
Pranata (2024)	30	30	60	IPA Terpadu (SMP)	Kuasi-eksperimen	Pretest-posttest
Listiawati et al. (2022)	15	15	30	Biologi (SMA)	Kuasi-eksperimen	Pretest-posttest
Zulkifli et al. (2022)	35	35	70	Fisika (SMA)	Kuasi-eksperimen	Pretest-posttest
Kanwal et al. (2021)	40	40	80	Kimia (SMA)	Kuasi-eksperimen	Pretest-posttest
Usman et al. (2024)	25	25	50	Fisika (SMA)	Kuasi-eksperimen	Pretest-posttest
Simbolon & Silalahi (2023)	32	33	65	Fisika (Perguruan Tinggi)	Kuasi-eksperimen	Pretest-posttest
Kadir (2023)	28	28	56	Fisika (SMA)	Kuasi-eksperimen	Pretest-posttest
Fitri et al. (2025)	25	25	50	IPA Terpadu (SMP)	Kuasi-eksperimen	Pretest-posttest
Atmojo (2022)	40	40	80	IPA Terpadu (Perguruan Tinggi)	Kuasi-eksperimen	Pretest-posttest
Abdelmoneim et al. (2022)	55	45	100	IPA Terpadu (SD)	Kuasi-eksperimen	Pretest-posttest
Putri et al. (2021)	40	40	80	Fisika (SMA)	Kuasi-eksperimen	Pretest-posttest
Tawil et al. (2024)	30	30	60	IPA Terpadu (Perguruan Tinggi)	Kuasi-eksperimen	Pretest-posttest

Ukuran Efek Keseluruhan dari Aktivitas Simulasi Virtual

Hasil perhitungan ukuran efek keseluruhan disajikan pada Gambar 2. Berdasarkan hasil penelitian terdapat tiga penelitian Listiawati et al. (2022); Susilawati et al. (2022); dan Usman et al. (2024) menghasilkan ukuran efek negatif terhadap implementasi aktivitas laboratorium virtual sementara 12 penelitian lainnya positif terhadap aktivitas laboratorium virtual yang berkisar antara ukuran efek 0,050 hingga 1,938. Ukuran efek keseluruhan menggunakan model efek acak menghasilkan nilai $g = 0,587$ ($SE = 0,141$; interval kepercayaan 95% 0,310–0,865) yang signifikan secara statistik. Ukuran efek keseluruhan tersebut didefinisikan dalam ukuran efek sedang.



Gambar 2. Plot Hutan Ukuran Efek per Studi

Analisis Subkelompok

1) Tingkat Pendidikan

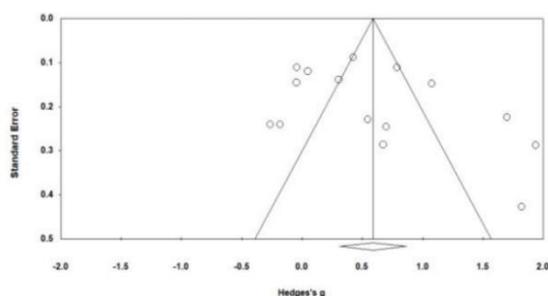
Mahasiswa sarjana memiliki ukuran efek yang sangat kecil ($g = 0,012$; $n = 140$), begitu juga dengan peserta didik tingkat sekolah dasar memiliki ukuran efek sangat kecil ($g = 0,08$; $n = 100$) dibandingkan dengan ukuran efek sedang peserta didik di sekolah menengah ($g = 0,689$; $n = 727$). Ukuran efek keseluruhan ketika tingkat pendidikan digunakan sebagai subkelompok menghasilkan $g = 0,186$ dengan ukuran efek yang kecil dengan signifikansi statistik ($p < 0,025$; SE $0,079$).

2) Cabang Ilmu

Berdasarkan analisis statistik, cabang ilmu Biologi memiliki ukuran efek ($g = 0,043$; $n = 30$), Kimia ($g = 0,435$; $n = 140$), Fisika ($g = 0,652$; $n = 306$), dan IPA terpadu ($g = 0,787$; $n = 426$). Penggunaan simulasi virtual pada masing-masing cabang ilmu menghasilkan ukuran efek positif. Ukuran efek keseluruhan ketika dikelompokkan menurut cabang ilmu adalah $g = 0,244$ dengan ukuran efek kecil signifikan secara statistik ($p < 0,025$; SE = $0,059$).

Bias Publikasi

Analisis bias publikasi dilakukan dengan uji korelasi peringkat ($0,27$ $p = 0,07$) dan uji regresi Egger ($2,92$, $p = 0,09$). Menurut Borenstein et al. (2021) dan Duval & Tweedie (2000) hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa tidak adanya bias publikasi dalam meta-analisis. Hasil analisis bias publikasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Plot Corong Bias Publikasi Meta-Analisis Simulasi Virtual

Simulasi virtual menjadi salah satu media pembelajaran digital dalam proses belajar IPA yang secara umum memberikan pengaruh positif dengan ukuran efek sedang. Pada tinjauan dari meta-analisis penggunaan diketahui bahwa simulasi virtual telah diterapkan mulai dari jenjang pendidikan dasar hingga perguruan tinggi yang menghasilkan ukuran efek berbeda-beda. Analisis statistik berdasarkan subkelompok tingkat pendidikan ini menunjukkan jika aktivitas laboratorium virtual menghasilkan efek terbesar ketika diterapkan pada mahasiswa sekolah menengah pertama dan atas. Hal ini karena anak di jenjang sekolah dasar lebih mudah memahami konsep jika disajikan melalui pengalaman nyata dan konkrit daripada penjelasan abstrak (Aminah, 2018). Pembelajaran dengan media belajar online cenderung bersifat abstrak dan mampu menimbulkan kesulitan bagi peserta didik untuk memahami konsep-konsep ilmiah karena minimnya interaksi fisik dengan objek nyata (Ali et al., 2023). Hasil analisis ini sesuai dengan penelitian Elisa et al. (2023) bahwa pembelajaran IPA di jenjang sekolah dasar difokuskan pada percobaan atau praktik secara langsung agar peserta didik memiliki pengalaman dan kesempatan mengamati, melakukan eksplorasi, percobaan, dan memahami lingkungan sekitar secara ilmiah. Dalam melatih keterampilan-keterampilan proses dasar IPA dan sikap ilmiah, diperlukan pembelajaran yang peserta didik tidak hanya berperan sebagai penerima namun juga mengalami sendiri pengalamannya dalam memahami ilmu tersebut sehingga pada akhirnya dapat menerapkan di kehidupan sehari-hari (Cahyani & Djudin, 2024).

Berbeda dengan sekolah dasar yang melakukan kegiatan belajar IPA dengan eksperimen di laboratorium tradisional, peserta didik pada jenjang sekolah menengah justru efektif menggunakan simulasi virtual dalam pembelajaran IPA.

Pembelajaran IPA di sekolah menengah umumnya dilakukan dengan bantuan media pembelajaran virtual untuk mendukung pemahaman konsep-konsep yang lebih kompleks. Menurut Astuti et al. (2023) anak pada jenjang sekolah menengah pertama dan atas telah berada pada tahap perkembangan kognitif operasional formal, dimana peserta didik mulai mampu berpikir logis. Siswa di jenjang pendidikan ini juga sudah dapat menggunakan teknologi dengan baik dan benar (Pranata, 2024). Hal ini menjadikan simulasi virtual efektif digunakan dalam pembelajaran IPA di tingkat sekolah menengah pertama dan atas. Simulasi virtual didefinisikan sebagai multimedia interaktif berupa gambar, suara, animasi, grafik untuk membantu peserta didik memahami konsep, prinsip, dan teori IPA yang kompleks (Kadir, 2023). Media simulasi virtual membantu memvisualisasikan fenomena ilmiah yang sulit diamati secara langsung, mikroskopis, atau abstrak (Anggreni et al., 2022). Selain itu, melalui simulasi virtual, peserta didik dapat melakukan eksperimen yang sulit atau beresiko jika dilakukan secara langsung di laboratorium. Jika dibandingkan antara pembelajaran di laboratorium tradisional dengan durasi terbatas, penggunaan simulasi virtual menawarkan fleksibilitas waktu dan tempat, yang memungkinkan peserta didik belajar secara mandiri atau berkelompok, baik di kelas bahkan di rumah (Anisa & Nova, 2020).

Penelitian ini juga melakukan meta-analisis pemanfaatan simulasi virtual berdasarkan cabang ilmu IPA. Ditinjau dari cabang IPA, pemanfaatan simulasi virtual memberi efek positif baik pada Biologi, Fisika, Kimia, maupun IPA terpadu. Simulasi virtual efektif digunakan pada pembelajaran IPA terpadu karena dapat menjelaskan hubungan antara cabang ilmu sains yang kompleks menjadi lebih sederhana agar mudah dipahami (Fitri et al., 2025). Media ini juga dapat diterapkan pada pembelajaran fisika yang banyak melibatkan konsep abstrak, proses dinamis, dan hubungan matematis yang seringkali sulit dipahami hanya melalui penjelasan verbal atau teks (Putri et al., 2021). Melalui simulasi virtual, peserta didik dapat melihat representasi visual dari konsep seperti percepatan, gaya, energi, dan gelombang secara *real-time* untuk membangun pemahaman yang konkrit (Nirahua & Matulesy, 2024). Simulasi virtual juga memungkinkan manipulasi variabel dalam percobaan sehingga peserta didik dapat langsung mengamati perubahan dan memahami hubungan sebab-akibat dalam fenomena fisika.

Simulasi virtual juga dapat digunakan pada pembelajaran kimia karena mampu memvisualisasikan proses-proses kimia yang mikroskopis dan sulit diamati secara langsung (Kanwal et al., 2021). Reaksi kimia, struktur atom, ikatan kimia, dan perubahan energi ditampilkan secara interaktif dan memudahkan peserta didik memahami konsep inti kimia (Gunawan et al., 2023). Simulasi virtual menjadi solusi untuk eksperimen kimia dengan bahan berbahaya atau alat khusus yang tidak memungkinkan dilakukan di laboratorium sekolah. Dengan simulasi virtual, peserta didik dapat mengeksplorasi berbagai reaksi dan konsep kimia secara aman, fleksibel, dan tanpa resiko. Tidak hanya fisika dan kimia, simulasi virtual memberi efek pada proses pembelajaran saat peserta didik mempelajari struktur, proses, dan sistem kehidupan di cabang ilmu biologi. Dengan simulasi virtual, peserta didik dapat melihat representasi visual yang dinamis untuk memahami alur proses biologis yang kompleks (Listiwati et al., 2022).

Penggunaan simulasi virtual relevan dengan pembelajaran di abad 21. Media ini mendukung terwujudnya pembelajaran terintegrasi teknologi dan meningkatnya kualitas pembelajaran IPA. Berdasarkan analisis studi terdahulu menunjukkan bahwa pembelajaran IPA dengan simulasi virtual mampu meningkatkan kompetensi peserta didik lebih baik dibandingkan dengan menggunakan laboratorium tradisional. Hal tersebut dibuktikan dengan rata-rata hasil belajar peserta didik yang relatif tinggi pada kelas dengan perlakuan media

simulasi virtual (Zulkifli et al., 2022; Kanwal et al., 2021). Penelitian lain oleh Gunawan, et al (2023) menggunakan simulasi virtual dalam pembelajaran kimia mengenai zat dan perubahannya untuk meningkatkan pemahaman konsep peserta didik. Sementara Usman, et al (2023) menerapkan simulasi virtual untuk meningkatkan pemahaman konsep gelombang mekanik peserta didik pada pembelajaran fisika. Simulasi virtual juga dapat meningkatkan aktivitas belajar peserta didik. Kegiatan percobaan yang dilakukan secara virtual dan pengamatan hasil tidak hanya meningkatkan penguasaan konsep ilmiah dengan lebih baik, tetapi memacu peserta didik untuk aktif belajar dalam ruang virtual yang imersif dan seolah-olah nyata (Simbolon & Silalahi, 2023). Selain itu, pemanfaatan simulasi virtual dalam pembelajaran IPA meningkatkan keterampilan yang dibutuhkan peserta didik seperti keterampilan proses sains (Fitri et al., 2025). Simulasi virtual menyediakan lingkungan belajar yang memungkinkan peserta didik terlibat dalam langkah-langkah ilmiah, seperti mengamati, mengidentifikasi masalah, merumuskan hipotesis, melakukan eksperimen, menganalisis data, dan menarik kesimpulan (Kadir, 2023). Dengan demikian peserta didik mampu mengeksplorasi pengetahuan dan berpikir secara ilmiah.

Pembelajaran IPA dengan simulasi virtual juga dapat melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi, literasi sains, serta keterampilan pemecahan masalah. Pada media simulasi virtual, peserta didik dihadapkan pada situasi yang menyerupai kondisi nyata atau eksperimen ilmiah. Peserta didik harus mampu mengidentifikasi masalah, merumuskan hipotesis, memilih strategi penyelesaian, serta menguji dan mengevaluasi hasilnya (Abdelmoneim et al., 2022). Proses ini menuntut peserta didik untuk berpikir kritis dan logis, menganalisis informasi secara mendalam, serta membuat keputusan yang didasarkan pada data dan bukti ilmiah (Darwis & Hariansyah, 2023). Selain itu, simulasi memungkinkan peserta didik mengeksplorasi berbagai alternatif solusi secara interaktif tanpa risiko, mendorong munculnya kreativitas dan fleksibilitas berpikir (Susilawati et al., 2022). Pada akhirnya pembelajaran IPA tidak hanya sekadar peningkatan pengetahuan, tetapi kemampuan mengimplementasikan prinsip, konsep, dan teori IPA oleh peserta didik untuk menyelesaikan permasalahan serta tantangan dalam kehidupan sehari-hari di masa mendatang (Tawil et al, 2024; Putri et al, 2021; Listiawati et al, 2022; Atmojo, 2022).

KESIMPULAN

Hasil meta-analisis penggunaan media simulasi virtual dalam pembelajaran IPA secara keseluruhan memiliki ukuran efek sedang ($g = 0,587$). Simulasi virtual memiliki pengaruh dengan ukuran efek paling besar pada jenjang sekolah menengah. Media ini dapat dimanfaatkan untuk mendukung pembelajaran di seluruh cabang ilmu IPA meliputi Biologi, Fisika, Kimia, serta IPA terpadu. Penggunaan simulasi virtual pembelajaran IPA memberi pengaruh lebih besar pada pengetahuan, kompetensi, dan keterampilan peserta didik dibandingkan dengan laboratorium tradisional. Keterbatasan dari penelitian ini terdapat pada kriteria inklusi dan eksklusi studi yang disertakan untuk meta-analisis yang tidak mewakili seluruh ukuran efek. Selain itu, penelitian ini belum menjelaskan secara rinci faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan simulasi virtual pada pembelajaran IPA. Keterbatasan penelitian tersebut dapat diperbaiki di penelitian berikutnya. Melalui penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi kepada berbagai pihak seperti pendidik dan pemangku kepentingan dalam membuat kebijakan untuk mencapai peningkatan kualitas pembelajaran IPA di abad 21 dengan mengintegrasikan teknologi, khususnya simulasi virtual.

DAFTAR PUSTAKA

Abdelmoneim, R., Hassounah, E., & Radwan, E. (2022). Effectiveness of virtual laboratories on developing expert thinking and decision-making skills among female school students

- in Palestine. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(12), em2199.
- Ali, A. M., Satriawati, S., & Nur, R. (2023). Meningkatkan Hasil Belajar IPA Menggunakan Metode Eksperimen Kelas VI Sekolah Dasar. *PTK: Jurnal Tindakan Kelas*, 3(2), 114-121.
- Aminah, A. (2018). Peningkatan hasil belajar IPA melalui model pembelajaran interaktif dengan metode tanya jawab. *Journal of natural science and integration*, 1(1), 121-131.
- Anditha, S., Suwarna, I. P., & Al Farizi, T. (2024). Meta Analisis Pengaruh Media Pembelajaran Fisika Terhadap Literasi Sains Siswa. *Navigation Physics: Journal of Physics Education*, 6(2), 219-231.
- Anggreni, W., Harjono, A., Makhrus, M., & Verawati, N. N. S. P. (2022). Pembelajaran model blended berbantuan simulasi virtual dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(4b), 2685-2694.
- Anisa, M. K., & Nova, T. L. (2020). Penggunaan Simulasi Virtual Pada Pembelajaran Fisika Untuk Meningkatkan Higher Order Thinking Skill (Hots) Siswa: Meta Analisis. *Jurnal Kumbaran Fisika*, 3(2), 163-170.
- Asriani, A. Penggunaan Media Simulasi Virtual pada Proses Pembelajaran Fisika terhadap Pemahaman Konsep Peserta Didik SMA Negeri 1 Bua Ponrang. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, 14(1), 319081.
- Astuti, I. A. D., Nursetyo, K. I., Hanafi, I., & Susanto, T. T. D. (2023). Penggunaan Teknologi Digital dalam Pembelajaran IPA: Study Literature Review. *Navigation Physics: Journal of Physics Education*, 5(1), 34-43.
- Atmojo, S. E. (2022). The Effectiveness Of Virtual Laboratory Assisted Online Science Learning On The Scientific Character Of Elementary School Teachers Candidate. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(3), 4948-4955.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., & Rothstein, H. R. (2010). A basic introduction to fixed-effect and random-effects models for meta-analysis. *Research synthesis methods*, 1(2), 97-111.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., & Rothstein, H. R. (2021). *Introduction to meta-analysis*. John wiley & sons.
- Borenstein, M., & Rothstein, H. (1999). *Comprehensive meta-analysis*. Biostat.
- Cahyani, C. W., & Djudin, T. (2024). Pembelajaran ipa berbasis lingkungan untuk siswa sekolah dasar: sebuah kajian literatur. *JURNAL PENDIDIKAN DASAR PERKHASA: Jurnal Penelitian Pendidikan Dasar*, 10(2), 1102-1116.
- Darwis, R., & Hardiansyah, M. R. (2023). The Effect of PhET Virtual Laboratory Implementation on Students's Higher Order Thinking Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(4), 1922-1928.
- Defianti, A., Hamdani, D., & Syarkowi, A. (2021). Penerapan metode praktikum virtual berbasis simulasi phet berbantuan guided-inquiry module untuk meningkatkan pengetahuan konten fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 11(1), 47-55.
- Duval, S., & Tweedie, R. (2000). Trim and fill: a simple funnel-plot-based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis. *Biometrics*, 56(2), 455-463.
- Elisa, D. T., Juliana, J., Bundel, B., Bumbun, M., Silvester, S., & Purnasari, P. D. (2023). Analisis Karakteristik Hakikat Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar. *Jurnal Pedagogik Pendidikan Dasar*, 10(1), 37-44.
- Fitri, U., Putri, A., Fitria, Y., & Kharisma, I. (2025). Impact Of Virtual Laboratories On Science Process Skills And Interest In Learning Science Among Primary School Students. *Jurnal Ilmiah Widya Pustaka Pendidikan*, 13(1), 36-46.
- Gunartha, I. W., Widiarsi, D. A., & Ekasriadi, I. A. A. (2024). Asesmen dan Pembelajaran Bahasa Indonesia Berbasis HOTS: Upaya Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa

- di Era Digital Abad Ke-21. In *Prosiding Sandibasa Seminar Nasional Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia* (Vol. 2, No. 1, pp. 109-125).
- Gunawan, A., Heliawati, L., & Permanasari, A. (2023). Effectiveness of Deep Phet Interactive Simulation Improving Understanding of The Concept of Material Change. *Journal of Science Education and Practice*, 7(2), 92-102.
- Hadi, S., Tjahjono, H. K., & Palupi, M. (2020). *Systematic Review: meta sintesis untuk riset perilaku organisasional*. Yogyakarta: Vivavictory Abadi.
- Handayani, D., & Alfina, V. D. (2021). Penerapan Media Pembelajaran Menggunakan Laboratorium Virtual pada Masa Pandemi Covid-19. In *Prosiding Seminar Nasional Program Pascasarjana Universitas PGRI Palembang*.
- Hedges, L., & Olkin, I. (1985). *Statistical Methods for Meta-Analysis*. Academic Press.
- Kadir, A. (2023). Effectiveness of Virtual Laboratory Utilization in Improving Students' Science Process Skills. *Ta'dib*, 26(2), 355-366.
- Kanwal, W., Nadeem, H. A., & Awan, S. M. (2021). Effectiveness of Virtual Laboratory Experiments for Academic Excellence of Chemistry Students at Secondary Level. *Global Educational Studies Review*, VI, 6, 243-250.
- Lipsey, M. W., & Wilson, D. B. (2001). *Practical Meta-Analysis*. Thousand Oaks, CA, US: Sage Publications.
- Listiawati, M., Hartati, S., Agustina, R. D., Putra, R. P., & Andhika, S. (2022). Analysis of the Use of LabXChange as a Virtual Laboratory Media to Improve Digital and Information Literacy for Biology Education Undergraduate Students. *Scientiae Educatia: Jurnal Pendidikan Sains*, 11(1), 56-64.
- Jannah, I. N. (2020). Efektivitas penggunaan multimedia dalam pembelajaran IPA di SD. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 4(1), 54-59.
- Mabsutsah, N., & Yushardi, Y. (2022). Analisis Kebutuhan Guru terhadap E Module Berbasis STEAM dan Kurikulum Merdeka pada Materi Pemanasan Global. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(2), 205-213.
- Nirahua, J., & Matulesy, D. M. (2024). Laboratorium Virtual Simulasi PhET Terintegrasi Model Pembelajaran Discovery Learning Meningkatkan Hasil Belajar Kognitif Materi Gerak Parabola. *Physikos: Journal of Physics and Physics Education*, 3(1), 1-9.
- Pranata, O. D. (2024). Physics Education Technology (PhET) as a Game-Based Learning Tool: A Quasi-Experimental Study. *Pedagogical Research*, 9(4).
- Putri, L. A., Permanasari, A., Winarno, N., & Ahmad, N. J. (2021). Enhancing Students' Scientific Literacy Using Virtual Lab Activity with Inquiry-Based Learning. *Journal of Science Learning*, 4(2), 173-184.
- Perdana, P. A., & Rosana, D. (2023). Pengembangan eksperimen virtual model science, environment, technology and society berbasis augmented reality materi ekosistem untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dan sikap peduli lingkungan. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 11(1), 152-164.
- Retnawati, H., Apino, E., Djidu, H., & Anazifa, R. D. (2018). *Pengantar analisis meta*. Parama Publishing.
- Simbolon, D. H., & Silalahi, E. K. (2023). Virtual Laboratory-Based Physics Learning" PhET Simulation" to Improve Student Learning Activities. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 7(3), 461-468.
- Susilawati, A., Yusrizal, Y., Halim, A., Syukri, M., Khaldun, I., & Susanna, S. (2022). The effect of using physics education technology (PhET) simulation media to enhance students' motivation and problem-solving skills in learning physics. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(3), 1166-1170.

- Tawil, M., Rusli, M. A., Bakkara, H., & Jatmiko, B. (2024). Alternative Virtual Lab-Based Practical Learning Model to Improve Scientific Attitude and Science Process Skills. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 10(1).
- Usman, U., Sakona, A. A. R., Palloan, P., & Setiawan, T. (2024). The Effectiveness of Utilizing PhET in Increasing the Comprehension of Physics Concepts. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 8(1), 156-167.
- Yusmar, F., & Fadilah, R. E. (2023). Analisis rendahnya literasi sains peserta didik indonesia: Hasil PISA dan faktor penyebab. *LENSA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 13(1), 11-19.
- Zulkifli, Z., Azhar, A., & Syaflita, D. (2022). Application effect of phet virtual laboratory and real laboratory on the learning outcomes of class xi students on elasticity and hooke's law. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(1), 401-407.