

# Science Learning Problems and Solutions: A Case Study Analysis of Critical Thinking and Collaboration Abilities of MI/SD Students

Adisti Yuliasrin<sup>1</sup>, Aziqri Aulia<sup>2</sup>, Rian Vebrianto<sup>3</sup>

Universitas Terbuka, Indonesia<sup>1</sup>, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Indonesia<sup>2,3</sup>

\*E-mail: [adisti@ecampus.ut.ac.id](mailto:adisti@ecampus.ut.ac.id)

## Abstract

The problem in education is that implementing learning is not as easy as practicing all learning theories and media. Therefore, the researcher aims to identify issues related to the implementation of learning concerning theories and learning media. The design of this research is a case study on the Methodology of Magnitudes and Units; this research uses a mixed method, where quantitative data on Learning Media is then reinforced with qualitative data. In this study, 4 science teachers and 22 fifth-grade MI students were involved. This research used interview, observation, and questionnaire instruments. Data were collected through direct field visits and analyzed using descriptive analysis for quantitative data and interview result analysis for qualitative data, making the obtained data comprehensive. The research results indicate that there is a low level of critical thinking skills and low collaboration skills, leading to the conclusion that it is necessary to design effective learning to enhance critical thinking and collaboration skills. Therefore, the recommendation/implication of this research is to implement an AR-assisted discovery learning model..

**Keywords:** Critical Thinking, Collaboration, Discovery Learning, Augmented Reality.



Licensees may copy, distribute, display and perform the work and make derivative works and remixes based on it only if they give the author or licensor the credits ([attribution](#)) in the manner specified by these. Licensees may copy, distribute, display, and perform the work and make derivative works and remixes based on it only for [non-commercial](#) purposes.

## Pendahuluan

Dunia pendidikan pada abad 21 ini menghadapi tantangan yang besar. Pembelajaran di abad 21 harus dapat mempersiapkan generasi manusia Indonesia untuk menyongsong kemajuan teknologi informasi dan komunikasi dalam kehidupan bermasyarakat (Rawung & Katuuk, 2021). Pendidikan di abad 21 telah mengalami perubahan yang ditandai dengan mengembangkan literasi baru, seperti literasi digital, literasi informasi, dan literasi media. Pembelajaran sains yang berorientasi pada pengembangan keterampilan abad 21 secara integratif berkontribusi besar dalam meningkatkan kepekaan dan kesadaran siswa terhadap permasalahan nyata di lingkungannya (Wibowo, 2022). Dalam proses pembelajaran, fokusnya bukan padabukan pada guru (*teacher-centered learning*) melainkan pada siswa (*student-centered learning*). (pembelajaran yang berpusat pada guru ) tetapi lebih pada siswa (pembelajaran yang berpusat pada siswa). Tujuannya adalah untuk membekali siswa dengan keterampilan berpikir kecakapan. Tujuannya adalah untuk membekali siswa dengan keterampilan dalam berpikir kecakapan.

Dalam proses pembelajaran, orientasi tidak lagi berpusat pada pendidik atau pembelajaran yang berpusat pada guru, melainkan berpusat pada siswa atau pembelajaran yang berpusat pada siswa (Santoso, 2021). Pergeseran ini bertujuan untuk memberikan keterampilan siswa dalam kecakapan berpikir mandiri dan aktif. Dengan menempatkan siswa sebagai subjek utama, proses belajar menjadi

lebih bermakna karena siswa dilibatkan secara langsung dalam konstruksi pengetahuan mereka sendiri, bukan sekadar menerima informasi pasif.

Hal inilah yang menuntut adanya kerangka kerja keterampilan yang jelas, yang dikenal dengan istilah “The 4C Skills” yang dirumuskan oleh Framework Partnership of 21st Century Skills. Empat keterampilan tersebut meliputi: (1) Komunikasi; (2) Kolaborasi; (3) Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah; dan (4) Kreatif dan Inovatif (Zhu et al., 2026). Dalam penerapannya secara langsung, model ini menuntut siswa untuk beraktivitas tanpa dibatasi ruang dan waktu, memanfaatkan teknologi untuk mendukung proses belajar yang fleksibel (Mardiyah & Chitta, 2021).

Di antara keempat keterampilan tersebut, dua di antaranya yang paling esensial adalah kemampuan berpikir kritis (*critical thinking*) dan keterampilan kolaborasi (*collaboration*). Peningkatan partisipasi siswa di dalam kelas hanya dapat dioptimalkan apabila skenario maupun media pembelajaran yang diterapkan berfokus pada pencapaian *High Order Thinking Skills* (Cik’ani, 2021). Penerapan pendekatan saintifik pada jenjang sekolah dasar sangat krusial untuk membangun pondasi kecakapan abad 21, khususnya dalam aspek kerja sama tim dan pemecahan masalah (Daga, 2022). Berpikir kritis memungkinkan siswa untuk menganalisis informasi, memecahkan masalah yang kompleks, dan membuat keputusan yang beralasan berdasarkan data yang valid (Hidayat & Sari, 2022). Kemampuan ini menjadi benteng pertahanan intelektual siswa dalam menghadapi hoaks dan informasi yang beredar di era digital.

Salah satu kendala utama yang dihadapi dalam penerapan pendidikan abad 21 adalah siswa mengalami kesulitan untuk mempraktikkan keterampilan berpikir kritis dan kolaborasi secara bersamaan tanpa adanya intervensi media yang memadai (Ahsanu Amala & Solihat, 2019). Dalam praktiknya di sekolah dasar, guru sering kali menghadapi tantangan ekstra untuk mengintegrasikan kecakapan berpikir kritis dan kolaborasi pada materi IPA karena adanya perbedaan tingkat kesiapan antar siswa (Anggrella, 2023).

Di mana dua di antaranya yang paling esensial adalah kemampuan berpikir kritis (*critical thinking*) dan keterampilan kolaborasi (*collaboration*). Kemampuan berpikir kritis merupakan dasar untuk menganalisis argument dan dapat mengembangkan pola pikir secara logis (Agustina, 2019). Keterampilan berpikir kritis diperlukan peserta didik agar dapat mengelola dan memanfaatkan informasi untuk bertahan hidup pada keadaan yang selalu berubah, tidak pasti dan kompetitif. Keterlibatan peserta didik dalam proses argumentasi ilmiah berbasis kelompok menjadi salah satu cara yang paling efektif untuk menumbuhkan keterampilan berpikir logis dan terstruktur (Giri & Paily, 2020). Disposisi berpikir kritis berperan sebagai mediator esensial yang menjembatani keterampilan pemecahan masalah dengan tingkat kesadaran metakognitif siswa saat memecahkan masalah dalam kelompok (Boran & Karakuş, 2022).

Hal ini menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis merupakan salah satu keterampilan berpikir yang penting untuk dikembangkan mulai dari jenjang pendidikan dasar (Kurniawati, 2020). Untuk itu berpikir kritis memungkinkan siswa untuk menganalisis informasi, memecahkan masalah yang kompleks, dan membuat keputusan yang beralasan.

Sementara itu, keterampilan kolaborasi menjadi kunci sukses bagi siswa untuk dapat bekerja sama, berbagi ide, dan beradaptasi dalam lingkungan sosial maupun profesional yang dinamis. Pendidik didorong untuk menerapkan strategi pembelajaran yang kolaboratif dan memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk belajar dari satu sama lain (Kemendikbud., 2022). Pembelajaran kolaboratif tidak hanya berfungsi untuk memperdalam penguasaan materi, tetapi juga menjadi kunci utama dalam meningkatkan keterampilan interaksi sosial dan menumbuhkan sikap saling menghargai (Gokmen, 2016). Maka, masalah utama yang akan dibahas pada tulisan ini adalah kemampuan berpikir kritis (*critical thinking*) dan keterampilan kolaborasi (*collaboration*).

## Metode

Penelitian ini menggunakan metode mixed method, yaitu kombinasi antara pendekatan kuantitatif dan kualitatif (Muri Yusuf, 2017). Pendekatan ini dipilih agar hasil penelitian lebih komprehensif, di mana

data kuantitatif memberikan gambaran statistik, sementara data kualitatif memperkuat pemahaman terhadap fenomena yang terjadi di lapangan. Penelitian ini melibatkan 4 orang guru dan 22 siswa kelas V SD. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi (Rifa'i, 2021): Angket: Digunakan untuk mengumpulkan data kuantitatif mengenai pemahaman siswa. Observasi: Digunakan untuk mengamati langsung. Wawancara: Dilakukan dengan guru dan siswa untuk memperoleh informasi lebih mendalam. Pengambilan data dengan cara turun langsung ke lapangan. Analisis data: data kuantitatif yang diperoleh dari angket dianalisis menggunakan analisis deskriptif (Creswell, 2009), yaitu dengan menghitung rata-rata, persentase, dan distribusi jawaban siswa. (Hikmawati, 2020) Data kualitatif yang diperoleh dari hasil wawancara.

## Hasil dan Pembahasan

### 1. Hasil

Berdasarkan hasil studi kasus yang dilakukan melalui penyebaran angket kepada siswa di SD IT Al Fatih di kelas 5 sebanyak 22 siswa, ditemukan fakta bahwa kemampuan berpikir kritis dan keterampilan kolaborasi siswa masih tergolong rendah. Data menunjukkan adanya kecenderungan siswa yang kurang memiliki inisiatif dalam proses penemuan konsep. Dapat dilihat dari presentase hasil angket siswa yang telah disebar sebagai berikut:

| No.       | Pertanyaan/Pernyataan Butiran Penilaian                                                                    | Persentase |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1.        | Siswa aktif mengajukan pertanyaan yang mendalam, analitis, dan relevan saat proses pembelajaran.           | 65%        |
| 2.        | Siswa mampu menyertakan argumen yang logis ketika mengemukakan pendapat atau menjawab pertanyaan.          | 65%        |
| 3.        | Siswa mampu menarik kesimpulan yang tepat saat proses pembelajaran selesai dilaksanakan.                   | 65%        |
| 4.        | Siswa mampu berusaha mencari solusi untuk memecahkan masalah atau persoalan yang diberikan.                | 65%        |
| 5.        | Siswa mampu mencerna mana informasi yang benar dan yang salah.                                             | 59%        |
| 6.        | Siswa menunjukkan partisipasi aktif dalam kelompok                                                         | 61%        |
| 7.        | Siswa menunjukkan sikap menghargai saat teman kelompoknya sedang berbicara, dan tidak memotong omongannya. | 63%        |
| 8.        | Siswa bertanggung jawab saat menyelesaikan tugas didalam kelompoknya.                                      | 65%        |
| 9.        | Siswa mampu menemukan solusi bersama ketika menghadapi kesulitan.                                          | 65%        |
| 10.       | Siswa mampu mengelola perbedaan pendapat untuk mencapai kesepakatan dalam kelompoknya.                     | 64%        |
| Rata-rata |                                                                                                            | 64%        |

Fenomena ini mengonfirmasi bahwa model pembelajaran konvensional yang diterapkan saat ini belum mampu memicu keaktifan siswa baik secara kognitif maupun sosial.

Di samping masalah kognitif, evaluasi guru terhadap aspek keterampilan kolaborasi juga menunjukkan hasil yang kurang memuaskan. Walaupun guru telah mengupayakan pembelajaran berbasis kelompok, partisipasi aktif siswa di dalam kelompok kerja tersebut masih sangat minim (item 6). Guru melaporkan bahwa interaksi antarsiswa seringkali tidak berjalan dua arah. Masih banyak siswa yang belum menunjukkan sikap menghargai ketika teman sebayanya sedang mengemukakan pendapat, seperti kebiasaan memotong pembicaraan orang lain (item 7).

Berikut hasil persentase angket guru yang telah disebar ke guru kelas tinggi, namun presentase dikelas 5 yang memiliki hasil paling rendah:

| No | Nama/Guru Kelas                | Persentase |
|----|--------------------------------|------------|
| 1  | NS, S.Pd.,Gr / Kls 4 Amanah    | 72%        |
| 2  | FAP, S.Pd., Gr / kls 4 Shiddiq | 72%        |
| 3  | EA, S.Pd / kls 5               | 54%        |
| 4  | SK, S.Pd., Gr / kls 6          | 88%        |

Kesulitan siswa dalam merumuskan argumen logis dan minimnya sikap saling menghargai dalam diskusi kelompok ini saling berkaitan dan menciptakan iklim pembelajaran yang kurang produktif.

## 2. Pembahasan

Pada aspek kemampuan berpikir kritis, rendahnya skor siswa terlihat dari kurangnya keberanian untuk bertanya meskipun mereka belum memahami materi (item 1). Selain itu, siswa cenderung tidak melakukan verifikasi ulang terhadap informasi atau jawaban yang diberikan oleh teman (item 5), yang mengindikasikan rendahnya sikap analisis mandiri. Siswa juga masih kesulitan dalam menghubungkan sebab-akibat dari sebuah fenomena yang dipelajari (item 4), sehingga proses berpikir mereka masih berada pada level pemahaman dasar, belum mencapai level evaluatif.

Kondisi yang serupa juga ditemukan pada aspek keterampilan kolaborasi. Meskipun secara fisik siswa duduk berkelompok, interaksi yang terjadi belum menunjukkan kerja sama yang efektif. Hasil angket menunjukkan bahwa siswa masih sering memotong pembicaraan teman dan belum mampu mendengarkan pendapat orang lain dengan baik (item 7). Rendahnya kemampuan untuk berbagi peran dan tanggung jawab dalam kelompok (item 9) mengakibatkan tugas seringkali hanya dikerjakan oleh satu atau dua orang saja, sementara anggota lainnya menjadi pasif.

Kondisi di lapangan terkait rendahnya kecakapan abad 21 pada siswa juga dikonfirmasi melalui hasil studi pendahuluan yang dilakukan di SD IT Al Fatih. Berdasarkan hasil wawancara dan angket yang diberikan kepada guru kelas 5, diperoleh gambaran bahwa kemampuan berpikir kritis dan keterampilan kolaborasi siswa masih berada pada kategori rendah dan belum memenuhi harapan pembelajaran yang ideal.

Dari aspek kemampuan berpikir kritis, guru mengamati bahwa siswa cenderung pasif dalam menggali informasi. Hal ini terlihat dari rendahnya skor pada indikator keaktifan siswa dalam mengajukan pertanyaan yang mendalam, analitis, dan relevan selama proses pembelajaran berlangsung (item 1). Ketika dihadapkan pada suatu permasalahan, siswa masih kesulitan untuk menyertakan argumen yang logis saat mengemukakan pendapat (item 2) serta kurang menunjukkan inisiatif dalam mencari solusi secara mandiri (item 4). Selain itu, di akhir sesi pembelajaran, guru mencatat bahwa sebagian besar siswa masih kesulitan untuk menarik kesimpulan yang tepat dari materi yang telah dipelajari (item 3) dan belum sepenuhnya mampu memfilter informasi secara kritis (item 5).

Kesulitan siswa dalam merumuskan argumen logis dan minimnya sikap saling menghargai dalam diskusi kelompok ini saling berkaitan dan menciptakan iklim pembelajaran yang kurang produktif. Hasil evaluasi dari sudut pandang guru kelas 5 ini menjadi bukti nyata bahwa metode pembelajaran yang berjalan saat ini belum cukup kuat untuk menstimulasi daya kritis dan keterampilan sosial siswa.

Berdasarkan permasalahan diatas, diperlukan model pembelajaran yang berpusat pada siswa dan mendorong mereka untuk aktif mengonstruksi pengetahuannya. Model *Discovery*

*Learning* (pembelajaran penemuan) hadir sebagai salah satu pendekatan pedagogis yang relevan. Stimulasi konflik kognitif yang secara alami dimunculkan dalam sintaks *Discovery Learning* sangat membantu proses asimilasi pengetahuan baru, sehingga pembelajaran menjadi jauh lebih bermakna (Slavin, 1994). Desain *Discovery Learning* yang memadukan eksplorasi mandiri dan diskusi kelompok memberikan dampak positif yang signifikan terhadap kualitas komunikasi dan keterampilan kolaborasi siswa (Syafii, 2022). Penelitian membuktikan bahwa penerapan *Discovery Learning*, khususnya yang diintegrasikan dalam lingkungan belajar digital, memberikan dampak yang sangat positif terhadap kompetensi pemecahan masalah dan mendorong terciptanya kemandirian belajar siswa yang berpusat pada siswa itu sendiri (Weinhandl et al., 2025). Namun, penerapan *Discovery Learning* pada materi-materi abstrak seringkali membutuhkan dukungan visualisasi yang kuat agar siswa tidak mengalami kelebihan beban kognitif (*cognitive overload*).

Dalam hal ini, pemanfaatan teknologi *Augmented Reality* (AR) menawarkan solusi interaktif yang sangat menjanjikan. Pengembangan media pembelajaran IPA yang dikolaborasikan dengan teknologi spasial masa depan terbukti berhasil menunjukkan peningkatan pesat terhadap kemampuan evaluatif peserta didik (Rahmawati & Setiaji, 2025). Integrasi elemen digital ke dalam dunia nyata melalui teknologi *Augmented Reality* (AR) dapat memfasilitasi pemahaman konsep IPA secara mendalam dan terbukti mampu merangsang daya kritis siswa secara signifikan (Adilah et al., 2025). Sistem pembelajaran interaktif yang mengadaptasi teknologi *Augmented Reality* mampu meningkatkan motivasi dan pencapaian kompetensi siswa, khususnya dalam menyelesaikan aktivitas inkuiri sains (Abdullah et al., 2022). Pemanfaatan *Augmented Reality* sebagai stimulus pendamping pada model pembelajaran penemuan mampu memberikan pengalaman belajar yang bermakna dan memusatkan kontrol belajar pada siswa (Kurniawan, 2023).

Penggunaan media AR efektif dalam memvisualisasikan objek sains yang berukuran mikroskopis maupun abstrak, sehingga mempermudah guru merangsang cara berpikir analitis siswa (Suharti et al., 2024). Pengintegrasian media *Augmented Reality* ke dalam sintaks *Discovery Learning* tidak hanya memfasilitasi visualisasi konsep abstrak sains, tetapi juga terbukti secara signifikan memperkuat interaksi dan keterampilan kolaborasi antar siswa di tingkat sekolah dasar (Setyawan & Rahman, 2023). Tren penelitian pendidikan sains dan STEM dalam beberapa tahun terakhir menunjukkan peningkatan yang signifikan terkait penggunaan teknologi AR di dalam kelas (Sa'adi et al., 2024); (Giang et al., 2024). Teknologi AR mampu memproyeksikan informasi dan objek digital ke dalam dunia nyata siswa, yang mana menurut penelitian terbaru, terbukti secara signifikan mampu menurunkan beban kognitif siswa selama proses pembelajaran (Zhu et al., 2026).

## Pembahasan

Berdasarkan seluruh uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa terdapat kesenjangan (*gap*) yang signifikan antara tuntutan keterampilan abad-21 dengan realita pembelajaran di kelas 5 SD IT Al Fatih. Temuan dari studi pendahuluan melalui angket siswa dan guru menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa masih berada pada level yang rendah, ditandai dengan kurangnya inisiatif dalam bertanya, kesulitan menyusun argumen logis, dan hambatan dalam menarik kesimpulan mandiri. Kondisi ini diperburuk oleh rendahnya keterampilan kolaborasi, di mana interaksi antar-siswa masih bersifat pasif, didominasi oleh individu tertentu, dan kurangnya sikap saling menghargai dalam diskusi kelompok.

Sebagai solusi atas permasalahan ganda tersebut, penerapan model *Discovery Learning* berbantuan *Augmented Reality* (AR) dipandang sebagai langkah intervensi yang paling strategis. Model *Discovery Learning* menyediakan kerangka pedagogis bagi siswa untuk mengonstruksi pengetahuan secara mandiri (mengatasi masalah berpikir kritis), sementara teknologi *Augmented Reality* (AR) berfungsi sebagai media visualisasi interaktif yang mampu menurunkan beban kognitif sekaligus menjadi pemantik diskusi kelompok (mengatasi masalah kolaborasi). Sinergi antara metode penemuan dan teknologi visual masa depan ini diharapkan tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep secara individual, tetapi juga membangun budaya belajar yang kritis, aktif, dan kolaboratif. Oleh karena itu,

penelitian ini sangat krusial untuk dilakukan guna membuktikan secara ilmiah pengaruh integrasi model dan teknologi tersebut terhadap kemampuan berpikir kritis dan keterampilan kolaborasi.

## Daftar Rujukan

- Abdullah, N., Baskaran, V. L., Mustafa, Z., Ali, S. R., & Zaini, S. H. (2022). Augmented Reality-based Mobile Learning System to Improve Students' Learning Achievements and Motivations in Natural Science Inquiry Activities. *Educational Technology & Society*, 17(4).
- Adilah, N., Ngazizah, N., & Nurhidayati, N. (2025). Student Worksheets Assisted by Augmented Reality on Critical Thinking Skills in High School Physics. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan Fisika*, 10(1).
- Agustina, I. (2019). Pentingnya Berfikir Kritis Di Era Revoulsi Industri 4.0. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 8(1).
- Ahsanu Amala, H., & Solihat, R. (2019). Keterampilan Abad 21 dalam Pembelajaran: Analisis Permasalahan Guru dan Siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 5(2).
- Anggrella, D. (2023). Development of Critical Thinking and Collaboration Skills in Science Learning at Elementary School: A Case Study. *Al Ibtida: Jurnal Pendidikan Guru MI*, 10(1).
- Boran, M. U., & Karakuş, F. (2022). The mediator role of critical thinking disposition in the relationship between perceived problem-solving skills and metacognitive awareness. *Participatory Educational Research*, 9(1).
- Cik'ani. (2021). Improving Learning Activities Through the Implementation of Problem Based Learning Models with Learning Oriented High Order Thinking Skills. *JIRA: Journal of Innovation and Academic Research*, 2(5).
- Creswell, J. W. (2009). Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. *SAGE Publications, Inc.*
- Daga, A. T. (2022). Application of a Scientific Approach in the Curriculum to Develop 21st Century Skills in Elementary School Students. *JIRA: Journal of Innovation and Academic Research*, 3(1).
- Giang, N. T., Dinh, N. V., Ngu, P. N. H., Chau, D. B., Thao, N. P., & Thao, T. T. P. (2024). Applying Augmented Reality Technology in STEM Education: A Bibliometrics Analysis in Scopus Database. *European Journal of Educational Researc*, 14(1).
- Giri, V., & Paily, M. U. (2020). Effect of Scientific Argumentation on the Development of Critical Thinking. *Science and Education*, 29(3).
- Gokmen, A. (2016). Collaborative Learning: A Key to Enhance Students' Social Interaction Skills. *Malaysian Online Journal of Educational Sciences*, 8(4).
- Hidayat, R., & Sari, D. (2022). Pengembangan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Melalui Model Pembelajaran Berbasis Masalah. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 15(2).
- Hikmawati, F. (2020). *Metodologi Penelitian*. PT. Raja Grafindo Persada.
- Kurniawan, A. (2023). A Systematic Literature Review of Transforming Learning Methods to Foster Critical Thinking Skills Through Augmented Reality in Science Learning. *Jurnal Eduscience*, 10(2).
- Kurniawati, D. (2020). Pentingnya Berpikir Kritis Dalam Pembelajaran Matematika. *Jurnal Penelitian Tindakan Kelas Dan Pengembangan Pembelajaran*, 3(1).
- Mardiyah, R. H., & Chitta, F. (2021). Pentingnya Keterampilan Belajar di Abad 21 sebagai Tuntutan dalam Pengembangan Sumber Daya Manusia. *Jurnal Pendidikan*, 12(1).
- Muri Yusuf, A. (2017). *Metodologi Penelitian (Kuantitatif, Kualitatif, dan Penelitian Gabungan)*. Kencana : Prenada Media Group.

- Rahmawati, G. D., & Setiaji, B. (2025). Development of Physics Learning Media Based on Augmented Reality to Improve Students' Critical Thinking Abilities. *International Journal of Information and Education Technology*, 14(4).
- Rawung, W. H., & Katuuk, D. A. (2021). Kurikulum dan Tantangannya pada Abad 21. *Jurnal Bahana Manajemen Pendidikan*, 10(1), 29–34.
- Rifa'i, A. H. (2021). *Pengantar Metodologi Penelitian*. SUKA-Press UIN Sunan Kalijaga.
- Sa'adi, P., Misbah, Arlinda, R., Harto, M., & Muhammad, N. (2024). Bibliometric Analysis: Augmented Reality in Science Education Research Trends. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(1).
- Santoso, B. (2021). Pembelajaran yang Berpusat pada Siswa: Implementasi dan Dampaknya Terhadap Motivasi Belajar. *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 9(2).
- Setyawan, A., & Rahman, F. (2023). Integrasi Augmented Reality dalam Discovery Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi dan Berpikir Kritis Siswa pada Pembelajaran IPA Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar Nusantara*, 8(2), 145–158.
- Slavin, R. E. (1994). *Educational psychology: Theory and practice*. Allyn and Bacon.
- Suharti, P., Asyari, A., & Wikanta, W. (2024). Assisting science teachers in developing augmented reality media to improve students' critical and creative thinking. *E-Journal UMM*, 8(1).
- Syafii, I. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran Discovery Learning Terhadap Keterampilan Kolaborasi Siswa pada Materi Pembelajaran Sains. *Jurnal Pendidikan Indonesia: Teori, Penelitian, Dan Inovasi*, 2(5).
- Weinhandl, R., Baldinger, S., & Riegler, V. (2025). Design Characteristics for Discovery Learning within Digital Mathematics Learning Environments from Students' Perspectives. *International Journal of Science and Mathematics Education*.
- Wibowo, T. (2022). Critical Thinking and Collaboration Skills on Environmental Awareness in Project-Based Science Learning. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(2).
- Zhu, X., Peng, K., Yu, S., & Wang, G. (2026). Can augmented reality technology reduce learners' cognitive load? A meta-analysis. *Smart Learning Environments*, 13(9).