

Efektivitas *project-based learning* berbantuan *Augmented Reality* untuk peningkatan nalar kritis dan komunikasi siswa

Rujiani Rujiani ^a*, Erni Suharini ^b, Arif Widiyatmoko ^c, Barokah Isdaryanti ^d

Universitas Negeri Semarang. Sekaran, Gunungpati Semarang 50229, Jawa Tengah, Indonesia

^a rujiani91@students.unnes.ac.id; ^b erni.suharini@mail.unnes.ac.id; ^c arif.widiyatmoko@mail.unnes.ac.id;

^d barokahisdaryanti@mail.unnes.ac.id

* Corresponding Author

Receipt: 8 December 2025; Revision: 12 December 2025; Accepted: 24 December 2025

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas model *Project-Based Learning* (PjBL) berbantuan *Augmented Reality* (AR) dalam meningkatkan nalar kritis dan keterampilan komunikasi siswa melalui proyek pembuatan poster mengenai cara menjaga kesehatan mata. Penelitian dilakukan pada siswa kelas V SD Negeri Tlogowungu 02 menggunakan desain kuasi-eksperimental kelompok tunggal (*one-group design*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan PjBL berbantuan AR menunjukkan persentase ketercapaian indikator nalar kritis sebesar 85,42% dan kemampuan komunikasi sebesar 86,81%. Visualisasi tiga dimensi melalui AR terbukti efektif mengubah pemahaman konsep siswa terhadap materi yang kompleks menjadi lebih konkret dan mudah dipahami. Penerapan teknologi AR dalam model PjBL terbukti mampu menciptakan lingkungan belajar imersif yang secara signifikan mendukung penguatan kompetensi akademik dan interaksi sosial siswa di tingkat pendidikan dasar.

Kata Kunci: PjBL; AR; nalar kritis; komunikasi siswa

The effectiveness of Augmented Reality-assisted project-based learning for improving students' critical thinking and communication skills

Abstract: This study aims to test the effectiveness of the Project-Based Learning (PjBL) model assisted by Augmented Reality (AR) in improving students' critical reasoning and communication skills through a poster-making project on how to maintain eye health. The study was conducted on fifth grade students of Tlogowungu 02 Elementary School using a single-group quasi-experimental design. The results showed that the implementation of AR-assisted PjBL showed a percentage of achievement of critical reasoning indicators of 85.42% and communication skills of 86.81%. Three-dimensional visualization through AR has proven effective in changing students' conceptual understanding of complex material to be more concrete and easier to understand. The application of AR technology in the PjBL model has been proven to be able to create an immersive learning environment that significantly supports the strengthening of students' academic competencies and social interactions at the elementary education level.

Keywords: AR; critical thinking; PjBL; student communication skills

This is an open access article under the CC-BY-SA license.



PENDAHULUAN

Pembelajaran materi anatomi fisiologis, khususnya sistem organ vital seperti indra penglihatan dan pendengaran, menyajikan kompleksitas tersendiri di tingkat sekolah dasar akibat karakteristik kontennya yang bersifat abstrak dan mikroskopis (Çalışkan & Ulaş, 2022). Secara psikologis, siswa kelas V berada pada fase transisi krusial dalam perkembangan kognitif, yang menurut teori Jean Piaget dikategorikan sebagai peralihan dari tahap operasional konkret menuju permulaan operasional formal (Piaget, 1952). Pada fase ini, kemampuan siswa dalam melakukan manipulasi mental terhadap proposisi verbal tanpa referensi visual langsung masih terbatas; mereka memerlukan representasi konkret untuk menginternalisasi konsep biologis yang tidak dapat diamati secara kasat mata (Bobek & Tversky, 2016).

Kesenjangan antara tuntutan materi yang abstrak dengan kapasitas kognitif siswa ini sering kali diperburuk oleh penerapan metode instruksional konvensional yang minim visualisasi, yang terbukti menurunkan motivasi intrinsik dan menghambat retensi pemahaman konsep siswa (Bobek & Tversky, 2016). Oleh karena itu, paradigma pendidikan modern abad 21 menuntut pergeseran strategi pedagogis menuju integrasi teknologi imersif, seperti *Augmented Reality* (AR), yang dibingkai dalam model pembelajaran aktif *Project-Based Learning* (PjBL) (Viratama et al., 2025). Sinergi antara visualisasi 3D melalui AR dan aktivitas proyek ini berfungsi sebagai scaffolding kognitif yang efektif, menjembatani pemikiran konkret siswa menuju pemahaman abstrak yang komprehensif sekaligus meningkatkan relevansi pembelajaran (Topping, 2021).

Salah satu tantangan utama yang sering dihadapi oleh sekolah dasar adalah keterbatasan media pembelajaran konkret yang memadai (Sari & Sutikno, 2024). Banyak sekolah, terutama di daerah dengan keterbatasan sumber daya, hanya memiliki satu set model anatomi tubuh yang sangat terbatas, atau bahkan tidak memiliki alat peraga sama sekali. Dalam beberapa kasus, jika model anatomi tersedia, model tersebut sering kali tidak dapat dibongkar pasang atau tidak cukup detail untuk memberikan pemahaman yang mendalam bagi siswa. Hal ini membatasi kesempatan bagi setiap siswa untuk berinteraksi langsung dan mengamati organ-organ tubuh manusia secara lebih dekat (Stull et al., 2018). Keterbatasan alat peraga tersebut semakin memperburuk kesulitan dalam menghubungkan konsep-konsep abstrak tentang organ manusia dengan pengalaman nyata mereka sehari-hari. Meskipun model 2D pada buku teks dapat sedikit membantu, namun model tersebut tidak menawarkan kedalaman spasial yang diperlukan untuk memahami hubungan antar bagian organ (Henssen et al., 2020a). Siswa kesulitan untuk membayangkan, hal ini mengurangi daya tarik dan efektivitas pembelajaran mengenai topik ini.

Melihat tantangan ini, integrasi teknologi AR hadir sebagai intervensi pedagogis strategis yang mampu melampaui limitasi media pembelajaran konvensional (Husamah et al., 2022). Melalui kapabilitas visualisasi imersif, AR memfasilitasi proyeksi model anatomi tiga dimensi (3D) ke dalam lingkungan nyata, sehingga memungkinkan siswa mengobservasi struktur organ yang kompleks secara mendetail (Valtonen et al., 2025). Teknologi AR secara kognitif berfungsi sebagai scaffolding visual yang krusial untuk menjembatani kesenjangan antara tahap operasional konkret dan pemahaman konsep abstrak, khususnya bagi siswa sekolah dasar (Rasmitadila et al., 2024). Implementasi AR ini secara fundamental mentransformasi ekosistem kelas, menggeser paradigma dari transfer pengetahuan yang statis dan pasif menjadi proses pembelajaran yang dinamis, interaktif, dan berpusat pada siswa (*student-centered*) (Henssen et al., 2020b).

Penggunaan teknologi dalam pendidikan terus berkembang, salah satunya melalui penerapan *Project-Based Learning (PjBL)* yang didukung oleh *Augmented Reality (AR)* untuk meningkatkan nalar kritis dan komunikasi siswa. PjBL berfokus pada proyek yang mengaktifkan siswa dengan menyelesaikan masalah melalui pendekatan yang kontekstual dan praktis. Penelitian oleh Adair et al. (2021) mengungkapkan bahwa intervensi berbasis teknologi mampu meningkatkan hasil belajar siswa dengan memberikan pengalaman pembelajaran yang lebih mendalam dan aplikatif. Penerapan AR dalam PjBL dapat membantu siswa untuk lebih memahami konsep-konsep abstrak dengan cara yang lebih visual dan interaktif, yang selaras dengan hasil penelitian Eklund et al. (2020), yang menunjukkan bahwa penggunaan teknologi dapat memperkuat pemahaman siswa terhadap materi pelajaran melalui berbagai lapisan dukungan yang diterapkan di kelas. Selain itu, Allwood dan Brodin (2025) menyatakan bahwa pengelolaan kelas yang efektif, yang mencakup keterlibatan emosional dan pengelolaan proyek berbasis kolaboratif, memainkan peran penting dalam membangun komunitas belajar yang mendukung perkembangan keterampilan komunikasi dan pemecahan masalah siswa. Dengan demikian, penerapan PjBL berbantuan AR tidak hanya mendukung peningkatan keterampilan kognitif, tetapi juga memperkuat komunikasi dan kerja sama antar siswa, menciptakan lingkungan yang inklusif dan mendukung perkembangan keterampilan abad ke-21.

Penggunaan AR dalam pembelajaran semakin diakui memiliki berbagai manfaat. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Mustadi et al. (2024), multimedia seperti AR dapat meningkatkan motivasi dan pemahaman siswa. AR memberikan kesempatan bagi siswa untuk mendalami konsep sains secara lebih mendalam dengan cara yang menyenangkan dan memotivasi. Selain itu, menurut Topping (2021), teknologi ini dapat mendorong komunikasi reflektif di antara siswa, karena mereka terlibat dalam diskusi kelompok untuk menyelesaikan masalah. Hal ini memperlihatkan bahwa teknologi AR meningkatkan keterampilan komunikasi antar siswa.

Selain AR, penggunaan media digital lainnya seperti *Canva* juga semakin populer sebagai alat untuk meningkatkan kreativitas dan kemampuan komunikasi siswa. Pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning* atau PjBL) yang terintegrasi dengan teknologi AR dan media digital seperti *Canva* memberikan peluang bagi siswa untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan berkomunikasi secara efektif. Melalui PjBL, siswa dapat belajar dengan cara yang lebih aktif dan kolaboratif, seperti yang ditunjukkan oleh Kim dan Cappella (2016), di mana proyek berbasis kolaborasi memiliki dampak positif terhadap kualitas komunikasi dan interaksi antara siswa. PjBL memungkinkan siswa untuk menghasilkan produk yang bermanfaat, seperti poster edukatif yang tidak hanya memperdalam pemahaman mereka terhadap topik tertentu, tetapi juga melatih mereka untuk menyampaikan ide secara terstruktur dan efektif.

Penelitian ini mengeksplorasi efektivitas penggunaan teknologi *Augmented Reality (AR)* dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) pada kelas V SD. Fokus utamanya mengkaji peningkatan kemampuan berpikir kritis dan komunikasi siswa melalui penerapan proyek poster. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan PjBL terintegrasi dengan AR dalam meningkatkan kemampuan bernalar kritis siswa, dan meningkatkan kualitas komunikasi di dalam lingkungan kelas. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru mengenai penerapan teknologi dalam pendidikan dasar, terutama dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi sains dan memperkuat keterampilan komunikasi. Selain itu, untuk memberikan kontribusi terhadap pengembangan metode pembelajaran yang interaktif

dan inovatif di tingkat sekolah dasar, sehingga memberikan dampak positif bagi peningkatan kualitas pendidikan di Indonesia.

METODE

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuasi-eksperimental dengan desain one-group pretest-posttest untuk mengevaluasi dampak intervensi instruksional (Creswell, 2014). Desain penelitian dilakukan pada satu kelompok eksperimen yang menerima perlakuan penuh dan melibatkan kelompok kontrol sebagai pembanding. Prosedur pelaksanaan studi terbagi menjadi tiga tahapan sistematis, yaitu pemberian tes awal (pretest) untuk menetapkan data dasar, penerapan model PjBL berbantuan media AR pada kelas eksperimen, dan diakhiri dengan tes akhir (posttest). Intervensi pembelajaran tersebut dirancang secara spesifik untuk memfasilitasi visualisasi materi IPAS melalui teknologi tiga dimensi.

Subjek penelitian meliputi seluruh siswa kelas V SDN Tlogowungu 02 Pati yang berdomisili di wilayah Kabupaten Pati. Partisipan dipilih berdasarkan pertimbangan karakteristik kognitif siswa yang relevan dengan tingkat kesulitan materi ajar Organ Tubuh Manusia.

Teknik pengumpulan data menggunakan kombinasi instrumen tes tertulis dan penilaian produk non-tes untuk memperoleh data komprehensif. Tes berbentuk uraian disusun secara khusus untuk mengukur indikator kemampuan nalar kritis serta keterampilan komunikasi siswa. Penilaian keterampilan praktis dilakukan melalui evaluasi produk poster edukatif digital yang dikreasikan siswa menggunakan platform Canva. Kualitas instrumen tes telah teruji secara statistik berdasarkan uji validitas isi melalui *expert judgment* oleh dua orang ahli pendidikan, serta uji reliabilitas dengan metode *inter-rater reliability* pada penilaian poster dan *Cronbach's Alpha* pada butir soal tes, yang masing-masing menghasilkan koefisien sebesar 0,87 dan 0,82, yang mengindikasikan bahwa alat ukur tersebut memiliki ketepatan dan keajegan yang memadai (Fraenkel et al., 2029).

Analisis data kuantitatif dilakukan menggunakan statistik inferensial untuk keperluan pengujian hipotesis penelitian (Sugiyono, 2013). Uji beda *paired-sample t-test* diterapkan terhadap data skor pretest dan posttest pada setiap kelas baik eksperimen maupun kontrol guna mengidentifikasi signifikansi perubahan pada variabel terikat. Ketercapaian indikator nalar kritis dan komunikasi selanjutnya dinyatakan dalam bentuk persentase yang selanjutnya dibandingkan antara kelas eksperimen dengan kelas kontrol. Perbandingan ini bertujuan untuk membuktikan efektivitas integrasi AR dalam model PjBL terhadap peningkatan nalar kritis dan keterampilan komunikasi siswa pada kelas eksperimen. Hasil analisis tersebut menjadi dasar penarikan kesimpulan mengenai pengaruh intervensi pembelajaran yang telah dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penerapan intervensi pendidikan berbasis teknologi, seperti media papan magnet interaktif, memiliki potensi besar dalam meningkatkan minat baca dan keterampilan membaca siswa, terutama dalam konteks pendidikan inklusif. Penelitian Crismon et al. (2023) menunjukkan bahwa akses terbatas terhadap sumber daya pendidikan dan riset, serta hambatan struktural di dalam sistem pendidikan, dapat memengaruhi keberhasilan program-program pendidikan, termasuk yang bertujuan untuk menciptakan

pengalaman belajar yang lebih inklusif dan efektif. Hal serupa juga diungkapkan oleh da Luz Scherf (2023), yang menyoroti tantangan dalam mewujudkan pekerjaan sosial sekolah di Brasil, terutama terkait dengan kurangnya infrastruktur dan dukungan profesional untuk menerapkan kebijakan pendidikan inklusif dengan efektif. Temuan-temuan ini menunjukkan bahwa meskipun ada hambatan tersebut, media pembelajaran yang tepat, seperti papan magnet interaktif, dapat meningkatkan motivasi belajar siswa dengan menciptakan pengalaman belajar yang menarik dan menyeluruh. Dalam penelitian ini, kami menemukan bahwa penerapan media interaktif berbasis proyek ini secara signifikan meningkatkan minat baca dan keterampilan membaca siswa, khususnya bagi mereka yang menghadapi tantangan belajar. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa intervensi yang menggunakan alat pembelajaran multisensori dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih inklusif, meskipun terdapat tantangan dalam implementasi pendidikan yang efektif.

Peningkatan Nalar Kritis

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *Project-Based Learning* (PjBL) berbantuan *Augmented Reality* (AR) secara signifikan meningkatkan kemampuan nalar kritis siswa. Dalam pembelajaran ini, siswa diberikan kesempatan untuk berinteraksi langsung dengan model tiga dimensi (3D) organ tubuh manusia, yang memfasilitasi pemahaman mereka terhadap struktur dan fungsi organ tubuh secara lebih mendalam. Konsep-konsep yang sebelumnya dianggap abstrak, seperti cahaya dan struktur mata, dapat divisualisasikan dalam bentuk interaktif yang memudahkan siswa untuk memahami bagaimana bagian-bagian organ berfungsi dan berinteraksi satu sama lain. Visualisasi 3D ini memberikan gambaran yang lebih konkret daripada gambar dua dimensi atau deskripsi verbal saja, sehingga meningkatkan kualitas pemahaman siswa terhadap materi yang diajarkan.

Tabel 1. Perbandingan Ketercapaian Nalar Kritis Siswa (PjBL-AR dan Konvensional)

No.	Aspek yang dinilai	Ketercapaian Indikator (%)	
		PjBL Berbantuan AR	Konvensional
1.	Analisis Informasi	80,30	64,58
2.	Evaluasi Argumen	87,50	62,50
3.	Penghubungan Informasi	85,42	60,42
Rata-rata Ketercapaian		85,42	62,50

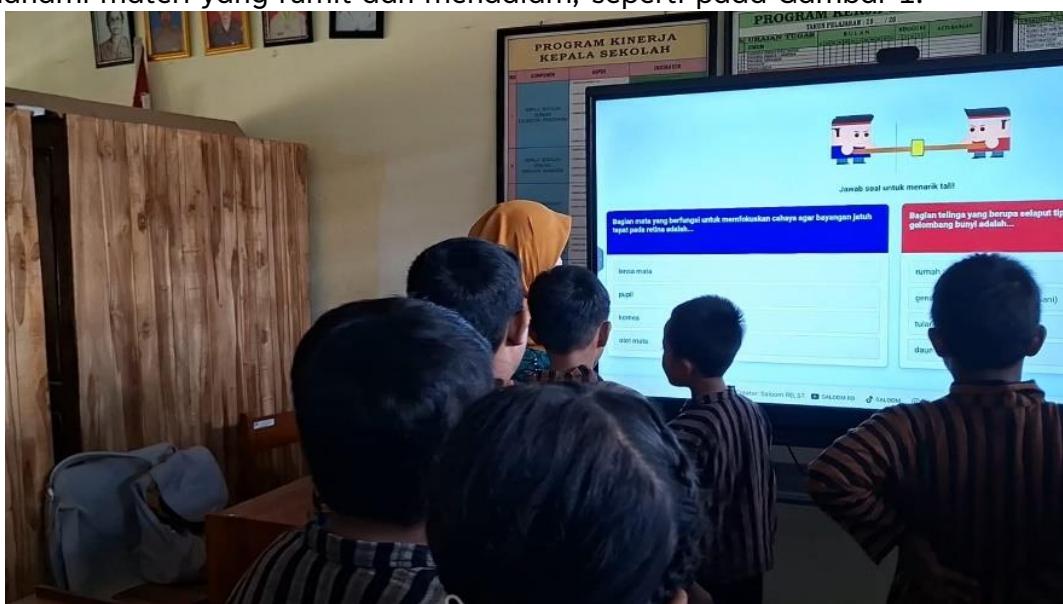
Berdasarkan data empiris yang tersaji pada Tabel 1, terdapat disparitas capaian yang signifikan antara kelas eksperimen (PjBL-AR) dan kelas kontrol (Konvensional). Kelompok PjBL-AR menunjukkan rata-rata ketercapaian nalar kritis sebesar 85,42%, jauh melampaui kelompok konvensional yang hanya mencapai angka 62,50%. Analisis pada setiap indikator menunjukkan bahwa aspek Evaluasi Argumen menjadi indikator dengan capaian tertinggi pada kelas PjBL-AR, yakni sebesar 87,50%, sedangkan kelas konvensional menunjukkan angka yang lebih rendah yaitu 62,50%. Selain itu, kemampuan Penghubungan Informasi pada kelas eksperimen juga unggul signifikan dengan skor 85,42% dibandingkan kelas kontrol yang hanya meraih 60,42%. Sementara itu, pada aspek Analisis Informasi, kelas PjBL-AR meraih skor 80,30, yang tetap lebih tinggi dibandingkan kelas konvensional sebesar 64,58%. Data ini mengonfirmasi bahwa intervensi PjBL berbantuan AR memberikan dampak kuantitatif yang nyata terhadap performa kognitif siswa.

Tingginya skor pada indikator "Evaluasi Argumen" dan "Penghubungan Informasi" pada kelas eksperimen dapat diatribusikan langsung pada fitur visualisasi tiga dimensi

(3D) yang ditawarkan oleh teknologi *Augmented Reality*. Dalam model konvensional, siswa sering kesulitan mengevaluasi struktur organ karena keterbatasan representasi 2D yang statis. Sebaliknya, melalui AR, siswa dapat memanipulasi objek organ tubuh secara virtual, memungkinkan mereka memverifikasi fungsi dan struktur secara real-time. Interaksi langsung ini mengubah konsep abstrak seperti mekanisme pembiasan cahaya pada mata menjadi pengalaman visual konkret. Proses ini menstimulasi siswa untuk tidak sekadar menghafal, tetapi menghubungkan antar-informasi secara logis dan mengevaluasi validitas pemahaman mereka sendiri, yang tercermin dari lonjakan skor pada kedua indikator tersebut dibandingkan kelas kontrol.

Temuan kuantitatif di atas sejalan dengan kerangka teoretis yang dikemukakan oleh Chimwayange (2024), yang menyatakan bahwa integrasi teknologi dalam pembelajaran berbasis proyek mampu merangsang proses kognitif tingkat tinggi, termasuk perencanaan dan evaluasi masalah yang kompleks. Dukungan teknologi interaktif seperti AR terbukti mampu meningkatkan fokus dan keterlibatan siswa, yang menurut (Helgesson et al., 2023) merupakan prasyarat utama bagi tumbuh kembangnya nalar kritis, terutama pada materi yang kompleks. Lebih lanjut, Valtonen et al. (2025) menekankan bahwa pergeseran dari pembelajaran pasif ke eksplorasi aktif berbasis teknologi secara efektif memfasilitasi kualitas pemecahan masalah siswa. Dengan demikian, peningkatan signifikan pada data statistik penelitian ini bukan merupakan anomali, melainkan konsekuensi logis dari penerapan lingkungan belajar imersif yang didukung oleh strategi PjBL.

Secara keseluruhan, penerapan AR dalam pembelajaran berbasis PjBL terbukti menjadi pendekatan yang sangat efektif dalam meningkatkan kemampuan nalar kritis siswa. Dengan memvisualisasikan konsep-konsep abstrak dan memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan model 3D, AR menyediakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan mendalam, yang meningkatkan pemahaman mereka terhadap materi. Oleh karena itu, teknologi AR memiliki potensi besar untuk mengubah cara siswa memahami materi yang rumit dan mendalam, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. PjBL berbantuan AR berpengaruh pada nalar kritis siswa

Penerapan *Project-Based Learning* (PJBL) berbantuan *Augmented Reality* (AR) dapat secara signifikan meningkatkan kemampuan nalar kritis siswa, terutama melalui proyek yang mengharuskan mereka untuk memecahkan masalah secara kreatif. Proyek

pembuatan poster menggunakan Canva yang dilaksanakan dengan bantuan AR memfasilitasi siswa untuk berpikir lebih analitis dan sistematis. Hal ini sejalan dengan temuan dari Parker et al. (2022) yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek dapat merangsang proses kognitif yang lebih dalam, di mana siswa dilibatkan dalam perencanaan, evaluasi, dan penyelesaian masalah yang kompleks. Dalam proyek pembuatan poster, siswa tidak hanya menggunakan keterampilan teknis untuk mendesain, tetapi juga diharuskan untuk berpikir kritis dalam memilih elemen visual yang tepat untuk menyampaikan pesan secara efektif. Helgesson et al. (2023) juga menekankan bahwa penggunaan teknologi interaktif dapat membantu meningkatkan keterampilan berpikir kritis, terutama pada individu dengan tantangan belajar, karena teknologi menyediakan media yang dapat merangsang fokus dan perhatian yang lebih tinggi, yang mendukung pemecahan masalah yang lebih efektif.

Temuan dari Valtonen et al. (2025) menunjukkan bahwa pembelajaran yang mengintegrasikan teknologi seperti AR dapat mendorong keterlibatan siswa, memfasilitasi mereka untuk berpikir lebih kritis, dan meningkatkan kualitas pemecahan masalah, yang mendukung pengembangan nalar kritis. Sejalan dengan temuan ini, Vuk dan Bosnar (2021) mengungkapkan bahwa pendekatan berbasis teknologi dalam pendidikan seni visual, seperti pembuatan poster dengan AR, dapat mengubah proses pembelajaran menjadi lebih kreatif dan berbasis pada eksplorasi ide-ide baru, yang sangat mendukung pengembangan nalar kritis siswa dalam menyelesaikan proyek.

Makkar et al. (2020) mengemukakan bahwa faktor-faktor seperti usia, jenis kelamin, dan faktor genetik dapat memengaruhi kemampuan kognitif siswa, namun penggunaan teknologi dalam pembelajaran dapat membantu mengurangi kesenjangan ini dengan menyediakan pendekatan yang lebih personal dan interaktif. Dengan bantuan AR dalam proyek pembuatan poster, siswa dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif secara lebih efektif. Ramlah et al. (2023) juga menunjukkan bahwa pembelajaran yang mengintegrasikan teknologi digital dapat mempercepat proses pemahaman siswa, termasuk dalam hal metakognisi, yang membantu mereka untuk lebih sadar dan terlibat dalam proses belajar mereka. Nomaguchi dan Allen (2023) menambahkan bahwa kualitas dan dukungan sosial ini memperkuat keterampilan komunikasi dan kolaborasi siswa, yang berkontribusi pada peningkatan keterampilan membaca dan kognitif mereka.

Peningkatan Keterampilan Komunikasi

Selain peningkatan nalar kritis, penelitian ini juga menunjukkan bahwa penerapan PjBL berbantuan AR secara signifikan meningkatkan keterampilan komunikasi siswa. Salah satu bagian penting dari pembelajaran ini adalah proyek pembuatan poster edukatif yang menggunakan Canva sebagai alat untuk mengkomunikasikan pengetahuan yang telah dipelajari oleh siswa. Poster ini berfungsi sebagai media visual untuk menyampaikan informasi mengenai cara menjaga kesehatan mata, yang memungkinkan siswa untuk mengorganisasi ide-ide mereka secara jelas dan sistematis. Dalam proyek ini, siswa tidak hanya diminta untuk memahami materi, tetapi juga untuk mengkomunikasikan ide dan pengetahuan dengan terstruktur dan menarik.

Data kuantitatif yang tersaji pada Tabel 2 menunjukkan bahwa penerapan model *Project-Based Learning* (PjBL) berbantuan *Augmented Reality* (AR) menghasilkan peningkatan keterampilan komunikasi yang signifikan dibandingkan metode konvensional. Kelas eksperimen (PjBL-AR) menunjukkan skor rata-rata ketercapaian sebesar 86,81%, melampaui kelas konvensional yang hanya mencapai 63,89%. Analisis menda-

Iam per indikator mengungkapkan temuan menarik, yaitu aspek Kejelasan dan Struktur serta Interaksi dan Kolaborasi sama-sama menempati posisi tertinggi dengan skor identik sebesar 87,50%. Capaian ini jauh lebih unggul dibandingkan kelas konvensional yang masing-masing hanya memperoleh skor 66,67% dan 62,50%. Sementara itu, indikator Kemampuan Berargumentasi pada kelas eksperimen juga menunjukkan persentase yang tinggi dengan skor 85,42%, berbanding signifikan dengan kelas kontrol yang tertahan di angka 62,50%.

Tabel 2. Perbandingan Ketercapaian Ketrampilan Komunikasi (PjBL-AR dan Konvensional)

No.	Aspek yang dinilai	Ketercapaian Indikator (%)	
		PjBL Berbantuan AR	Konvensional
1.	Kejelasan dan Struktur	87,50	66,67
2.	Kemampuan Berargumentasi	85,42	62,50
3.	Interaksi dan Kolaborasi	87,50	62,50
Rata-rata Ketercapaian		86,81	63,89

Tingginya skor pada indikator "Kejelasan dan Struktur" (87,50%) berkorelasi langsung dengan integrasi platform desain Canva dalam penugasan proyek. Penggunaan alat digital ini menuntut siswa untuk mentransformasi informasi abstrak menjadi poster edukatif yang sistematis, sehingga memaksa mereka untuk mengorganisasi gagasan visual secara runtut agar pesan kesehatan mata dapat dipahami audiens. Di sisi lain, skor identik pada indikator "Interaksi dan Kolaborasi" (87,50%) merefleksikan intensitas dinamika kelompok yang terjadi selama proses PjBL. Proyek ini mengharuskan siswa melakukan dialektika aktif, mulai dari negosiasi konsep desain hingga pembagian peran kerja. Kondisi ini menciptakan lingkungan yang kondusif bagi siswa untuk tidak sekadar menjadi pendengar pasif, melainkan komunikator aktif yang mampu menyampaikan ide dan memberikan umpan balik konstruktif kepada rekan setimnya.

Proses pembuatan poster memberi kesempatan untuk melatih ketrampilan komunikasi visual, yang semakin bergantung pada media digital dan visual. AR berfungsi sebagai alat yang memperkaya kemampuan siswa dalam menyampaikan informasi melalui representasi visual yang lebih hidup. Selain itu, poster yang mereka buat juga mencerminkan ketrampilan berbicara mereka saat presentasi di depan kelas. Dalam presentasi ini, siswa menyampaikan ide mereka secara efektif, menjelaskan konsep yang telah dipelajari, dan menjawab pertanyaan yang diberikan oleh teman-teman sekelas atau guru. Proses ini membantu siswa untuk mengasah ketrampilan komunikasi siswa.

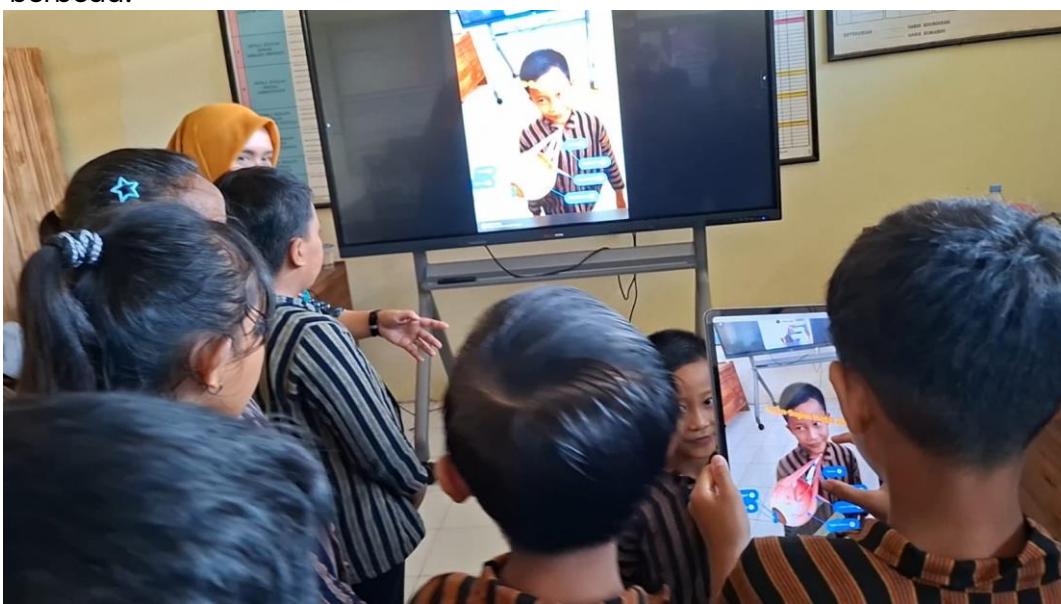
Siswa yang terlibat menunjukkan peningkatan dalam kemampuan mereka berdiskusi secara kelompok. Diskusi kelompok mendorong siswa untuk saling berbagi ide dan memberikan tanggapan yang relevan terhadap pemahaman teman-temannya (Ellianawati et al., 2025). Diskusi ini memperkuat ketrampilan komunikasi mereka, tidak hanya dalam menyampaikan informasi, tetapi juga dalam mendengarkan dan memberikan tanggapan yang konstruktif. Hal ini penting dalam konteks pembelajaran, karena ketrampilan mendengarkan dan memberikan tanggapan yang relevan merupakan aspek penting dari komunikasi yang efektif. Dengan demikian, PjBL berbasis AR tidak hanya membantu siswa mengembangkan ketrampilan komunikasi visual melalui pembuatan poster, tetapi juga ketrampilan berbicara dan diskusi.

Horoz et al. (2025) menyoroti pentingnya konteks dalam mengembangkan komunikasi yang efektif, dengan penekanan pada pengaruh norma sosial dalam pembelajaran. Sebagai alat bantu pembelajaran memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan materi pelajaran dan sesama siswa, meningkatkan komunikasi dalam menyelesaikan

tugas bersama. Selain itu, penelitian oleh Santoso & Santoso (2024) menunjukkan bahwa penggunaan metode PJBL yang berbasis teknologi dapat memperbaiki keterampilan komunikasi siswa, karena mereka didorong untuk berbicara, berdiskusi, dan bekerja sama dalam menyelesaikan proyek, yang pada gilirannya memperkuat keterampilan sosial mereka.

Hal ini sejalan dengan temuan Yan et al. (2021) yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek yang menggunakan teknologi meningkatkan komunikasi siswa, karena mereka didorong untuk berbicara, berkolaborasi, dan mengartikulasikan pemikiran mereka. Seiring dengan itu, Zach et al. (2018) juga menekankan bahwa pendidikan yang menggabungkan aktivitas fisik dan interaksi sosial dapat mendorong siswa untuk lebih terlibat secara emosional dan sosial, yang berpengaruh positif terhadap kemampuan komunikasi mereka. Dengan menggunakan AR dalam proyek pembuatan poster, siswa diajak untuk berkolaborasi dalam pembuatan karya yang dapat dilihat dan dinilai oleh orang lain, meningkatkan kemampuan komunikasi mereka secara keseluruhan.

Strukova et al. (2023) mengemukakan bahwa kualitas hubungan guru-siswa yang baik dapat mempengaruhi perkembangan sosial-emosional siswa di sekolah dasar. Dalam konteks ini, PJBL yang melibatkan kolaborasi dan diskusi antar siswa selama proyek pembuatan poster dengan Canva berbantuan AR dapat memperkuat keterampilan sosial mereka. Opoku et al. (2025) mengungkapkan bahwa faktor eksternal seperti lingkungan sosial dan ekonomi berpengaruh pada perkembangan akademik anak. Dalam pembelajaran berbantuan AR, media interaktif memberikan kesempatan bagi siswa dari berbagai latar belakang, meskipun menghadapi tantangan eksternal, seperti pembuatan poster, membantu siswa untuk mengembangkan keterampilan sosial, komunikasi, dan kognitif secara menyeluruh, meskipun berasal dari lingkungan yang berbeda.



Gambar 2. PjBL berbantuan AR berpengaruh positif pada peningkatan keterampilan komunikasi siswa

Penggunaan AR dalam pembelajaran PJBL terbukti memberikan sumbangsih yang besar dalam meningkatkan keterampilan komunikasi siswa. Pembelajaran ini tidak hanya memperkaya kemampuan komunikasi siswa dalam menyampaikan informasi secara visual dan verbal, tetapi juga memperkuat keterampilan sosial mereka melalui kolaborasi dalam kelompok. Dengan adanya pengalaman belajar yang lebih interaktif

dan kolaboratif, siswa tidak hanya belajar untuk berkomunikasi secara efektif, tetapi juga untuk bekerja sama dalam menyelesaikan masalah dan berbagi ide dalam kehidupan akademik dan profesional di masa depan, terlihat pada Gambar 2.

Pembahasan

Dalam pembahasan hasil penelitian ini, penerapan *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS), khususnya pada materi organ manusia, menunjukkan dampak yang sangat positif pada peningkatan nalar kritis, keterampilan komunikasi, dan keterlibatan siswa. Sejalan dengan temuan dalam studi oleh Mustadi et al. (2024) dan Hardiansyah et al. (2023), yang menyatakan bahwa penggunaan multimedia interaktif dapat meningkatkan minat dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran, penelitian ini mengungkapkan bahwa AR membantu siswa memahami konsep yang sulit dan membuat mereka lebih tertarik dengan materi yang sebelumnya dianggap abstrak. Penggunaan AR memungkinkan siswa untuk melihat model 3D organ tubuh manusia yang dapat diputar, diperbesar, dan diamati dari berbagai sudut, yang membuat pembelajaran lebih hidup dan menyenangkan.

Selain itu, dalam ranah kognitif, penggunaan AR menunjukkan peningkatan pemahaman yang signifikan pada siswa. Pemahaman yang lebih baik terhadap struktur dan fungsi organ tubuh, seperti mata dan telinga, tercermin dari kemampuan mereka untuk menjelaskan dan menganalisis konsep-konsep tersebut dengan lebih jelas. Seperti yang dikatakan oleh Topping (2021) penggunaan teknologi yang memfasilitasi interaksi visual dan *hands-on*, seperti AR, membantu siswa dalam memperoleh pemahaman yang lebih konkret dan mendalam, yang pada gilirannya meningkatkan kualitas pembelajaran mereka.

Penerapan AR juga memberikan dampak signifikan terhadap sikap siswa terhadap pembelajaran sains. Sebelum penerapan AR, siswa cenderung melihat IPAS sebagai pelajaran yang sulit dan penuh dengan istilah-istilah asing. Namun, setelah diperkenalkan dengan AR, mereka mulai menganggap IPAS sebagai pelajaran yang menarik dan mudah dipahami. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Coma-Roselló et al. (2022), yang menunjukkan bahwa penggunaan teknologi dalam pendidikan, seperti dalam pengembangan kewarganegaraan global melalui proyek sosial, dapat meningkatkan minat dan pemahaman siswa terhadap materi yang mereka pelajari. Dalam konteks ini, AR berfungsi sebagai alat untuk memvisualisasikan konsep-konsep sains yang sulit, yang pada gilirannya memfasilitasi pemahaman yang lebih baik.

Sementara itu, dalam ranah psikomotor, AR juga memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengembangkan keterampilan manipulatif dan literasi teknologi yang penting. Mereka berinteraksi dengan model 3D organ tubuh menggunakan perangkat digital melalui gestur tangan, seperti memperbesar, memutar, dan mengetuk model. Keterampilan ini tidak hanya bermanfaat dalam konteks pembelajaran IPAS, tetapi juga penting untuk pengembangan literasi teknologi siswa di era digital ini. Seperti yang diungkapkan oleh Faltová et al. (2024), teknologi digital dapat meningkatkan keterampilan praktis siswa yang diperlukan di dunia kerja masa depan, dan AR berfungsi sebagai salah satu alat yang dapat mengembangkan keterampilan tersebut.

Penggunaan AR mendorong keterlibatan siswa dalam kegiatan kolaboratif. Selama pembelajaran, siswa bekerja dalam kelompok untuk memanipulasi perangkat AR dan saling berdiskusi mengenai konsep-konsep yang mereka pelajari. Kolaborasi ini memperkuat keterampilan sosial mereka, meningkatkan kemampuan mereka untuk berko-

munikasi dan berbagi ide dengan teman-teman mereka, serta memperdalam pemahaman mereka terhadap materi yang diajarkan. Kim dan Cappella (2016) menunjukkan bahwa interaksi sosial dan kolaborasi antar siswa memainkan peran penting dalam meningkatkan keterlibatan mereka dalam pembelajaran dan pengembangan keterampilan sosial.

Temuan penelitian ini sejalan dengan kajian yang dilakukan oleh Allwood & Brodin (2025), yang menekankan pentingnya pengelolaan kelas yang berbasis komunitas dalam membangun hubungan sosial yang positif di antara siswa. Penggunaan AR dalam pembelajaran IPAS, dengan sifatnya yang interaktif dan kolaboratif, memungkinkan siswa untuk bekerja sama dalam memecahkan masalah, berbagi pengetahuan, dan membangun hubungan yang lebih baik dengan teman-teman sekelas mereka (Czok et al., 2023). Hal ini memperkuat pemahaman bahwa pembelajaran tidak hanya bergantung pada penyampaian materi, tetapi juga pada interaksi sosial yang terjadi dalam kelas.

Peningkatan motivasi dan minat belajar juga menunjukkan hubungan erat dengan peningkatan hasil belajar siswa. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan AR dapat meningkatkan minat belajar siswa, yang berpengaruh langsung pada peningkatan nalar kritis dan keterampilan komunikasi mereka. Hal ini sesuai dengan temuan Ansari et al. (2022) yang mengungkapkan bahwa peningkatan motivasi siswa berkontribusi pada perubahan perilaku dan keterlibatan mereka dalam pembelajaran. Dalam konteks ini, AR bertindak sebagai alat yang memfasilitasi peningkatan motivasi dan keterlibatan siswa, yang pada gilirannya mendukung perkembangan akademik mereka.

AR juga berfungsi sebagai alat yang memfasilitasi perubahan persepsi siswa terhadap sains. Siswa yang sebelumnya melihat IPAS sebagai subjek yang sulit, kini merasa lebih percaya diri dalam memahami dan mempelajari konsep-konsep ilmiah. Sebagai contoh, kemampuan siswa untuk melihat model 3D organ tubuh dalam berbagai perspektif membantu mereka untuk lebih memahami dan mengingat fungsi organ-organ tersebut. Penelitian oleh Czok et al. (2023) mendukung temuan ini dengan menunjukkan bahwa teknologi dapat mengubah cara siswa memahami dan berinteraksi dengan materi pelajaran, yang akhirnya meningkatkan kualitas pembelajaran mereka.

Dalam hal keterampilan komunikasi, siswa mengomunikasikan ide dan pengetahuan yang lebih jelas dan terstruktur. Pembuatan poster edukatif sebagai produk akhir proyek memungkinkan siswa untuk mengekspresikan apa yang telah mereka pelajari dalam bentuk yang lebih visual dan kreatif. Hal ini meningkatkan kemampuan mereka dalam menyampaikan informasi secara efektif, baik secara lisan maupun visual. Sejalan dengan hal ini, penelitian yang dilakukan oleh (Laninga-Wijnen et al., 2021) menunjukkan bahwa keterampilan komunikasi yang baik sangat penting dalam pembelajaran dan dapat dikembangkan melalui aktivitas yang melibatkan ekspresi verbal dan non-verbal.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan AR dalam pembelajaran IPAS memberikan dampak positif dalam berbagai ranah, baik afektif, kognitif, maupun psikomotor. Penggunaan AR meningkatkan minat, motivasi, dan pemahaman siswa terhadap materi IPAS, yang pada gilirannya meningkatkan keterampilan komunikasi, nalar kritis, dan keterlibatan mereka dalam pembelajaran. Hal ini membuktikan bahwa teknologi, seperti AR, memiliki potensi besar untuk memperbaiki

kualitas pendidikan, khususnya dalam konteks pembelajaran sains di tingkat sekolah dasar.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa penerapan *Project-Based Learning* (PjBL) berbantuan *Augmented Reality* (AR) terbukti efektif dalam meningkatkan nalar kritis dan keterampilan komunikasi siswa kelas V SD pada mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS). Pembelajaran yang berbasis AR memungkinkan siswa untuk lebih mudah memahami konsep-konsep yang sebelumnya sulit dan abstrak, seperti materi tentang organ tubuh manusia. Penggunaan AR dalam pembelajaran memfasilitasi siswa untuk berinteraksi dengan model tiga dimensi (3D), yang tidak hanya memudahkan pemahaman materi, tetapi juga merangsang mereka untuk berpikir lebih kritis dalam menganalisis dan memecahkan masalah.

Dalam ranah nalar kritis, siswa dapat lebih mudah memahami hubungan antar bagian organ tubuh manusia melalui visualisasi AR. Representasi 3D yang dapat diputar dan diamati dari berbagai sudut membuat konsep-konsep yang abstrak menjadi lebih konkret, sehingga siswa dapat berpikir lebih mendalam mengenai fungsi dan struktur organ tubuh. Penerapan AR dalam PjBL juga memberikan kesempatan bagi siswa untuk melakukan diskusi kelompok dalam menyelesaikan proyek, yang turut mendukung peningkatan keterampilan komunikasi mereka.

Di ranah komunikasi, penggunaan AR memungkinkan siswa untuk menyampaikan pemahaman mereka melalui pembuatan poster edukatif yang menggambarkan cara menjaga kesehatan mata. Proyek ini mengharuskan siswa untuk mengkomunikasikan ide dan informasi secara visual, yang memperkuat kemampuan mereka dalam menyampaikan ide secara jelas dan terstruktur. Pengalaman belajar berbasis AR juga mendorong siswa untuk bekerja sama, berbagi ide, dan mendiskusikan hasil temuan mereka, yang meningkatkan kemampuan mereka dalam berkomunikasi di dalam kelompok.

Berdasarkan temuan penelitian ini, beberapa saran berikut dapat diajukan untuk meningkatkan efektivitas penggunaan AR dalam pembelajaran. Teknologi AR harus semakin diintegrasikan ke dalam kurikulum pendidikan sekolah dasar, terutama dalam mata pelajaran yang membutuhkan pengembangan nalar kritis dan keterampilan komunikasi siswa. Pembelajaran berbasis AR dapat menjadikan materi lebih menarik, interaktif, dan mudah dipahami oleh siswa, sekaligus meningkatkan kualitas pembelajaran. Untuk memaksimalkan penggunaan AR, guru perlu dilatih untuk memanfaatkan teknologi ini dalam pembelajaran. Pelatihan ini akan membantu guru untuk lebih memahami cara menggunakan AR dan PjBL untuk mengajarkan materi yang abstrak dan meningkatkan keterampilan komunikasi siswa. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi pengaruh jangka panjang dari penggunaan AR di berbagai mata pelajaran. Pengembangan konten AR yang lebih beragam sangat penting untuk mendukung pembelajaran yang lebih menyeluruh. Dengan saran-saran tersebut, diharapkan penerapan AR dalam pendidikan dapat lebih optimal, memberikan manfaat yang lebih besar bagi siswa, dan meningkatkan kualitas pendidikan Indonesia, terutama dalam meningkatkan nalar kritis dan keterampilan komunikasi siswa.

DAFTAR REFERENSI

- Adair, L. S., Carba, D. B., Lee, N. R., & Borja, J. B. (2021). Stunting, IQ, and final school attainment in the Cebu Longitudinal Health and Nutrition Survey birth cohort. *Economics and Human Biology*, 42. <https://doi.org/10.1016/j.ehb.2021.100999>
- Allwood, C. A., & Brodin, E. M. (2025). Classroom management as community building: a primary schoolteacher's integrated rituals, emotional labor, and professional improvisation. *Cogent Education*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2479208>
- Ansari, A., Shepard, M., & Gottfried, M. A. (2022). School uniforms and student behavior: is there a link? *Early Childhood Research Quarterly*, 58, 278–286. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2021.09.012>
- Bobek, E., & Tversky, B. (2016). Creating visual explanations improves learning. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 1(1). <https://doi.org/10.1186/s41235-016-0031-6>
- Çalışkan, E. F., & Ulaş, A. H. (2022). The effect of parent-involved reading activities on primary school students' reading comprehension skills, reading motivation, and attitudes towards reading. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 14(4), 509–524. <https://doi.org/10.26822/iejee.2022.260>
- Chimwayange, C. (2024). Promoting student engagement using *Project-Based Learning* as service-based skills development. *International Journal of Technology and Design Education*. <https://doi.org/10.1007/s10798-024-09947-w>
- Coma-Roselló, T., Blasco-Serrano, A. C., & Del Álamo, A. B. E. (2022). Developing critical global-citizenship through a social innovation project in an elementary school. *International Journal of Sociology of Education*, 11(2), 185–211. <https://doi.org/10.17583/rise.9161>
- Creswell. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative and mixed methods Approaches* (4th ed.).
- Crismon, M. L., West-Strum, D. S., Dowling-McClay, K., Drame, I., Hastings, T. J., Jumbo-Lucioni, P., Marwitz, K. K., Spence, A., Farrell, D., & Walker, R. (2023). The report of the 2021–2022 AACP research and graduate affairs committee. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 87(1), 129–138. <https://doi.org/10.5688/ajpe9454>
- Czok, V., Krug, M., Müller, S., Huwer, J., & Weitzel, H. (2023). Learning effects of *Augmented Reality* and game-based learning for science teaching in higher education in the context of education for sustainable development. *Sustainability (Switzerland)*, 15(21). <https://doi.org/10.3390/su152115313>
- da Luz Scherf, E. (2023). Challenges in making school social work a reality in Brazilian schools. *International Social Work*, 66(2), 590–596. <https://doi.org/10.1177/00208728211031965>
- Eklund, G., Sundqvist, C., Lindell, M., & Toppinen, H. (2020). A study of Finnish primary school teachers' experiences of their role and competences by implementing the three-tiered support. *European Journal of Special Needs Education*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/08856257.2020.1790885>

- Ellianawati, E., Subali, B., Putra, B. R., Wahyuni, S., Dwijananti, P., Adhi, M. A., & Yusof, M. M. M. (2025). Critical thinking and creativity in STEAM-based collaborative learning on renewable energy issues. *Journal of Education and Learning*, 19(1), 112–119. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v19i1.21638>
- Faltová, B., Mojžíšová, A., & Holá, J. (2024). The perspective of cooperation between foster parents and the school social workers in elementary schools. *Kontakt*, 26(3), 285–292. <https://doi.org/10.32725/kont.2024.042>
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2019). *How to design and evaluate research in education*. (10th ed.). McGraw-Hill.
- Hardiansyah, F., Misbahudholam Ar, M., Hidayatillah, Y., Astutik, C., & Sumenep, S. P. (2023). *Utilization of eco-literacy in science learning as a teaching media in elementary schools*.
- Helgesson, M., Kjeldgård, L., Björkenstam, E., Rahman, S., Gustafsson, K., Taipale, H., Tanskanen, A., Ekselius, L., & Mittendorfer-Rutz, E. (2023). Sustainable labour market participation among working young adults with diagnosed attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *SSM - Population Health*, 23. <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2023.101444>
- Henssen, D. J. H. A., van den Heuvel, L., De Jong, G., Vorstenbosch, M. A. T. M., van Cappellen van Walsum, A. M., Van den Hurk, M. M., Kooloos, J. G. M., & Bartels, R. H. M. A. (2020a). Neuroanatomy learning: Augmented Reality vs. cross-sections. *Anatomical Sciences Education*, 13(3), 353–365. <https://doi.org/10.1002/ase.1912>
- Henssen, D. J. H. A., van den Heuvel, L., De Jong, G., Vorstenbosch, M. A. T. M., van Cappellen van Walsum, A. M., Van den Hurk, M. M., Kooloos, J. G. M., & Bartels, R. H. M. A. (2020b). Neuroanatomy learning: Augmented Reality vs. cross-sections. *Anatomical Sciences Education*, 13(3), 353–365. <https://doi.org/10.1002/ase.1912>
- Horoz, N., van Atteveldt, N., van Lier, P. A. C., Houweling, T. A. J., Oude Groeniger, J., van Lenthe, F. J., Koot, H. M., & Buil, J. M. (2025). Context matters: Norm salience toward aggression moderates the association between parental education and childhood aggressive behavior development. *International Journal of Behavioral Development*, 49(4), 313–322. <https://doi.org/10.1177/01650254241279794>
- Husamah, H., Suwono, H., Nur, H., & Dharmawan, A. (2022). Sustainable development research in Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education: A systematic literature review. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(5). <https://doi.org/10.29333/ejmste/11965>
- Kim, H. Y., & Cappella, E. (2016). Mapping the Social World of Classrooms: A Multi-Level, Multi-Reporter Approach to Social Processes and Behavioral Engagement. *American Journal of Community Psychology*, 57(1–2), 20–35. <https://doi.org/10.1002/ajcp.12022>
- Laninga-Wijnen, L., van den Berg, Y. H. M., Mainhard, T., & Cillessen, A. H. N. (2021). The role of aggressive peer norms in elementary school children's perceptions of classroom peer climate and school adjustment. *Journal of Youth and Adolescence*, 50(8), 1582–1600. <https://doi.org/10.1007/s10964-021-01432-0>

- Makkar, S. R., Lipnicki, D. M., Crawford, J. D., Kochan, N. A., Castro-Costa, E., Lima-Costa, M. F., Diniz, B. S., Brayne, C., Stephan, B., Matthews, F., Llibre-Rodriguez, J. J., Llibre-Guerra, J. J., Valhuerdi-Cepero, A. J., Lipton, R. B., Katz, M. J., Zammit, A., Ritchie, K., Carles, S., Carriere, I., ... Sachdev, P. (2020). Education and the moderating roles of age, sex, ethnicity and apolipoprotein epsilon 4 on the risk of cognitive impairment. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2020.104112>
- Nomaguchi, K., & Allen, A. (2023). Mother-child relationship quality from preschool to adolescence: Variation by maternal education. *Personal Relationships*, 30(2), 399–418. <https://doi.org/10.1111/pere.12475>
- Opoku, R., Judd, N., Cresswell, K., Parker, M., James, M., Scourfield, J., Hughes, K., Noyes, J., Bristow, D., Kontopantelis, E., Brophy, S., & Kennedy, N. (2025). Factors associated with childhood out-of-home care entry and re-entry in high income countries: A systematic review of reviews. *Children and Youth Services Review*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.childyouth.2025.108467>
- Parker, R., Thomsen, B. S., & Berry, A. (2022). Learning through play at school – A framework for policy and practice. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.751801>
- Piaget, J. (1952). *When thinking begins*.
- Ramlah, Abadi, A. P., Aisyah, D. S., Lestari, K. E., & Yudhanegara, M. R. (2023). Digital puzzle worksheet for identifying metacognition level of students: a study of gender differences. *European Journal of Educational Research*, 12(2), 795–810. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.12.2.795>
- Rasmitadila, Rachmadtullah, R., Prasetyo, T., Humaira, M. A., Sari, D. A., Samsudin, A., Nurtanto, M., . F., & ZamZam, R. (2024). Professional development for Indonesian elementary school teachers: Increased competency and sustainable teacher development programs. *F1000Research*, 13, 1375. <https://doi.org/10.12688/f1000research.156946.1>
- Santoso, & Santoso. (2024). Case study: problem-based learning model for soccer basic movement skills and learning activity.
- Sari, V. J., & Sutikno, P. Y. (2024). Development artsteps learning media using songs on the topic of animal life cycle. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(7), 4075–4085. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i7.7306>
- Strukova, A., Iurchik, E., Petrakova, A., Kanonire, T., Orel, E., & Kulikova, A. (2023). Primary school teachers' beliefs on students' socio-emotional development. *Voprosy Obrazovaniya / Educational Studies Moscow*, 2023(2), 187–213. <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2023-2-187-213>
- Stull, A. T., Gainer, M. J., & Hegarty, M. (2018). Learning by enacting: The role of embodiment in chemistry education. *Learning and Instruction*, 55, 80–92. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.09.008>
- Sugiyono. (2013). *Metode penelitian kuantitatif*.
- Topping, K. J. (2021). Digital hardware for peer assessment in K-12 schools and universities. *Frontiers in Education*, 6. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.666538>

- Valtonen, J. O., Kyhälä, A. L., & Reunamo, J. (2025). Segmented school day sedentary behaviour and physical activity in a primary school—an observational study. *Cogent Education*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2467489>
- Viratama, P., Ika, Gafiria, A., Putri, P., Herawati, M. A., Karim, N. I., & Ramadhani, A. (2025). Strategi pembelajaran IPA berbasis konkret untuk mengatasi kesulitan berpikir abstrak pada siswa SD dalam memahami konsep ilmiah. *Kebumian Dan Angkasa*, 3, 255–266. <https://doi.org/10.62383/algoritma.v3i4.680>
- Vuk, S., & Bosnar, M. (2021). Process in contemporary visual art as a paradigm shift in the visual art education: Perspective of creativity. *Creativity Studies*, 14(1), 99–111. <https://doi.org/10.3846/cs.2021.12632>
- Yan, J., Smith, J., Morgan, P., & Eather, N. (2021). A historical review of physical education in China (1949–2020). *Journal of Education and Training Studies*, 9(4), 21–28. <https://doi.org/10.11114/jets.v9i4.5203>