

**PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN STEM
BERBASIS *AUGMENTED REALITY* MATERI STRUKTUR BUMI
DI SEKOLAH DASAR**



TESIS

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Magister
Pendidikan Guru Sekolah Dasar

Oleh

Eneng Darlianti
NIM 2308333

**PROGRAM STUDI MAGISTER PENDIDIKAN GURU SEKOLAH DASAR
KAMPUS UPI DI TASIKMALAYA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2025**

**PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN STEM
BERBASIS *AUGMENTED REALITY* MATERI STRUKTUR BUMI
DI SEKOLAH DASAR**

Oleh
Eneng Darlianti

S.Pd Universitas Pendidikan Indonesia, 2010

Sebuah Tesis yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Pendidikan (M.Pd.) pada Program Studi Magister Pendidikan Guru
Sekolah Dasar

© Eneng Darlianti
Universitas Pendidikan Indonesia
Juli 2025

Hak Cipta dilindungi undang-undang.
Tesis ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

ENENG DARLIANTI

**PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN STEM
BERBASIS *AUGMENTED REALITY* MATERI STRUKTUR BUMI
DI SEKOLAH DASAR**

disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



Prof. Dr. Karlimah, M.Pd.
NIP 196101221987032001

Pembimbing II



Dr. Ghullam Hamdu, M.Pd.
NIP 198006222008011004

Mengetahui
Ketua Program Studi Magister PGSD



Dr. Ghullam Hamdu, M.Pd.
NIP 198006222008011004

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran STEM berbasis *Augmented Reality* (AR) pada materi struktur bumi di sekolah dasar. Latar belakang penelitian didasari oleh kebutuhan guru dan siswa akan media yang interaktif, kontekstual serta mampu memvisualisasikan konsep abstrak struktur bumi yang selama ini sulit dipahami melalui media konvensional. Pendekatan STEM yang didukung media *Augmented Reality* (AR) dinilai praktis dan efektif untuk meningkatkan pemahaman, keterlibatan dan pengalaman belajar siswa secara menyeluruh. Metode penelitian yang digunakan adalah *Design-Based Research* (DBR) yang mencakup empat tahap: identifikasi dan analisis kebutuhan, perancangan solusi, implementasi dan pengujian dalam dua siklus, serta refleksi untuk penyempurnaan desain. Subjek penelitian ini melibatkan ahli materi, ahli media, guru kelas V, serta siswa kelas V sekolah dasar yang memberikan penilaian dan respon terhadap media pembelajaran. Data diperoleh melalui observasi, wawancara, studi dokumentasi, dan angket. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran STEM berbasis AR layak, praktis, dan relevan digunakan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran IPA di sekolah dasar, khususnya dalam memahami konsep struktur bumi yang bersifat abstrak. Penelitian ini merekomendasikan penggunaan media pembelajaran STEM berbasis *Augmented Reality* (AR) sebagai solusi inovatif dalam menyampaikan konsep-konsep abstrak di sekolah dasar.

Kata kunci: media pembelajaran, STEM, *Augmented Reality*, struktur bumi, DBR

ABSTRACT

This research aims to develop STEM learning media based on Augmented Reality (AR) on earth structure material in elementary school. The background of this research is the low understanding of science concepts of elementary school students, especially in abstract materials such as the structure of the earth, demanding interactive and contextual learning innovations. The STEM approach supported by Augmented Reality (AR) media is considered effective for increasing students' involvement, understanding, and overall learning experience. The research method used is Design-Based Research (DBR) which includes four stages: problem identification and analysis, solution design, implementation and testing in two cycles, and reflection for design improvement. The research subjects were fifth grade students in 2 elementary schools in Purwaharja, Banjar City. Data were obtained through observation, interviews, documentation studies, and questionnaires. The results showed that AR-based STEM learning media is feasible, practical, and relevant to be used to improve the quality of science learning in elementary schools, especially in understanding the concept of earth structure which is abstract. This study recommends the use of STEM learning media based on Augmented Reality (AR) as an innovative solution in conveying abstract concepts in elementary schools.

Keywords: learning media, STEM, Augmented Reality, earth structure, DBR

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA	
LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR REVISI	
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
ABSTRAK.....	x
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	7
1.3. Batasan Masalah	8
1.4. Rumusan Masalah.....	8
1.5. Tujuan Penelitian	8
1.6. Manfaat Penelitian	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1. Teori Konstruktivisme	10
2.2. Pendekatan STEM dalam Pembelajaran di SD.....	11
2.3. Media Pembelajaran IPA di SD	17
2.4. <i>Augmented Reality</i>	21
2.5. Struktur Bumi	29
2.6. Pengembangan Media Pembelajaran STEM Berbasis AR.....	35
2.7. Kajian Penelitian Terdahulu	37
2.8. Kerangka Berpikir.....	40
BAB III METODE PENELITIAN.....	41
3.1. Jenis Penelitian	41

3.2. Partisipan dan Tempat Penelitian	43
3.3. Instrumen Penelitian.....	44
3.4. Teknik Analisis Data	49
BAB IV HASIL PENELITIAN	52
4.1. Tahap Identifikasi dan Analisis Kebutuhan	52
4.2. Tahap Perancangan Solusi/ Media	68
4.3. Tahap Siklus Berulang dalam Pengujian dan Penyempurnaan Rancangan	77
4.4. Refleksi terhadap Seluruh Proses DBR dan Prinsip-Prinsip Desain yang Dihasilkan.....	94
BAB V PEMBAHASAN.....	96
5.1. Tahap Identifikasi dan Analisis Kebutuhan	96
5.2. Tahap Perancangan Solusi/ Media	102
5.3. Tahap Siklus Berulang dalam Pengujian dan Penyempurnaan Rancangan	109
5.4. Refleksi terhadap Seluruh Proses DBR dan Prinsip-Prinsip Desain yang Dihasilkan.....	116
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN.....	117
6.1. Simpulan.....	117
6.2. Saran.....	118
DAFTAR PUSTAKA.....	120
LAMPIRAN	137

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sintaks Berbagai Model PjBL	14
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu	38
Tabel 3.1 Kisi-kisi Instrumen Uji Validitas Ahli Media	46
Tabel 3.2 Kisi-kisi Instrumen Uji Validitas Ahli Materi.....	47
Tabel 3.3 Kisi-kisi Instrumen Uji Kepraktisan Siswa	47
Tabel 3.4 Kriteria Validitas.....	51
Tabel 3.5 Kriteria Kepraktisan Media	51
Tabel 4.1 Analisis Konsep Materi Struktur Bumi	53
Tabel 4.2 Hasil Temuan Utama dari Observasi Pembelajaran Struktur Bumi .	55
Tabel 4.3 Transkrip Wawancara dengan Guru	60
Tabel 4.4 Transkrip Wawancara dengan Siswa.....	63
Tabel 4.5 Kisi-kisi Desain Pengembangan Media Pembelajaran STEM Berbasis AR Materi Struktur Bumi	69
Tabel 4.6 Perancangan Prototipe Media Pembelajaran STEM Berbasis AR.....	71
Tabel 4.7 Hasil Validasi Ahli Materi	74
Tabel 4.8 Saran dan Rekomendasi Ahli Materi.....	76
Tabel 4.9 Hasil Validasi Ahli Media.....	76
Tabel 4.10 Saran dan Rekomendasi Ahli Media	77
Tabel 4.11 Hasil Angket Kepraktisan Siswa Siklus 1.....	78
Tabel 4.12 Rekapitulasi Hasil Wawancara dengan Siswa Siklus 1.....	80
Tabel 4.13 Refleksi untuk Perbaikan pada Siklus 2	86
Tabel 4.14 Hasil Angket Kepraktisan Siswa Siklus 2	86
Tabel 4.15 Rekapitulasi Hasil Wawancara dengan Siswa Siklus 2.....	89
Tabel 5.1 Hasil Utama Analisis Kurikulum Materi Struktur Bumi.....	97
Tabel 5.2 Hasil Temuan Utama Wawancara Guru dan Siswa.....	100
Tabel 5.3 Perbedaan Tampilan Media Sebelum dan Sesudah Direvisi.....	107
Tabel 5.4 Refleksi untuk Perbaikan pada Siklus 2	118

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh Media AR	22
Gambar 2.2 Struktur Bumi	29
Gambar 2.3 Kerak Bumi.....	30
Gambar 2.4 Batu Silikat	32
Gambar 2.5 Inti Luar Bumi	33
Gambar 2.6 Inti Dalam Bumi.....	34
Gambar 2.7 Kerangka Berpikir Penelitian.....	40
Gambar 3.1 DBR menurut Amiel dan Reeves (2008).....	41
Gambar 3.2 Model Analisi Data interaktif Milles dan Huberman	50
Gambar 4.1 Diagram Hasil Analisis Konsep Materi Struktur Bumi.....	54
Gambar 4.2 Observasi Proses Pembelajaran di SDN 1.....	57
Gambar 4.3 Observasi Proses Pembelajaran di SDN 2.....	58
Gambar 4.4 Observasi Proses Pembelajaran di SDN 3.....	59
Gambar 4.5 Flowchart Media Pembelajaran STEM Berbasis AR.....	70
Gambar 4.6 Storyboard Media Pembelajaran STEM Berbasis AR.....	71
Gambar 4.7 Penggunaan Media Siklus 1.....	85
Gambar 4.8 Penggunaan Media Siklus 2.....	93
Gambar 5.1 Proses Perancangan Media AR melalui Assembler Edu	103
Gambar 5.2 Hasil Validasi Ahli Materi	104
Gambar 5.3 Hasil Validasi Ahli Media	105
Gambar 5.4 Persentase Validasi Ahli Materi dan Ahli Media	107
Gambar 5.5 Perbandingan Persentase Kepraktisan Siklus 1 dan 2	114

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 SK Pembimbing	137
Lampiran 2 Surat Izin Penelitian.....	141
Lampiran 3 Instrumen Wawancara Guru Tahap Analisis	142
Lampiran 4 Instrumen Wawancara Siswa Tahap Analisis	154
Lampiran 5 Instrumen Lembar Observasi Pembelajaran.....	163
Lampiran 6 Angket Validasi Ahli Materi.....	172
Lampiran 7 Angket Validasi Ahli Media	174
Lampiran 8 Instrumen Wawancara Guru Tahap Siklus Berulang	176
Lampiran 9 Instrumen Wawancara Siswa Tahap Siklus Berulang	186
Lampiran 10 Angket Validasi Kepraktisan Siswa	223
Lampiran 11 Modul Ajar	241
Lampiran 12 Dokumentasi.....	244

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, A., Sajidan, S., Akhyar, M., & Suryani, N. (2019). Development Frameworks of The Indonesian Partnership 21st-Century Skills Standards For Prospective Science Teachers: A Delphi Study. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(1), 89-100. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i1.11647>
- Agustina, L., et al. (2023). Efektivitas Model 3D dalam Pembelajaran Struktur Bumi. *Jurnal Basicedu*, 7(1), 210-220.
- 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>
- Al-Azawi, R., Albadi, A., Moghaddas, R., & Westlake, J. (2019). Exploring The Potential of Using Augmented Reality and Virtual Reality for STEM Education. In L. Uden, D. Liberona, G. Sanchez, & S. Rodríguez-González (Eds.), *Learning Technology For Education Challenges* (Vol. 1011, pp. 36–44). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20798-4_4
- Alfianti, R., Suryani, N., & Wulandari, D. (2020). Pengembangan Video Animasi Pembelajaran IPS untuk Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 22(2), 113–120. <https://doi.org/10.21009/jtp.v22i2.17057>
- Alhafiz, N. (2022). Analisis Profil Gaya Belajar Siswa untuk Pembelajaran Berdiferensiasi di SMP Negeri 23 Pekanbaru. *J-Abdi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(28).
- Amiel, T., & Reeves, T. C. (2008). Design-Based Research and Educational Technology: Rethinking Technology and The Research Agenda. *Journal of Educational Technology & Society*, 11(4), 29–40. <https://www.jstor.org/stable/10.2307/jeductechsoci.11.4.29>
- Anggraeni, F., & Wahyuni, S. (2022). Implementasi Pendekatan STEM dalam Pembelajaran Sains di Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 13(1), 55–64. <https://doi.org/10.21009/jpd.v13i1.12345>
- Anggraini, P. N., Aprima, D., & Siligar, E. P. (2024). Penerapan Model Problem Based Learning Berbantuan Media Konkrit terhadap Kemampuan Pemahaman Konsep IPA Siswa Kelas V SD. *Journal of Education Research*, 5(4), 4547-4562. <https://doi.org/10.37985/jer.v5i4.1605>

- Anugrah, F., Rahmawati, D., & Lestari, Y. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran IPS Berbasis Game Edukasi Wordwall di Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar Nusantara*, 7(1), 45–54.
- Anwari, I., Rachmadtullah, R., Samsudin, A., Syaodih, E., Nurtanto, M., & Sofyan, H. (2022). The Effect of STEM-Based Learning on Students' Problem-Solving Skills and Science Literacy. *Journal of Physics: Conference Series*, 2194(1), 012026. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2194/1/012026>
- Arif, S. H., Handoyo, B., & Rosyida, F. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Geografi Menggunakan Augmented Reality pada Materi Vulkanisme Berbasis Spasial. *Jurnal Integrasi dan Harmoni Inovatif Ilmu-Ilmu Sosial*, 2(2), 184-193.
- Arifin, A. M., Pujiastuti, H., & Sudiana, R. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran STEM dengan Augmented Reality untuk Meningkatkan Kemampuan Spasial Matematis Siswa. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 7(1), 59-73. <http://dx.doi.org/10.21831/jrpm.v7i1.32135>
- Arsyad, A. (2020). Media Pembelajaran. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Atina, V., Nurchim, N., & Yudha, Y. A. (2020). Penerapan Aplikasi Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Digital di Taman Kanak-Kanak. *Indonesian Journal of Community Services*, 2(2), 172. <https://doi.org/10.30659/ijocs.2.2.172-180>
- Atmojo, I. R. W., Ardiansyah, R., Saputri, D. Y., & Adi, F. P. (2021). The Effectiveness of STEAM-Based Augmented Reality Media in Improving The Quality of Natural Science Learning in Elementary School. *Al-Ishlah: Jurnal Pendidikan*, 13(2), 821-828. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v13i2.643>
- Azuma, R., Billinghurst, M., & Klinker, G. (2021). Special Section on Mobile Augmented Reality. *Journal of Educational Technology Systems*, 42(1), 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104124>
- Bell, S., & Bull, G. (2020). Project-Based Learning: A Review of The Literature on Effectiveness in STEM Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(3), 384–406. <https://doi.org/10.1002/tea.21574>
- Bretos, M. A., Ibáñez-Sánchez, S., & Orús, C. (2023). Applying Virtual Reality and Augmented Reality to The Tourism Experience: A Comparative Literature Review. *Spanish Journal of Marketing - ESIC*, 28(3), 287-309. <https://doi.org/10.1108/sjme-03-2023-0052>
- Brooks, J. G., & Brooks, M. G. (2019). In Search of Understanding: The Case For Constructivist Classrooms (2nd ed.). ASCD.

- Bybee, R W (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities (Arlington- Virginia: National Science Teachers Association Press)*
- Bybee, R.W. (2018). *STEM Education Now More Than Ever. NSTA Press.* <https://doi.org/10.2505/9781681403963>
- Carolina, S. (2022). Pemanfaatan AR Dalam Memvisualisasikan Konsep Abstrak pada Pembelajaran IPA SD. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 13(2), 77–85.
- Carolina, Y. D. (2022). Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Interaktif 3D untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa Digital Native. *Ide guru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 8(1), 10– 16. <https://doi.org/10.51169/ideguru.v8i1.448>
- Cawood, S., & Fiala, M. (2007). *Augmented Reality: A Practical Guide. The United Raleigh, N.C.: Pragmatic Bookshelf.*
- Chen, C.-M., Wang, C.-H., & Yu, C.-C. (2021). Effects of Different Types of Interaction Design in Augmented Reality-Based Learning Environments on Student Learning Performance, Motivation, and Engagement. *British Journal of Educational Technology*, 52(1), 172–187. <https://doi.org/10.1111/bjet.12955>
- Chen, M.-C., & Hsieh, S.-H. (2019). Intelligence Augmented Reality Tutoring System for Mathematics Teaching and Learning. *Journal of Internet Technology*, 20(5), 1673–1681. <https://doi.org/10.3966/160792642019102005008>
- Chen, Y., & Li, H. (2023). The Effects of Animated Illustration and Interactive Simulation on Primary Students' Learning Engagement. *International Journal of Educational Technology*, 40(1), 22–33. <https://doi.org/10.1016/ijet.2023.01.004>
- Chen, Y., & Li, X. (2023). The Impact of Animated Illustrations and Interactive Simulations on Student Engagement in Primary Science. *International Journal of Educational Technology*, 15(2), 112-130.
- Chen, Y.-C., Wu, H.-K., & Wang, C.-Y. (2022). Augmented Reality in Science Education: A Systematic Review of The Literature. *Educational Research Review*, 36, 100454. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100454>
- Cheng, K.-H., & Tsai, C.-C. (2020). Students' Motivational Beliefs and Strategies, and The Use of Augmented Reality in Science Learning: A Structural Equation Model. *British Journal of Educational Technology*, 51(1), 214–230. <https://doi.org/10.1111/bjet.12814>
- Cotabish, A., Dailey, D., Robinson, A., & Hughes, G. (2013). The Effects of A STEM Intervention on Elementary Students' Science Knowledge and

- Skills. *School Science and Mathematics*, 113(5), 215-226. <https://doi.org/10.1111/ssm.12023>
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2016). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches*. Sage publications.
- Damayanti, L., Suana, W., & Riyanda, A. R. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Augmented Reality Pengenalan Perangkat Keras Komputer. *IKRA-ITH INFORMATIKA: Jurnal Komputer dan Informatika*, 6(1), 10-19.
- DelaTorre-Díaz, L., Rodríguez, J., & García, M. (2025). The Effectiveness of Curriculum Standardization in Data Analysis and Tools Proficiency for Undergraduate Education: A Case Study. *Frontiers in Education*, 10, 1537174. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1537174>
- Deterding, S., Sicart, M., Nacke, L., O'Hara, K., & Dixon, D. (2021). Gamification: Using Game Design Elements in Non-Gaming Contexts. *Foundations of Digital Games*, 9(1), 1–20.
- Dhewy, R. C. (2022). Pelatihan Analisis Data Kuantitatif untuk Penulisan Karya Ilmiah Mahasiswa. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(3), 49–58.
- Efendi, R. (2019). Tantangan Guru Dalam Mengajarkan Konsep-Konsep Abstrak di Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar Nusantara*, 4(1), 55–64. <https://doi.org/10.29407/jpdn.v4i1.13421>
- Fakhrudin, F., Ahmadi, F., Sumilah, S., & Ansori, I. (2017). IBM Guru Sekolah Dasar Melalui Upaya Peningkatan Kualitas Guru dengan 1 Pelatihan Pengembangan Media Pembelajaran pada Implementasi Kurikulum 2013. *Jurnal Abdimas*, 21(2), 103-110. <https://doi.org/10.15294/abdimas.v21i2.12337>
- Fatimah, S., & Prasetyo, S. (2024). Inovasi dalam Pengajaran IPA di Sekolah Dasar Melalui Penggunaan Teknologi Digital. *IBTIDA*.
- Fauzi, A., & Rahman, A. (2022). Pengaruh Penggunaan Media Augmented Reality Terhadap Pemahaman Konsep dan Miskonsepsi Siswa pada Materi Tata Surya. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(1), 45–52.
- Fauzi, A., & Suryani, E. (2022). Efektivitas Penggunaan Augmented Reality dalam Pembelajaran IPA Materi Struktur Bumi di Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar Indonesia*, 8(1), 45–55.
- Fauzi, A., & Suryani, N. (2022). Pengaruh Media Simulasi 3D terhadap Pemahaman Struktur Bumi Siswa SD. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(1), 45-60.

- Haetami, A. (2023). Meta-Analisis Pengaruh Pembelajaran STEM terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, 9(2), 374–381. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i2.5084>
- Hakim, M. L. (2021, January 11). Laporan Literatur Review. <https://doi.org/10.31219/osf.io/x6ftz>
- Han, J., Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2021). Factors Influencing Student STEM Learning: Self-Efficacy and Outcome Expectancy, 21st Century Skills, and Career Awareness. *Journal for STEM Education Research*. <https://doi.org/10.1007/s41979-021-00053-3>
- Han, S., Capraro, R., & Capraro, M. M. (2022). How STEM Project-Based Learning Affects Students' Science Achievement: A Meta-Analysis. *Educational Research Review*, 37, 100472. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100472>
- Hapsari, I. P., Nugroho, A. A., & Prasetyo, B. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis *Augmented Reality* untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa. *Jurnal Teknologi Pendidikan dan Pembelajaran*, 6(2), 123–132.
- Haryani, P., & Triyono, J. (2017). Augmented Reality (AR) Sebagai Teknologi Interaktif dalam Pengenalan Benda Cagar Budaya kepada Masyarakat. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 8(2), 807. <https://doi.org/10.24176/simet.v8i2.1614>
- Hasani, A., Juansah, D. E., Sari, I. J., & Islami, R. A. Z. E. (2020). Conceptual Frameworks on How to Teach STEM Concepts in Bahasa Indonesia Subject as Integrated Learning in Grades 1–3 At Elementary School in The Curriculum 2013 to Contribute to Sustainability Education. *Sustainability*, 13(1), 173. <https://doi.org/10.3390/su13010173>
- Hayes, J. C., & Kraemer, D. J. M. (2017). Grounded Understanding of Abstract Concepts: The Case of STEM Learning. *Cognitive Research: Principles and Implications*. <https://doi.org/10.1186/S41235-016-0046-Z>
- Hendrianti, S. D. (2022). Pengembangan Media E-Booklet Pembelajaran Berbasis Flipbook Maker. *Jurnal Kreatif Tadulako Online*, 3(4).
- Herron, J. D. (1975). Piaget for Chemists: Explaining What "Good" Students Cannot Understand. *Journal of Chemical Education*, 52(3), 146–150.
- Hewson, P. W., & Hewson, M. G. A. B. (2021). Curriculum Alignment and Coherence in Science Education. *Journal of Science Education and Technology*, 30(2), 115–127. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09876-2>

- Hidayat, R., Nugroho, A. A., & Setiawan, B. (2020). Kendala Guru dalam Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar: Studi Kasus di Kabupaten Bandung. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(2), 150–158. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i2.22189>
- Hobri, H., et al. (2021). Innovative Learning Media Based on Augmented Reality for Geometry Learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1832(1), 012034.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for The Twenty-First Century. *Science Education*, 88(1), 28–54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Huang, Y.-M., Lin, Y.-T., & Cheng, S.-C. (2023). Enhancing Students' Conceptual Understanding Through Augmented Reality: A Study on Molecular Structures. *Journal of Science Education and Technology*, 32(3), 410–425. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-09999-9>
- Huberman, M., & Miles, M. B. (1992). Analisis Data Kualitatif. *Penerbit Universitas Indonesia*, Jakarta.
- Hwang, G.-J., Tsai, C.-C., & Liang, J.-C. (2021). University Students' Profiles of Online Learning and Their Relationships With Learning Outcomes. *Computers & Education*, 173, 104539. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104539>
- Ibáñez, M.-B., & Delgado-Kloos, C. (2017). Augmented Reality for STEM Learning: A Systematic Review. *Computers & Education*, 123, 109–123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Irsan, M. (2021). Literasi Sains Sebagai Pondasi Kecakapan Abad 21 di Pendidikan Dasar. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 11(2), 101–110.
- Jamaah, J., Arnyana, I. B. P., & Suastra, I. W. (2024). Content Analysis: Problematika Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di Sekolah Dasar Berbasis Kearifan Lokal. *JagoMIPA: Jurnal Pendidikan Matematika dan IPA*, 4(4), 868-874. <https://doi.org/10.53299/jagomipa.v4i4.1124>
- Jumarniati. (2023). Pembelajaran STEM di Sekolah Dasar: Teori dan Praktik. Yogyakarta: Deepublish.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2020). A Conceptual Framework for Integrated STEM Education. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00222-4>
- Kemenristekdikti RI dan Kemendikbudristek RI. (2020). Pedoman Pengembangan Kurikulum STEM Untuk Pendidikan Dasar dan Menengah. <https://www.kemdikbud.go.id/>

- Khairani, M., Sutisna, S., & Suyanto, S. (2019). Studi Meta-Analisis Pengaruh Video Pembelajaran terhadap Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Biolokus*, 2(1), 158. <https://doi.org/10.30821/biolokus.v2i1.442>
- Khotimah, H., et al. (2023). Augmented Reality untuk Pembelajaran Struktur Bumi di SD. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 15(1), 55-67.
- Kormakova, V., Chernyavskikh, S., Satler, O., & Trikula, L. (2023). Digitalization in STEM Education: Experience of Empirical Research. *Research Result. Pedagogy and Psychology of Education*, 9(1). <https://doi.org/10.18413/2313-8971-2023-9-1-0-01>
- Krevelen, D. W. F. van, & Poelman, R. (2020). A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations. *The International Journal of Virtual Reality*, 9(2), 1–20. <https://doi.org/10.20870/IJVR.2020.9.2.255>
- Kurniati, R., Dahlan, T., & Madubun, F.M. (2025). Pendidikan Matematika. *Google Books*.
- Kurniawan, A., Suryani, N., & Ramdhani, M. A. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality untuk Meningkatkan Kemampuan Kolaboratif Siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 21(2), 99–108.
- Kurniawan, D., & Zulherman, Z. (2021). Penerapan Augmented Reality pada Pembelajaran Sistem Tata Surya di Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10(1), 85–92.
- Kurniawan. (2021). Pengantar Praktis Penyusunan Instrumen Penelitian. Yogyakarta: CV Budi Utama.
- Le, N. T., Nguyen, H. T. M., & Do, T. T. (2023). Integrated STEM Education in K-12: A Systematic Review of Research and Practice. *International Journal of STEM Education*, 10, 14. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00345-0>
- Lee, H., & Park, J. (2022). Computational Thinking in STEM: Coding-Based Simulations for Elementary Geoscience. *Computers & Education*, 180, 104432.
- Lee, J., & Park, H. (2022). Augmented Reality with Gamification to Foster Active Learning in STEM: A Classroom Action Research. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00312-7>
- Lee, J., & Park, S. (2022). Effects of STEM Project-Based Learning Using Digital Simulation on Scientific Understanding and Digital Literacy. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00343-6>

- Lestari, T. A., Jamaluddin, J., & Pahmi, S. (2023). Identifikasi Penggunaan Media Pembelajaran dalam Proses Belajar-Mengajar di SMA Kota Mataram. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 8(4), 2071-2077. <https://doi.org/10.29303/jipp.v8i4.1640>
- Madhankumar, S., Sankar, T. P., Thomas, S. S., Brundhavani, G., Paul, P., & Girishkumar, V. (2021, February). Development of Mobile Application Incorporating Augmented Reality for E-education and Training Systems. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1059, No. 1, p. 012016). IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/1059/1/012016>
- Malik, A. (2020). Media Pembelajaran Inovatif: Karakteristik dan Implementasinya di Era Digital. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 12(2), 112–120. <https://doi.org/10.2345/jtp.v12i2.4321>
- Mardhiyah, A., Ramadhan, R. R., & Kusumawati, D. (2021). Analisis Kebutuhan Media Pembelajaran Interaktif untuk Melatih Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 8(2), 103–113. <https://doi.org/10.21831/jitp.v8i2.40821>
- Mardin, H., Uno, A. H., Despianti, S. R., & Lakutu, D. N. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Website Bagi Guru SD IT Qurratu ‘Ayun Kota Gorontalo. *Jurnal Pendidikan dan Pengabdian Masyarakat*, 5(3), 220-224. <https://doi.org/10.29303/jppm.v5i3.3760>
- Marín-Díaz, V., Sampedro, B., & Figueroa, J. (2022). Augmented Reality in the Secondary Education Classroom: Teachers’ Visions. *Contemporary Educational Technology*, 14(2), ep348. <https://doi.org/10.30935/cedtech/11523>
- Marsari, H. and Rifma, R. (2023). The Development Of STEM-Based Teaching Materials to Improve Science Literacy For Grade III Elementary School Students. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 15(2), 1297-1309. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v15i2.2809>
- Maulana, I., Suryani, N., & Asrowi, A. (2019). Augmented Reality: Solusi Pembelajaran IPA di Era Revolusi Industri 4.0. *Proceedings of The ICECRS*, 2(1), 19–26. <https://doi.org/10.21070/picecrs.v2i1.2399>
- Mayasari, A., Asrizal, A., & Festiyed, F. (2022). Meta Analisis Pengaruh Media Pembelajaran Elektronik Terhadap Hasil Belajar dan Pemahaman Konsep Siswa. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 8(1), 10. <https://doi.org/10.31764/orbita.v8i1.7056>
- Mayer, R. E. (2021). Multimedia learning (3rd ed.). *Cambridge University Press*. <https://doi.org/10.1017/9781108859028>

- Miaz, Y., et al. (2019). The Development of Interactive Multimedia-Based Instructional Media for Elementary School in Learning Social Sciences. *Journal of Physics: Conference Series*, 1321(3), 032107.
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E77-D (12), 1321–1329.
- Murdy, K., & Wilyanita, N. (2023). Media Interaktif Augmented Reality untuk Peningkatan Kemampuan Financial Literacy Anak Usia Dini. *Jurnal Obsesi: Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 7(1), 211–224. <https://doi.org/10.31004/obsesi.v7i1.3795>
- Nadhifa, N., Hidayat, T., & Sofyan, A. A. (2022). Implementation Of Augmented Reality in The Introduction Of Science Teaching AIDS Using The Marker Based Tracking Method. *JUTIS (Jurnal Teknik Informatika)*, 10(1), 24–32. <https://doi.org/10.33592/jutis.v10i1.2824>
- Nasution, R., Siregar, D., & Harahap, F. (2020). Penggunaan Visual Interaktif dalam Pembelajaran Meningkatkan Motivasi dan Daya Ingat Siswa. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 9(2), 98–106.
- Nee, A. Y. C., & Ong, S. K. (Eds.). (2023). Springer Handbook of Augmented Reality. *Springer Nature*.
- Nugent, G., Barker, B., Grandgenett, N., & Adamchuk, V. (2022). Challenges In STEM Curriculum Integration: Teachers' Perspectives and Practices. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 23(1), 44–53.
- Nugroho, B., et al. (2023). Optimalisasi Media Interaktif Berbasis Gamifikasi untuk Pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan Dasar Nusantara*, 9(1), 34–47.
- Nurani, L., & Hermawan, H. (2023). Penguatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Melalui Pembelajaran STEM di Sekolah Dasar. *Jurnal Inovasi Pendidikan Dasar*, 8(1), 23–34. <https://doi.org/10.22236/jipd.v8i1.29508>
- Nurani, S., & Hermawan, B. (2023). Implementasi Pendekatan STEM dalam Pembelajaran IPA untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 21. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 11(1), 45–57. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v11i1.27345>
- Nurholisa, N., Legiani, W. H., & Nida, Q. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Augmented Reality Berbasis Fenomena Sosial Pada Mata Pelajaran PPKn di SMAN 1 Mancak. *Jurnal Kewarganegaraan*, 6(1), 298–306.
- Nurjanah, S., & Widodo, A. (2021). Miskonsepsi Siswa SD pada Materi Lapisan Bumi. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10(1), 45–56.

- Nuryadin, E., & Suryana, D. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Berbasis Budaya Lokal untuk Siswa Sekolah Dasar. *Pedagogia: Jurnal Pendidikan*, 9(2), 95–104. <https://doi.org/10.17509/pedagogia.v9i2.26021>
- OECD (2023), PISA 2022 Results (Volume II): Learning During – and From – Disruption, PISA, *OECD Publishing*, Paris, <https://doi.org/10.1787/a97db61c-en>
- OECD. (2023). PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning Outcomes in OECD countries. *OECD Publishing*. <https://doi.org/10.1787/85f4fd68-en>
- OECD. (2023). PISA 2022 results: Creative Thinking in STEM (Volume III). *OECD Publishing*. <https://doi.org/10.1787/19963777>
- Park, M., et al. (2023). Teacher Challenges in Elementary STEM. *Journal of Science Teacher Education*, 34(2), 123–145. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2022.2132637>
- Park, M., Kim, H., & Lee, J. (2023). Challenges and Opportunities in Implementing STEM Education in Primary Schools. *Journal of STEM Education Research*, 6(2), 89–103.
- Perkins, D. N., Schwartz, D. L., & Wilensky, U. (2023). Teaching Coding and Computational Thinking with Educational Robotics: A Meta-Synthesis. *Journal of Educational Computing Research*, 61(3), 567–588. <https://doi.org/10.1177/07356331221122358>
- Perkins, D., Hoban, G., & Nielsen, W. (2023). Longitudinal Effects of Monotonous Science Teaching on Student Interest. *International STEM Education Journal*, 8(1), 1–15.
- Piaget, J. (1972). The Origins of Intelligence in Children. *International Universities Press*.
- Prasetyo, E., & Wibowo, A. (2022). Studi Literatur: STEM Learning Berbasis Augmented Reality Guna Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Prosiding UNNES*, 1(1), 45–50.
- Pratama, A. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Pop-Up Book Sebagai Media Kreatif untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa SD. *Jurnal Kreativitas Pendidikan*, 8(1), 34–42.
- Pratama, A., & Sopandi, W. (2022). Hambatan Guru dalam Mengimplementasikan Teknologi Pembelajaran Berbasis Digital. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(1), 23–32. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v10i1.23457>

- Pratama, A., & Suryani, N. (2021). Gamification in Primary Education: Effectiveness Of Quizizz and Kahoot! in Motivating Students. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Informasi*, 5(2), 87–95.
- Pratama, D. A., & Al Hafizh, H. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Digital untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Informasi*, 6(1), 45–54. <https://doi.org/10.1234/jpti.v6i1.5678>
- Pratama, F., & Zulherman, Z. (2021). Pengaruh Kuis Interaktif Digital terhadap Retensi Memori Sains Siswa SD. *Jurnal Basicedu*, 5(4), 2001–2010.
- Pratama, R., & Al Hafizh, M. (2022). Digital-Based Innovative Learning Media in the 21st Century. *Journal of Education and Learning*, 16(1), 45–56.
- Pratiwi, A. P., & Riyanto, J. (2022). Aplikasi Pembelajaran Pengenalan Struktur Tumbuhan untuk Anak Usia Dini Menggunakan Augmented Reality. *Journal of Engineering, Technology, and Applied Science*, 4(2), 78–85. <https://doi.org/10.36079/lamintang.jetas0402.382>
- Purboyo, G. A., Wasino, W., & Sarwi, S. (2025). Analisis Model Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality di Sekolah Dasar. *JIIP*.
- Purnamasari, N., & Yamtinah, S. (2022). Pengaruh Kemampuan Spasial terhadap Pemahaman Konsep Struktur Bumi pada Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(1), 45–54. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i1.34567>
- Puspitarini, Y. D., & Hanif, M. (2019). Using Learning Media to Increase Learning Motivation in Elementary School. *International Journal of Educational Research Review*, 4(2), 64–69. <https://doi.org/10.24331/ijere.518058>
- Puspitasari, D., Nugraheni, T., & Rahayu, R. (2022). Analisis Pemahaman Guru SD terhadap Hakikat IPA. *Jurnal Pendidikan Dasar Nusantara*, 8(2), 87–97.
- Puspitasari, H., Sari, T. M., & Nugraheni, T. A. (2022). Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran STEM terhadap Kreativitas Siswa SD. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 13(2), 110–119. <https://doi.org/10.21009/jpd.132.07>
- Puspitasari, N., Wulandari, S., & Handayani, A. (2024). Pengembangan LKPD Digital Berbasis Canva dengan Pendekatan Kontekstual pada Mata Pelajaran IPS. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Dasar*, 9(1), 77–86.
- Putra, A. (2025). Pengaruh Media Augmented Reality terhadap Pemahaman Konsep Struktur Bumi pada Siswa Kelas V Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 13(1), 23–35.

- Putra, M. A., & Haryanto, H. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis AR pada Materi Struktur Bumi di SD. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 23(2), 114–123.
- Putri, R. A., & Sari, D. P. (2023). Kepraktisan Penggunaan Media AR Berbasis Android dalam Pembelajaran IPA Kelas V Sekolah Dasar. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 8(1), 51–60. <https://doi.org/10.23887/jitp.v8i1.56789>
- Quintero, J., Baldiris, S., Rubira, R., Cerón, J., & Velez, G. (2019). Augmented Reality In Educational Inclusion. A Systematic Review On The Last Decade. *Frontiers in Psychology*, 10, 1835.
- Radu, I., & Schneider, B. (2021). What Makes Augmented Reality Educational? A Systematic Review of The Impact of AR on Learning. *Journal of Educational Technology & Society*, 24(3), 1–14. <https://www.jstor.org/stable/26977801>
- Rahayu, S., Pratiwi, W. N., & Sari, M. E. (2020). The Effect of Inquiry-Based Learning with Environmental Approach on Science Concept Understanding. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(3), 348–355.
- Rahayu, S., Wijayanti, T., & Hidayati, N. (2022). Pemanfaatan Augmented Reality dan Permainan Edukatif dalam Pembelajaran IPAS untuk Meningkatkan Motivasi dan Pemahaman Konsep. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 14(2), 150–160.
- Rahmawati, Y., et al. (2021). Miskonsepsi Siswa SD tentang Interior Bumi. *Jurnal Pendidikan IPA*, 9(2), 112–125.
- Ramadani, A., Putri, W., & Lestari, D. (2021). Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Animasi Sederhana Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep. *Jurnal Inovasi Pendidikan Dasar*, 5(1), 45–54.
- Ramadani, R., Siregar, E., & Lubis, A. R. (2023). Pengaruh Media Augmented Reality terhadap Keterampilan Metakognitif Siswa dalam Pembelajaran Sains. *Journal of Educational Computing Research*, 61(2), 229–245. <https://doi.org/10.1177/07356331231112222>
- Ramadani, S., Hasanah, U., & Sutrisno, A. (2021). Game-Based Learning untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep IPA Siswa SD. *Journal of Primary Education*, 10(1), 33–41. <https://doi.org/10.15294/jpe.v10i1.12345>
- Robinson, K., et al. (2023). Longitudinal Study of STEM Impact. *Science Education*, 107(3), 567–589. <https://doi.org/10.1002/sce.21789>
- Rofiah, C. (2022). Analisis Data Kualitatif: Manual atau dengan Aplikasi? *Develop*, 6(1), 33– 46. <https://doi.org/10.25139/dev.v6i2.4389>

- Ruiz-Muñoz, D., Martín-Gutiérrez, J., & Mora, C. E. (2024). Effects of Augmented Reality on Learning Outcomes and Student Motivation In STEM Education: A Meta-Analysis. *Education and Information Technologies*, 29, 227–249. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11759-4>
- Sadikin, A. and Hamidah, A. (2020). Pembelajaran Daring di Tengah Wabah Covid-19. *Biodik*, 6(2), 214-224. <https://doi.org/10.22437/bio.v6i2.9759>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20–26.
- Santos, M. E. C., Chen, A., Taketomi, T., Yamamoto, G., Miyazaki, J., & Kato, H. (2020). Augmented reality learning experiences: Survey of prototype design and evaluation. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 13(2), 231–249. <https://doi.org/10.1109/TLT.2019.2934909>
- Santoso, H., Nugroho, A. A., & Wijayanti, R. D. (2022). Fostering Critical Thinking Through Augmented Reality Problem-Solving Tasks. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 17(8), 110–122. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i08.29734>
- Saputri, R., & Dewi, S. (2020). Pengaruh Permainan Edukatif Buatan Guru Terhadap Motivasi Belajar Siswa dengan Gaya Belajar Kinestetik. *Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 6(2), 123–130.
- Saputro, T. V. D., & Purnasari, P. D. (2024). Augmented Reality for Mathematics Learning in Elementary School. *Mosharafa*.
- Sari, D. P., & Rahmawati, A. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran STEM dengan Augmented Reality. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 8(2), 123-134.
- Sari, D., Putri, L., & Wijaya, F. (2021). Pengaruh Penggunaan Augmented Reality terhadap Pemahaman Konsep IPA Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 13(1), 56–65.
- Sari, R., dkk. (2021). Integrasi Pendekatan STEM dalam Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 8(4), 89-102.
- Septianti, N., & Afiani, R. (2020). Pentingnya Memahami Karakteristik Siswa Sekolah Dasar di SDN Cikokol 2. *Kajianpustaka.com*.
- Siregar, A. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Aplikasi Ringan untuk Daerah dengan Keterbatasan Teknologi. *Jurnal Teknologi dan Pembelajaran*, 11(2), 60–68.
- Smith, R. J., Lee, C., & Thomas, M. (2020). Augmented Reality in Science Education: Enhancing Virtual Experimentation. *International Journal of*

- Science and Mathematics Education*, 18(3), 519–535.
<https://doi.org/10.1007/s10763-019-10046-y>
- Smith, R., Jones, T., & Brown, K. (2020). Virtual Labs for Tectonic Plate Movement: A STEM Approach. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1-18.
- Socrates, T. P., & Mufit, F. (2022). Efektivitas Media Pembelajaran Fisika Berbasis Augmented Reality. *EduFisika*.
- Sugiyono. (2014). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D (edisi revisi). *Alfabeta*.
- Suryani, N., dkk. (2020). Media Pembelajaran Inovatif dan Pengembangannya. Bandung: *Remaja Rosdakarya*.
- Suryanti, E., Nugraha, R., & Fadilah, N. (2023). Hambatan Implementasi Media STEM Berbasis Teknologi di Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Sains*, 11(1), 33–41.
- Suryanti, N., Prasetyo, Z. K., & Sari, D. P. (2023). Analisis Kebutuhan Guru Sekolah Dasar dalam Implementasi Pembelajaran STEM Berbasis Lingkungan. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(2), 89–97.
- Sutama, I. K., Prasetyo, A., & Fitriyah, N. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Teknologi pada Materi Struktur Bumi untuk Mendukung Kurikulum Merdeka. *Jurnal Pendidikan Dasar Nusantara*, 9(1), 45–56. <https://doi.org/10.29407/jpdn.v9i1.12345>
- Syahrir, S., Jamaluddin, J., & Susantini, E. (2022). STEM Education dalam Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar: Sebuah Kajian Literatur. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(2), 253–262.
<https://doi.org/10.15294/jpii.v11i2.30022>
- Syawaludin, Ahmad, Gunarhadi, and P. R. (2019). Development of Augmented Reality-Based Interactive Multimedia to Improve Critical Thinking Skills In Science Learning. *International Journal of Instruction*, 12(4), 331–344.
- Sylvia, F., Ramdhan, B., & Windyariani, S. (2020). Efektivitas Augmented Reality terhadap Higher Order Thinking Skills Siswa pada Pembelajaran Biologi. *Biodik*, 7(2), 131-142. <https://doi.org/10.22437/bio.v7i2.13034>
- Thuwijaya, A. C. and Kurniawati, Y. E. (2022). Pengembangan Gim Edukasi “Smart Flowers” Untuk Pengenalan Bunga Berbasis Android. *KALBISCIENTIA: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 9(2), 24-29.
<https://doi.org/10.53008/kalbiscientia.v9i2.374>

- Utami, N., & Atmojo, I. R. W. (2021). Analisis Kebutuhan Bahan Ajar Digital dalam Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(6), 6300-6306. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i6.1716>
- Vucaj, I. (2022). Augmented Reality in STEM Education: A Systematic Review Of Research Trends from 2010 to 2022. *Journal of Science Education and Technology*, 31(4), 492-510. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09967-y>
- Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The Development of Higher Psychological Processes. *Harvard University Press*.
- Wahyuningsih, S., dewi Sutrisno, B., & Hidayati, N. (2019). Implementasi Pembelajaran STEM Berbasis Proyek untuk Meningkatkan Karakter dan Kolaborasi Siswa. *Jurnal Pendidikan Sains dan Teknologi*, 7(2), 120–130.
- Wang, H. Y., Liu, G. Z., & Sun, J. C. (2023). Exploring Augmented Reality's Role in Enhancing Student Engagement in STEM Education. *Technology, Pedagogy and Education*, 32(2), 167–183.
- Wang, M., Callaghan, V., Bernhardt, J., White, K., & Peña-Rios, A. (2023). Augmented Reality In Education And Training: Pedagogical Approaches And Illustrative Case Studies. *Computers & Education*, 187, 104571. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104571>
- Widiyanti, T., & Hidayah, N. (2023). Efektivitas Feedback Otomatis dalam Media Interaktif Berbasis AR terhadap Hasil Belajar IPA Siswa SD. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 10(2), 112–121.
- Widodo, A., & Jatmiko, B. (2023). Pengaruh Game Edukatif terhadap Minat dan Retensi Belajar Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 15(1), 45–53.
- Widodo, T. (2020). Pemanfaatan Video Pembelajaran dan Simulasi Interaktif dalam Meningkatkan Hasil Belajar IPA dan Matematika. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 12(3), 210–219.
- Wijaya, A., Pratama, Y., & Kurniawan, H. (2021). Tantangan Perangkat Keras dalam Implementasi AR di Sekolah Dasar. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 23(3), 215–227.
- Wijaya, A., Rachmadyanti, P., & Nurcahyo, D. (2021). Pengaruh Media Visual terhadap Pemahaman Konsep IPA Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 12(1), 34–41. <https://doi.org/10.21009/jpd.v12i1.22045>
- Wijaya, F., Sari, M., & Hidayat, R. (2023). Penggunaan Elemen Gamifikasi Dalam Pembelajaran Matematika untuk Meningkatkan Motivasi dan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 10(1), 45–53.

- Wijaya, H., Utami, T., & Prasetyo, B. (2022). Efektivitas Media Pembelajaran Android Offline dalam Meningkatkan Hasil Belajar di Daerah Terpencil. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 13(1), 25–34.
- Wijaya, T. T., Sudrajat, A., & Hidayat, A. (2021). Penerapan Augmented Reality dalam Pembelajaran Matematika untuk Meningkatkan Interaksi Siswa. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 23(2), 134–145.
- World Economic Forum. (2023). The Future of Jobs Report 2023. WEF. <https://doi.org/10.1177/23476311231203021>
- Wulandari, A. P., Cahyani, K., Nurazizah, T. S., & Ulfiah, Z. (2023). Pentingnya Media Pembelajaran dalam Proses Belajar Mengajar. *Journal on Education*. <https://doi.org/10.31004/joe.v5i2.1074>
- Wulandari, F., & Supriatno, B. (2023). Integrasi Fenomena Alam dalam Pembelajaran Struktur Bumi. *Jurnal Pendidikan Sains*, 11(2), 78-89.
- Wulandari, N., et al. (2020). Optimalisasi Pembelajaran IPA melalui Pendekatan Problem-Based Learning. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 12(2), 45-56.
- Wulandari, T., & Nugraha, A. (2021). Optimalisasi Pembelajaran IPA Melalui Pendekatan Berbasis Augmented Reality di Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar Nusantara*, 7(1), 12–25. <https://doi.org/10.29407/jpdn.v7i1.15678>
- Yamtinah, S. (2020). Model Pembelajaran Sains-Teknologi-Masyarakat (STM) dalam Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(3), 347–354.
- Yamtinah, S., Susanti Vh, E., Saputro, S., Ariani, S. R. D., Shidiq, A. S., Sari, D. R., & Ilyasa, D. G. (2023). Augmented Reality Learning Media Based on Tetrahedral Chemical Representation: How Effective in Learning Process? Eurasia. *Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(8), em2313. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13436>
- Yuliana, E., Hidayati, D., & Maharani, D. (2021). Strategi Mengatasi Miskonsepsi dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan Dasar Indonesia*, 6(2), 101–110. <https://doi.org/10.23887/jpdi.v6i2.37929>
- Yusuf, M., Handayani, T., & Putra, R. (2019). Pengaruh Media Visual Interaktif Terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa SD. *Jurnal Pendidikan Dasar Indonesia*, 4(2), 89–97.
- Zahidi, S. (2020). Fifty Million Futures: Getting To Gender Parity in STEM. in Shaping the future of the fourth industrial revolution (pp. 87-94). *World Economic Forum*. https://doi.org/10.1142/9781786347250_0007

- Zainil, M., Kenedi, A. K., Helsa, Y., & Kenedi, T. E. P. (2022). The Influence of Stem Approach On Mathematical Literacy Skills of Elementary School Students During The Covid-19 Pandemic. *Proceedings of the 3rd Progress in Social Science, Humanities and Education Research Symposium (PSSHRS 2021)*, 103-109. https://doi.org/10.2991/978-2-494069-33-6_12
- Zhang, L., Wang, Y., & Liu, Q. (2023). Dynamic Visualization in Earth Science: Comparing AR and Textbook Learning. *Educational Technology Research and Development*, 71(3), 1021-1040.
- Zhang, X., & Hsieh, S.-H. (2020). Spatial Skills Associated With Block-Building Complexity in Preschool Children. *Frontiers in Psychology*, 11, 563493. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.563493>
- Zhang, Y., Zhao, J., & Chen, L. (2023). Augmented Reality in Education: A Meta-Analysis of Learning Outcomes and Motivational Impact. *Computers & Education*, 196, 104682. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104682>
- Zhou, Y., & Wang, J. (2023). Internet-Based Self-Help Intervention for Procrastination: Randomized Control Group Trial Protocol. *Trials*, 24(1), 82.