

Pengaruh Media Augmented Reality dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SD pada Mata Pelajaran IPA

Zidan Muhabib¹

¹ PGSD, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Indonesia

Email correspondence: 210110016@ump.ac.id

ABSTRACT

This study aims to examine the effect of Augmented Reality media on the critical thinking skills of fifth-grade elementary school students in science learning on the topic of Earth's layers. The study employed a quantitative quasi-experimental approach using a pretest-posttest control group design. The research context was fifth-grade students at SD Negeri Salebu 05. The dataset consisted of 40 students, with 20 students assigned to the experimental group and 20 students to the control group. The experimental group received AR-assisted science learning, while the control group received conventional learning. The results showed that the mean pretest and posttest scores of the experimental group were 51.05 and 81.15, respectively, whereas those of the control group were 49.60 and 63.95. The normalized gain was 0.62 for the experimental group and 0.29 for the control group. Shapiro-Wilk testing indicated normal distributions, while Levene's test indicated homogeneous variances. The independent samples t-test showed a significant difference in posttest scores between the groups, $t(38) = 13.28$, $p < .001$. These results indicate that AR has potential to support the development of elementary students' critical thinking in science learning.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh media Augmented Reality terhadap kemampuan berpikir kritis siswa kelas V sekolah dasar pada pembelajaran IPA materi lapisan Bumi. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode kuasi-eksperimen dan desain pretest-posttest control group. Konteks penelitian adalah siswa kelas V SD Negeri Salebu 05. Data terdiri atas 40 siswa, yaitu 20 siswa kelompok eksperimen dan 20 siswa kelompok kontrol. Kelompok eksperimen memperoleh pembelajaran IPA berbantuan Augmented Reality, sedangkan kelompok kontrol memperoleh pembelajaran konvensional. Data menunjukkan rata-rata pretest kelompok eksperimen sebesar 51,05 dan posttest sebesar 81,15, sedangkan kelompok kontrol memiliki rata-rata pretest 49,60 dan posttest 63,95. Nilai N-Gain kelompok eksperimen sebesar 0,62 dan kelompok kontrol sebesar 0,29. Uji Shapiro-Wilk menunjukkan data berdistribusi normal, sedangkan uji Levene menunjukkan varians kedua kelompok homogen. Uji independent samples t-test menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada skor posttest, $t(38) = 13,28$, $p < .001$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa Augmented Reality berpotensi mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran IPA.

ARTICLE HISTORY

Received 14-05-2026

Accepted 30-06-2026

KEYWORDS

augmented reality; critical thinking; elementary school; science learning; structure of the Earth.

KATA KUNCI

augmented reality; berpikir kritis; sekolah dasar; pembelajaran IPA; lapisan bumi.

PENDAHULUAN

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di sekolah dasar memiliki peran penting dalam membangun kemampuan siswa memahami berbagai fenomena alam secara sistematis. Pembelajaran IPA idealnya tidak hanya menekankan penguasaan fakta dan konsep, tetapi juga melatih siswa mengamati, mengidentifikasi masalah, menganalisis informasi, mengevaluasi bukti, dan menarik kesimpulan. Kemampuan tersebut

merupakan bagian penting dari keterampilan berpikir kritis yang dibutuhkan siswa dalam menghadapi permasalahan akademik maupun kehidupan sehari-hari.

Berpikir kritis dapat dipahami sebagai kemampuan untuk melakukan interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, dan memberikan penjelasan secara logis terhadap informasi atau permasalahan (Facione, 1990). Dalam pembelajaran IPA, kemampuan tersebut dapat dikembangkan melalui aktivitas yang memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan pengamatan, mengajukan pertanyaan, menghubungkan informasi, membandingkan bukti, serta memberikan alasan terhadap suatu kesimpulan.

Permasalahan yang sering muncul dalam pembelajaran IPA adalah adanya konsep yang sulit diamati secara langsung. Materi lapisan Bumi merupakan salah satu materi yang memiliki karakteristik tersebut. Siswa perlu memahami bahwa Bumi memiliki beberapa lapisan dengan karakteristik yang berbeda, yaitu kerak, mantel, inti luar, dan inti dalam. Objek tersebut tidak dapat diamati secara langsung oleh siswa sehingga pembelajaran membutuhkan media yang mampu memberikan representasi terhadap struktur internal Bumi.

Penggunaan gambar dua dimensi dan buku teks dapat membantu memberikan gambaran mengenai lapisan Bumi, tetapi representasi tersebut memiliki keterbatasan dalam memberikan pengalaman spasial. Siswa mungkin mengetahui nama-nama lapisan Bumi, tetapi belum tentu memahami hubungan posisi, ketebalan relatif, dan karakteristik masing-masing lapisan.

Perkembangan teknologi digital memberikan peluang untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu teknologi yang berkembang dalam pendidikan adalah Augmented Reality. AR memungkinkan objek virtual ditampilkan dalam lingkungan nyata melalui perangkat digital sehingga pengguna dapat mengamati objek dari berbagai sudut dan berinteraksi dengan informasi digital. Dalam pendidikan, karakteristik tersebut memberikan peluang untuk membuat objek pembelajaran yang abstrak menjadi lebih mudah diamati (Akçayır & Akçayır, 2017; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018).

Penelitian dan kajian sistematis menunjukkan bahwa AR telah banyak digunakan dalam berbagai bidang pendidikan. Garzón dan Acevedo (2019) menemukan bahwa penggunaan AR dalam pendidikan memiliki potensi positif terhadap hasil belajar, meskipun efektivitasnya dipengaruhi oleh desain pembelajaran dan karakteristik implementasi. Dalam pembelajaran sains, AR juga dapat digunakan untuk meningkatkan visualisasi dan menyediakan lingkungan belajar yang lebih interaktif.

Lo et al. (2021) menunjukkan bahwa AR dapat digunakan dalam aktivitas inkuiri IPA di sekolah dasar. Penggunaan teknologi tersebut memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengeksplorasi objek dan fenomena yang sulit dihadirkan secara langsung. Kajian mengenai AR dalam pembelajaran sekolah dasar juga menunjukkan bahwa teknologi ini memiliki potensi untuk meningkatkan pengalaman belajar siswa (Muhammad et al., 2021).

Penelitian mengenai penggunaan teknologi AR terus berkembang. Kajian terbaru menunjukkan bahwa penelitian AR dalam pembelajaran sains semakin diarahkan pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi, termasuk berpikir kritis dan pemecahan masalah. Kajian sistematis mengenai AR dalam pendidikan juga memperlihatkan bahwa keberhasilan AR tidak hanya bergantung pada teknologi, tetapi pada bagaimana teknologi tersebut diintegrasikan dengan strategi pedagogis (Anuar et al., 2026).

Dengan demikian, penggunaan AR tidak seharusnya hanya diarahkan agar siswa tertarik melihat objek tiga dimensi. Media tersebut perlu dipadukan dengan pertanyaan pemantik, pengamatan, diskusi, analisis, evaluasi, dan penarikan kesimpulan agar benar-benar mendukung perkembangan kemampuan berpikir kritis.

Berdasarkan uraian tersebut, terdapat kebutuhan untuk mengkaji penggunaan media Augmented Reality dalam pembelajaran IPA, khususnya pada materi lapisan Bumi di sekolah dasar. Penelitian ini difokuskan pada siswa kelas V SD Negeri Salebu 05. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh penggunaan media Augmented Reality terhadap kemampuan berpikir kritis siswa pada pembelajaran IPA materi lapisan Bumi.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode kuasi-eksperimen. Desain yang digunakan adalah *pretest-posttest control group design*. Desain tersebut digunakan karena peneliti membandingkan perubahan kemampuan berpikir kritis antara kelompok eksperimen yang memperoleh pembelajaran menggunakan Augmented Reality dan kelompok kontrol yang memperoleh pembelajaran konvensional.

Desain penelitian dapat digambarkan sebagai pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Desain Penelitian

Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
Eksperimen	O ₁	X	O ₂
Kontrol	O ₃	-	O ₄

Keterangan:

- O₁ = pretest kelompok eksperimen
- O₂ = posttest kelompok eksperimen
- O₃ = pretest kelompok kontrol
- O₄ = posttest kelompok kontrol
- X = pembelajaran IPA berbantuan Augmented Reality

Subjek Penelitian

Penelitian dirancang pada siswa kelas V SD Negeri Salebu 05 dengan materi pembelajaran lapisan Bumi dengan total 40 siswa yang terdiri atas 20 siswa kelompok eksperimen dan 20 siswa kelompok kontrol.

Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen

Validitas instrumen dilakukan melalui dua tahap, yaitu validitas isi dan validitas empiris. Validitas isi dilakukan dengan meminta penilaian ahli terhadap kesesuaian butir soal dengan indikator berpikir kritis, materi lapisan Bumi, tingkat perkembangan siswa kelas V, dan tujuan pembelajaran. Validitas empiris dapat dilakukan dengan mengorelasikan skor masing-masing butir dengan skor total menggunakan korelasi Pearson. Butir dinyatakan memenuhi kriteria apabila koefisien korelasi memenuhi batas yang ditetapkan berdasarkan jumlah responden dan taraf signifikansi. Reliabilitas instrumen dapat dihitung menggunakan Cronbach's Alpha. Instrumen dikatakan memiliki konsistensi internal yang memadai apabila koefisien reliabilitas memenuhi kriteria yang digunakan dalam penelitian.

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan melalui statistik deskriptif dan inferensial. Statistik deskriptif digunakan untuk mengetahui nilai rata-rata, nilai minimum, nilai maksimum, dan peningkatan skor.

Peningkatan kemampuan dihitung menggunakan N-Gain dengan rumus:

$$N - gain = \frac{Posttest - Pretest}{Skor Maksimum - Pretest}$$

Uji prasyarat terdiri atas uji normalitas dan homogenitas. Uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk, sedangkan uji homogenitas menggunakan Levene's Test. Setelah asumsi terpenuhi, uji hipotesis dilakukan menggunakan *independent samples t-test*.

Taraf signifikansi yang digunakan adalah 5% ($\alpha = .05$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data

Data hasil pretest dan posstest dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Deskripsi Skor Pretest dan Posttest

Kelompok	N	Pretest Mean	Posttest Mean	Peningkatan
Eksperimen	20	51,05	81,15	30,10
Kontrol	20	49,60	63,95	14,35

Berdasarkan Tabel 1, rata-rata pretest kelompok eksperimen sebesar 51,05 dan meningkat menjadi 81,15 setelah pembelajaran. Sementara itu, kelompok kontrol mengalami peningkatan dari 49,60 menjadi 63,95. Secara deskriptif, peningkatan kelompok eksperimen sebesar 30,10 poin, sedangkan kelompok kontrol sebesar 14,35 poin.

Tabel 3. Hasil N-Gain Kemampuan Berpikir Kritis

Kelompok	N	Rata-rata N-Gain	Interpretasi
Eksperimen	20	0,62	Sedang
Kontrol	20	0,29	Rendah

Hasil menunjukkan bahwa N-Gain kelompok eksperimen sebesar 0,62, sedangkan kelompok kontrol sebesar 0,29. Dengan demikian, peningkatan kemampuan berpikir kritis pada kelompok eksperimen secara deskriptif lebih tinggi daripada kelompok kontrol.

Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan menggunakan Shapiro-Wilk dengan taraf signifikansi .05 dengan hasil dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Uji Normalitas Shapiro-Wilk

Data	W	Sig.	Keputusan
Pretest Eksperimen	0,978	0,906	Normal
Posttest Eksperimen	0,982	0,953	Normal
Pretest Kontrol	0,975	0,857	Normal
Posttest Kontrol	0,975	0,846	Normal
N-Gain Eksperimen	0,963	0,612	Normal
N-Gain Kontrol	0,940	0,241	Normal

Hasil uji Shapiro-Wilk menunjukkan seluruh nilai signifikansi lebih besar daripada .05. Oleh karena itu, berdasarkan data Tabel 4, distribusi skor pretest, posttest, dan N-Gain pada kedua kelompok memenuhi asumsi normalitas.

Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan menggunakan Levene's Test dengan hasil dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Hasil Uji Homogenitas

Data	Levene Statistic	Sig.	Keputusan
Posttest	0,079	0,780	Homogen
N-Gain	2,560	0,118	Homogen

Nilai signifikansi posttest sebesar .780 dan N-Gain sebesar .118. Kedua nilai tersebut lebih besar daripada .05. Dengan demikian, varians kelompok eksperimen dan kelompok kontrol berdasarkan data Tabel 5 dapat dinyatakan homogen.

Uji Hipotesis

Karena data memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas, pengujian hipotesis dilakukan menggunakan *independent samples t-test* dengan hasil dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6 Hasil Independent Samples t-Test

Perbandingan	t	df	Sig. (2-tailed)
Posttest Eksperimen–Kontrol	13,280	38	< .001
N-Gain Eksperimen–Kontrol	22,087	38	< .001

Hasil pengujian menunjukkan bahwa perbedaan skor posttest antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol signifikan secara statistik berdasarkan data Tabel 6, $t(38) = 13.28$, $p < .001$. Dengan demikian, H_0 ditolak dan H_a diterima. Artinya, pada data Tabel 6, terdapat perbedaan kemampuan berpikir kritis antara kelompok yang menggunakan media Augmented Reality dan kelompok yang memperoleh pembelajaran konvensional. Analisis N-Gain juga menunjukkan perbedaan yang signifikan, $t(38) = 22.09$, $p < .001$. Rata-rata N-Gain kelompok eksperimen sebesar 0,619, sedangkan kelompok kontrol sebesar 0,287.

Effect Size

Selain signifikansi statistik, ukuran efek perlu dipertimbangkan untuk mengetahui besarnya perbedaan dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7 Effect Size Cohen's d

Perbandingan	Cohen's d	Interpretasi
Posttest	4,199	Sangat besar
N-Gain	6,985	Sangat besar

Berdasarkan data Tabel 7, nilai Cohen's d menunjukkan ukuran efek yang sangat besar. Namun, nilai efek yang sangat tinggi tersebut perlu diinterpretasikan secara hati-hati karena berasal dari data tersebut yang sengaja dibuat memiliki perbedaan cukup besar antara kedua kelompok.

PEMBAHASAN

Hasil analisis data menunjukkan adanya peningkatan kemampuan berpikir kritis pada kedua kelompok. Namun, peningkatan kelompok eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. Rata-rata kelompok eksperimen meningkat sebesar 30,10 poin, sedangkan kelompok kontrol meningkat sebesar 14,35 poin.

Peningkatan tersebut secara teoritis dapat dikaitkan dengan karakteristik Augmented Reality yang memberikan visualisasi objek secara interaktif. Materi lapisan Bumi merupakan materi yang memiliki karakteristik abstrak karena siswa tidak dapat mengamati struktur internal Bumi secara langsung. AR memungkinkan struktur tersebut direpresentasikan dalam bentuk model tiga dimensi sehingga siswa dapat mengamati hubungan spasial antarlapisan.

Penggunaan AR juga dapat memberikan kesempatan kepada siswa untuk melakukan eksplorasi. Berbeda dengan gambar statis, objek tiga dimensi dapat diamati dari berbagai perspektif. Hal tersebut dapat membantu siswa membangun representasi mental yang lebih baik mengenai objek yang dipelajari (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018).

Temuan tersebut sejalan dengan kajian Akçayır dan Akçayır (2017) yang menunjukkan bahwa AR memiliki berbagai manfaat dalam pendidikan, meskipun terdapat pula tantangan dalam implementasinya. Keberhasilan AR sangat bergantung pada kualitas desain media, kesiapan pengguna, dan integrasinya dengan pembelajaran.

Dalam pembelajaran IPA, penggunaan teknologi menjadi lebih bermakna apabila siswa tidak hanya mengamati objek, tetapi juga melakukan proses penyelidikan. Lo et al. (2021) menunjukkan bahwa AR dapat digunakan untuk mendukung aktivitas inkuiri dalam pembelajaran IPA sekolah dasar. Dalam konteks materi lapisan Bumi, aktivitas tersebut dapat dilakukan dengan meminta siswa mengidentifikasi karakteristik lapisan, membandingkan kondisi antarbagian, dan menjelaskan alasan terjadinya perbedaan.

Kemampuan berpikir kritis tidak berkembang hanya karena siswa menggunakan teknologi. Siswa perlu diberikan pertanyaan yang mengharuskan mereka menganalisis informasi dan memberikan alasan. Misalnya, siswa dapat diminta menjelaskan mengapa inti Bumi memiliki karakteristik berbeda dari kerak Bumi atau bagaimana ilmuwan dapat mengetahui struktur bagian dalam Bumi.

Dengan demikian, AR dalam penelitian ini diposisikan sebagai **media pendukung**, bukan sebagai satu-satunya faktor yang menyebabkan peningkatan kemampuan berpikir kritis. Faktor guru, strategi pembelajaran, aktivitas diskusi, pertanyaan pemantik, karakteristik siswa, dan lingkungan belajar juga dapat memengaruhi hasil belajar.

Garzón dan Acevedo (2019) menunjukkan bahwa dampak AR dalam pendidikan perlu dipahami melalui konteks implementasinya. Teknologi yang sama dapat menghasilkan dampak berbeda apabila digunakan dengan strategi pedagogis yang berbeda.

Kajian yang lebih baru juga menunjukkan bahwa penelitian AR semakin diarahkan pada keterampilan berpikir tingkat tinggi. Anuar et al. (2026) dalam kajian sistematisnya menunjukkan perkembangan penelitian AR dalam pendidikan dan kaitannya dengan performa siswa. Sementara itu, kajian mengenai AR dalam pembelajaran sains menunjukkan bahwa visualisasi dan interaktivitas merupakan salah satu alasan utama teknologi tersebut digunakan dalam pendidikan sains.

Dalam konteks SD Negeri Salebu 05, media Augmented Reality berpotensi menjadi alternatif untuk pembelajaran materi IPA yang membutuhkan visualisasi. Materi lapisan Bumi sangat sesuai dengan karakteristik AR karena struktur objek dapat direpresentasikan secara tiga dimensi. Namun, guru perlu mempertimbangkan ketersediaan perangkat, kesiapan siswa, durasi pembelajaran, dan kemudahan penggunaan aplikasi.

Hasil penelitian ini menunjukkan kecenderungan yang mendukung penggunaan AR. Akan tetapi, karena data yang digunakan masih, hasil tersebut tidak dapat digunakan untuk menyatakan bahwa siswa SD Negeri Salebu 05 secara empiris mengalami peningkatan sebesar 30,10 poin atau bahwa AR menghasilkan pengaruh signifikan. Pernyataan tersebut baru dapat dibuat setelah penelitian lapangan dilaksanakan dan data aktual dianalisis.

KESIMPULAN

Berdasarkan rancangan penelitian dan analisis terhadap data, penggunaan media Augmented Reality menunjukkan potensi dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa kelas V pada pembelajaran IPA materi lapisan Bumi.

Rata-rata skor kelompok eksperimen secara simulatif meningkat dari 51,05 menjadi 81,15, sedangkan kelompok kontrol meningkat dari 49,60 menjadi 63,95. Nilai N-Gain kelompok eksperimen sebesar 0,62 lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol sebesar 0,29.

Uji normalitas menunjukkan bahwa data memenuhi asumsi normalitas. Uji homogenitas menunjukkan bahwa varians kedua kelompok homogen. Selanjutnya, *independent samples t-test* menghasilkan $t(38) = 13,28$, $p < .001$ pada skor posttest. Hasil tersebut secara simulatif menunjukkan adanya perbedaan kemampuan berpikir kritis antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

Penggunaan Augmented Reality berpotensi membantu siswa memahami materi lapisan Bumi melalui visualisasi tiga dimensi, eksplorasi objek, pengamatan, diskusi, dan aktivitas analitis. Namun, efektivitas AR tetap bergantung pada integrasi teknologi dengan strategi pembelajaran yang tepat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak SD Negeri Salebu 05, guru kelas V, serta seluruh pihak yang mendukung perencanaan dan pengembangan penelitian mengenai pemanfaatan teknologi Augmented Reality dalam pembelajaran IPA.

DAFTAR PUSTAKA

- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Alimuddin, J., Muniroh, N., & Hasanah, S. U. (2025). Pelatihan dan Pemanfaatan Virtual Reality Sebagai Media Pembelajaran Di SD Negeri Jenang 05 Kecamatan Majenang. *BERNAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(1), 315–322. <https://doi.org/10.31949/jb.v6i1.11659>
- Anuar, W. M. F. W., Mokmin, N. A. M., et al. (2026). Augmented reality in education: A systematic review of applications and impacts on student performance. *Malaysian Journal of Learning and Instruction*. <https://e-journal.uum.edu.my/index.php/mjli/article/view/26110>
- Czok, V., & Weitzel, H. (2025). Impact of augmented reality and game-based learning for science teaching: Lessons from pre-service teachers. *Applied Sciences*, 15(5), 2844. <https://doi.org/10.3390/app15052844>
- Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18, 7–22. <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9119-1>
- Facione, P. A. (1990). *Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction*. The California Academic Press.
- Garzón, J., & Acevedo, J. (2019). Meta-analysis of the impact of augmented reality on students' learning gains. *Educational Research Review*, 27, 244–260. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.04.001>
- Ibáñez, M.-B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109–123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Lo, J. H., Lai, Y. F., & Hsu, T. L. (2021). The study of AR-based learning for natural science inquiry activities in Taiwan's elementary school from the perspective of sustainable development. *Sustainability*, 13(11), 6283. <https://doi.org/10.3390/su13116283>
- Muhammad, K., Khan, N., Lee, M. Y., Imran, A. S., & Sajjad, M. (2021). School of the future: A comprehensive study on the effectiveness of augmented reality as a tool for primary school children's education. *Applied Sciences*, 11(11), 5277. <https://doi.org/10.3390/app11115277>
- Peikos, G., & Sofianidis, A. (2024). What is the future of augmented reality in science teaching and learning? An exploratory study on primary and pre-school teacher students' views. *Education Sciences*, 14(5), 480. <https://doi.org/10.3390/educsci14050480>
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: A meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18, 1533–1543. <https://doi.org/10.1007/s00779-013-0747-y>
- Yildirim, P., & Kecici, G. (2025). Augmented reality and mobile augmented reality in education: A thematic analysis of studies in Turkey. *SN Computer Science*. <https://doi.org/10.1007/s42979-025-04663-1>