

Pengaruh Model Discovery Learning Berbasis IoT Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa: Meta -analysis

The Impact of the IoT Based Learning Discovery Model on Students Critical Thinking Ability: Meta-analysis

Baso Intang Sappaile¹

Universitas Negeri Makassar
e-mail:baso.sappaile@gmail.com

Nenni Triana Sinaga²

Universitas HKBP Nommensen, Indonesia

Muh.Safar³

Universitas Muhammadiyah Bone, Indonesia

Novianty Djafri⁴

Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

Aloisius Harso⁵

Universitas Flores, Indonesia

Dewanto⁶

Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

Tomi Apra Santosa⁷

Akademi Teknik Adikarya, Indonesia

Abstract

The industrial revolution 4.0 has had a significant impact on the field of education. The role of technology has a positive impact on students' critical thinking abilities in learning. The discovery learning model is an effective learning model associated with Internet of Things (IoT) technology. However, many studies regarding discovery learning models have not found an effect size for Internet-based discovery learning on students' critical thinking skills. The aim of this research is to determine the effect of the IoT-based discovery learning model on students' critical thinking abilities. This type of research is a type of quantitative research with a meta-analysis approach. Inclusion eligibility criteria are research published in 2020-2024, research must be related to IoT-based discovery learning models, research data comes from reputable international journals and proceedings, research has complete data for effect size analysis and sample size (N) > 25 students. Data analysis techniques with the help of JSAP software. The results of the research concluded that the mean effect size value was 1,154, so the IoT-based discovery learning model had a positive effect on students' critical thinking abilities in the high category. These findings provide important information for teachers regarding the application of IoT-based discovery learning models to develop students' critical thinking skills in schools..

Keywords— Discovery Learning; Effect Size; Internet of Things (IoT), Critical thinking

1. PENDAHULUAN

Kemampuan berpikir kritis merupakan salah satu aspek yang penting dalam proses pendidikan (Aybala & Emine, 2023; Razak et al., 2021; Elfira et al., 2023). Dengan berpikir kritis, siswa dapat mengembangkan kemampuan untuk menganalisis informasi dengan baik, mengevaluasi argumen (Yulitriana et al., 2023), serta membuat keputusan yang tepat (Palavan, 2020; Nurtamam et al., 2023). Selain itu, kemampuan berpikir kritis juga membantu siswa dalam memecahkan masalah secara efektif, baik dalam konteks akademis maupun kehidupan sehari-hari (Suharyat et al., 2022; Rahman et al., 2023). Ketika siswa mampu menggunakan kemampuan berpikir kritis dengan baik, mereka lebih mampu menghadapi tantangan kompleks dan mengembangkan sudut pandang yang lebih luas terhadap berbagai situasi (Priyambodo et al., 2023; Chimmalee & Anupan, 2023).

Selain itu, kemampuan berpikir kritis juga membantu siswa untuk menjadi individu yang lebih mandiri dan kreatif (Ichsan et al., 2023; Zulkifli et al., 2022; Gultepe & Kilic, 2021). Dengan berpikir kritis, siswa diajak untuk tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi juga untuk mengajukan pertanyaan, mencari solusi alternatif, dan mengeksplorasi berbagai sudut pandang (Jamaludin et al., 2022; Kir et al., 2023). Hal ini memungkinkan siswa untuk mengembangkan keterampilan problem-solving yang kuat, serta meningkatkan kemampuan mereka dalam menghadapi perubahan dan tantangan yang terus berkembang di dunia modern (Ardiansah & Zulfiani, 2023; Oktarina et al., 2021; Maksun, 2021). Dengan demikian, kemampuan berpikir kritis bukan hanya menjadi kunci keberhasilan akademis, tetapi juga mempersiapkan siswa untuk menjadi pemimpin yang inovatif dan berpikiran terbuka dalam berbagai bidang kehidupan (Hamengkubuwono et al., 2016; Fradila et al., 2021; Sofianora et al., 2023).

Namun pada kenyataannya, kemampuan berpikir kritis siswa dalam kegiatan pembelajaran di sekolah masih tergolong rendah (Rahman & Ristiana, 2020; Suharyat et al., 2022; Suryono et al., 2023; Rahman et al., 2023). Hasil riset TIMSS Tahun 2015 Kemampuan berpikir kritis siswa Indonesia memperoleh skor 397 lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata skor internasional yaitu 500 (Hariyadi et al., 2023; Zulyusri et al., 2023; Rahman et al., 2023). Selanjutnya, dalam kegiatan pembelajaran guru tidak mengarahkan siswa untuk berpikir kritis dalam belajar (Suyatno et al., 2023; Supriyadi et al., 2022), sehingga kemampuan berpikir analitis dan kritis siswa tidak terlatih. Penerapan model pembelajaran yang diterapkan guru kurang efektif untuk merangsang siswa berpikir kritis dalam belajar (Suharyat et al., 2022; Hariyanto et al., 2022; Putra et al., 2023). Oleh karena itu, perlu adanya model pembelajaran yang dapat mendorong kemampuan berpikir kritis siswa.

Salah satu model pembelajaran yang dapat mendorong kemampuan berpikir kritis siswa adalah model *discovery learning*. *Discovery learning* adalah model pembelajaran yang memberikan penekanan pada peran aktif siswa dalam menemukan dan memahami konsep-konsep baru melalui eksplorasi, percobaan, dan refleksi (Sawah, 2023; Hariyanto et al., 2023). Dalam metode ini, guru berperan sebagai fasilitator yang memberikan panduan dan sumber daya kepada siswa, namun siswa memiliki kebebasan untuk mengeksplorasi dan menemukan pengetahuan sendiri. Pendekatan ini memungkinkan siswa untuk mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam karena mereka terlibat langsung dalam proses pembelajaran, yang juga memicu rasa ingin tahu dan motivasi intrinsik (Zahara et al., 2020; Winarni, 2020).

Selanjutnya model discovery learning dapat dihubungkan dengan teknologi salah satunya Internet of Things (IoT). Internet of Things (IoT) adalah jaringan objek fisik yang terhubung dan dapat saling berkomunikasi melalui internet, memungkinkan pertukaran data dan kontrol yang otomatis (Ghudkam et al., 2023). Konsep ini melibatkan berbagai perangkat seperti sensor, perangkat mobile, kendaraan, peralatan rumah tangga pintar, dan banyak lagi, yang dapat mengumpulkan, mentransfer, dan menganalisis data secara real-time. IoT telah membawa revolusi besar dalam berbagai sektor, termasuk kesehatan, manufaktur, pertanian, dan smart city, dengan memberikan kemampuan untuk monitoring dan pengelolaan yang lebih efisien, prediktif, dan terhubung secara global (Frydenberg, 2023; Francisti, 2023). Dengan pertumbuhan pesat teknologi ini, IoT diharapkan akan terus memainkan peran sentral dalam mengubah cara kita berinteraksi dengan lingkungan fisik kita dan menyediakan solusi inovatif untuk tantangan yang dihadapi oleh masyarakat modern. Hasil penelitian Ozgül et al., (2023) mengatakan Internet of things yang diterapkan dalam pembelajaran dapat menumbuhkan motivasi dan minat belajar siswa.

Penelitian sebelumnya model discovery learning memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa dalam kegiatan pembelajaran (Hanifah et al., 2022; Noviyanto & Wardani, 2020; Nugrahaeni et al., 2017; Putri et al., 2018; Dahliana & Khaldun, 2018). Penelitian dari luar negeri, model discovery learning efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa (Klahr & Nigam, 2014). Banyak penelitian mengenai model discovery learning belum ditemukan effect size model discovery learning berbasis IoT terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Jadi, penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh model discovery learning berbasis IoT terhadap kemampuan berpikir kritis siswa.

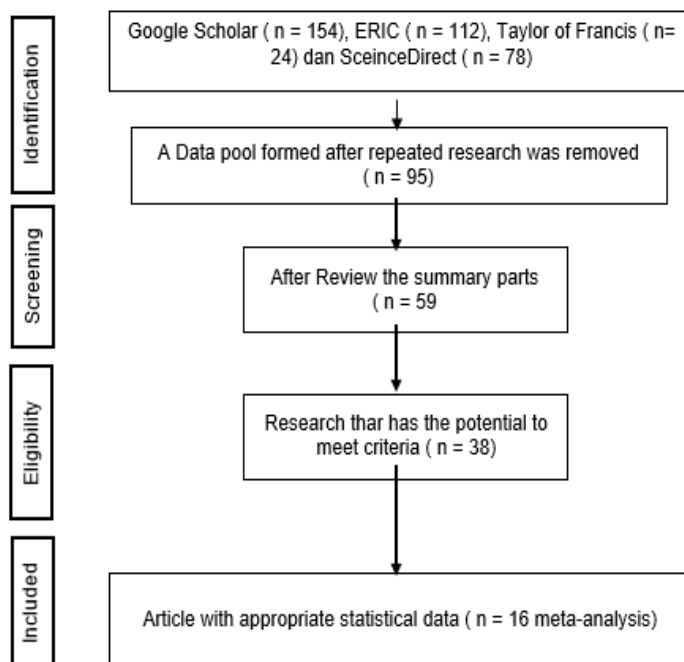
2. METODE

Jenis penelitian ini adalah jenis penelitian kuantitatif dengan pendekatan meta-analisis. Meta-analisis merupakan penelitian yang menganalisis penelitian primer untuk mendapat kesimpulan secara akurat melalui analisis kuantitatif (Santosa et al., 2021; Diah et al., 2022; Juandi et al., 2022; Suparman et al., 2021; Chamdani et al., 2022). Meta-analisis bertujuan untuk mengetahui pengaruh model discovery learning berbasis IoT terhadap kemampuan berpikir kritis siswa.

Kriteria eligibility inklusi yaitu penelitian dipublikasi tahun 2020-2024, Penelitian harus berkaitan dengan model discovery learning berbasis IoT, Data penelitian berasal dari Jurnal dan Prosiding internasional bereputasi, Penelitian memiliki data yang lengkap untuk analisis effect size dan ukuran sampel (N) > 25 siswa. Selanjutnya, proses pencarian sumber data melalui google scholar, ScienceDirect, ERIC dan taylor of Francis. Kata kunci pencarian sumber data adalah model discovery learning, pengaruh discovery learning berbasis IoT dan Implementasi Model Discovery Learning berbasis IoT terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Dalam penelusuran data diperoleh 368 jurnal, akan tetapi jurnal tersebut diseleksi dengan metode PRISMA maka diperoleh 16 jurnal yang memenuhi kriteria inklusi dapat dilihat pada Gambar 1. Teknik analisis data dengan bantuan software JSAP. Selanjutnya, kriteria effect size dari penelitian berpedoman pada kriteria effect size (Cohen et al., 2007) dapat dilihat Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Nilai Effect Size Cohen's

Nilai Effect Size	Kriteria
$0.00 \leq ES \leq 0.20$	Kecil
$0.20 \leq ES \leq 0.80$	Sedang
$ES \geq 0.80$	Besar



Gambar 1. Seleksi Data Melalui Metode PRISMA

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelusuran data melalui database jurnal google scholar, ScienceDirect, ERIC dan taylor of Francis diperoleh 368 jurnal yang berkaitan dengan pengaruh model discovery learning berbasis IoT terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Akan tetapi, jurnal diseleksi melalui metode PRISMA maka diperoleh 16 jurnal yang memenuhi kriteria inklusi. Data yang telah memenuhi kriteria inklusi dihitung nilai effect size yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Effect Size Penelitian Memenuhi Kriteria Inklusi

Kode Jurnal	Tahun	Variabel	Effect Size	Kriteria Effect Size
Studi 1	2020	Critical Thinking	0.95	Besar
Studi 2	2023	Critical Thinking	0.61	Sedang
Studi 3	2021	Critikal Thinking	1.15	Besar
Studi 4	2022	Critical Thinking	0.65	Sedang
Studi 5	2022	Critical Thinking	0.19	Kecil
Studi 6	2023	Critical Thinking	1.74	Besar
Studi 7	2023	Critikal Thinking	2.92	Besar

Studi 8	2024	Critical Thinking	0.82	Besar
Studi 9	2020	Critical Thinking	0.44	Sedang
Studi 10	2023	Critical Thinking	1.40	Besar
Studi 11	2024	Critikal Thinking	1.76	Besar
Studi 12	2024	Critical Thinking	0.67	Sedang
Studi 13	2023	Critical Thinking	0.95	Besar
Studi 14	2023	Critical Thinking	1.27	Besar
Studi 15	2021	Critikal Thinking	2.02	Besar
Studi 16	2022	Critical Thinking	0.65	Sedang
Nilai rata-rata Effect Size			1.154	Besar

Berdasarkan Tabel 2, nilai effect size 16 jurnal berkisar antara 0.19 hingga 2.90. Menurut kriteria effect size (Cohen et al., 2007) dari 16 penelitian diperoleh satu penelitian memiliki nilai effect size kriteria kecil, lima penelitian memiliki nilai effect size kriteria sedang dan sepuluh penelitian memiliki nilai effect size kriteria besar. Selanjutnya, nilai rata-rata effect size sebesar 1.154 dengan kriteria effect size besar. Temuan ini menyimpulkan bahwa model discovery learning berbasis IoT memberikan pengaruh positif terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Penelitian ini sejalan dengan Putri et al., (2018) model discovery learning memberikan pengaruh signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Selanjutnya penelitian Anjarwati et al., (2022) implementasi model discovery learning berbasis IoT memberikan pengaruh signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa.

Penggunaan model discovery learning berbasis Internet of Things (IoT) dapat memberikan dampak positif yang signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis siswa (Ahman & Budiwati, 2018). Dengan memanfaatkan IoT, siswa memiliki kesempatan untuk melakukan eksperimen langsung, mengumpulkan data secara real-time, dan melakukan analisis yang mendalam terhadap hasil yang diperoleh (Suwarno et al., 2022; Amrina et al., 2020). Hal ini tidak hanya memfasilitasi pemahaman konsep secara menyeluruh, tetapi juga mendorong siswa untuk mengembangkan keterampilan evaluasi yang kritis terhadap informasi yang mereka terima (Amrina et al., 2020). Selain itu, melalui model ini, siswa diajak untuk mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang relevan, mengidentifikasi masalah, dan mencari solusi yang inovatif, sehingga memperkuat kemampuan mereka dalam berpikir secara kritis dan kreatif.

Selain itu, penggunaan model discovery learning berbasis IoT juga membantu siswa untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis mereka dalam konteks dunia nyata. Dengan melibatkan teknologi IoT yang digunakan dalam berbagai industri dan kehidupan sehari-hari, siswa memiliki kesempatan untuk memahami bagaimana konsep-konsep yang dipelajari dapat diterapkan dalam situasi nyata (Gangi et al., 2023). Hal ini tidak hanya meningkatkan motivasi belajar siswa, tetapi juga membantu mereka untuk mengembangkan pemahaman yang lebih dalam tentang implikasi dan dampak teknologi dalam masyarakat (Sopapradit & PiriyaSurawong, 2020). Dengan demikian, penggunaan model discovery learning berbasis IoT dapat memberikan kontribusi yang berharga dalam mempersiapkan siswa untuk menjadi individu yang mampu berpikir secara kritis dan adaptif dalam menghadapi tantangan yang kompleks di masa depan.

Selanjutnya, analisis effect size model discovery learning berbasis IoT terhadap kemampuan berpikir kritis siswa berdasarkan tingkatan pendidikan yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Effect Size Model Discovery Learning berbasis IoT berdasarkan Tingkatan Pendidikan

Tingkatan Pendidikan	Effect Size	Standard Deviasi	Kriteria Effect Size
SD	0.68	0.39	Sedang
SMP	0.81	0.52	Besar
SMA	0.92	0.57	Besar

Berdasarkan Tabel 3, nilai effect size tingkatan pendidikan SD sebesar 0.68 dan Standard deviasi sebesar 0.39 (kriteria effect size sedang), SMP nilai effect size sebesar 0.81 dan standard deviasi 0.52 dengan kriteria besar dan SMA nilai effect size sebesar 0.92 dan standard deviasi sebesar 0.57 kriteria effect size besar. Penerapan model discovery learning berbasis Internet of Things (IoT) memiliki implikasi yang berbeda terhadap kemampuan berpikir kritis siswa tergantung pada tingkat pendidikan mereka (Fragou & Mavroudi, 2019). Di tingkat pendidikan dasar, penggunaan IoT dalam pembelajaran dapat meningkatkan keterlibatan siswa dengan menyajikan materi secara interaktif melalui perangkat yang terhubung, memicu rasa ingin tahu dan eksplorasi. Siswa dapat belajar dengan mencoba sendiri, mengamati, dan menarik kesimpulan, sehingga memperkuat keterampilan pemecahan masalah dan evaluasi mereka secara bertahap. Sementara itu, di tingkat pendidikan menengah, model ini dapat membantu siswa mengembangkan kemampuan analisis yang lebih mendalam karena mereka terlibat dalam proyek-proyek yang lebih kompleks yang melibatkan pengumpulan dan analisis data dari berbagai sumber IoT. Hal ini memungkinkan mereka untuk mengasah kemampuan berpikir kritis mereka melalui identifikasi pola, membuat inferensi, dan menyusun argumen yang terinformasi.

Di tingkat pendidikan tinggi, model discovery learning berbasis IoT dapat digunakan untuk memperdalam pemahaman siswa tentang konsep-konsep yang lebih kompleks dalam bidang teknologi informasi dan komunikasi . Siswa dapat terlibat dalam penelitian yang lebih lanjut, proyek-proyek inovatif, dan kolaborasi industri yang melibatkan penerapan teknologi IoT dalam solusi praktis (Putri et al., 2020). Hal ini tidak hanya memperluas wawasan siswa tentang aplikasi teknologi dalam berbagai konteks, tetapi juga mempersiapkan mereka untuk menjadi pemikir kritis dan pemecah masalah yang kompeten dalam era digital yang terus berkembang (Khairani & Prodjosantoso, 2023; Svinicki, 2018). Dengan demikian, penggunaan model discovery learning berbasis IoT di berbagai tingkat pendidikan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa sesuai dengan tingkat kompleksitas materi yang dipelajari.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa bahwa nilai mean effect size sebesar 1.154, maka model discovery learning berbasis IoT berpengaruh positif terhadap kemampuan berpikir kritis siswa dengan kategori yang tinggi. Temuan ini memberikan informasi penting bagi guru mengenai penerapan model discovery learning berbasis IoT untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa di sekolah. Penggunaan teknologi IoT dalam pembelajaran memberikan kesempatan bagi siswa untuk terlibat secara aktif dalam eksplorasi, percobaan, dan analisis, yang secara signifikan meningkatkan kemampuan mereka dalam berpikir kritis. Model ini tidak hanya memperkuat keterampilan pemecahan masalah, evaluasi, dan analisis siswa, tetapi juga

memungkinkan mereka untuk mengembangkan kemandirian belajar dan pemahaman yang lebih mendalam tentang konsep-konsep yang dipelajari.

5. SARAN

Untuk memperhatikan dengan cermat pengembangan model discovery learning yang terintegrasi dengan IoT, memastikan bahwa desain penelitian memenuhi standar eksperimental yang ketat dengan penggunaan kelompok kontrol yang sesuai, dan menggunakan instrumen pengukuran yang valid dan reliabel untuk mengevaluasi kemampuan berpikir kritis siswa sebelum dan setelah intervensi. Selain itu, penting untuk memperhitungkan faktor-faktor kontekstual seperti lingkungan pembelajaran, karakteristik siswa, dan dukungan dari stakeholder pendidikan dalam menginterpretasikan hasil penelitian dan mengidentifikasi implikasi praktisnya untuk pengembangan kurikulum dan pendekatan pembelajaran yang lebih efektif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada peneliti yang telah berkolaborasi dalam menyelesaikan penelitian ini. Selain itu, peneliti mengucapkan terima kasih kepada dewan redaksi jurnal puan indonesia yang telah menerbitkan penelitian ini.

PUSTAKA

- Abdul Rahman, Ilwandri, Tomi Apra Santosa, Revi Gina Gunawan, Yayat Suharyat⁵, Ringgo Putra⁶, A. S. (2023). Effectiveness of Problem-Based Learning Model in Science Learning: A Meta- Analysis Study. *JUARA : Jurnal Olahraga*, 8(2), 713–726.
- Ahman, E., & Budiwati, N. (2018). Metode Guided Discovery Learning terhadap Tingkat Berpikir Kritis Siswa Dilihat dari Motivasi Belajar. *Indonesian Journal of Economics Education*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.17509/jurnal>
- Amrina, Z., Zuzano, F., Wahyuni, Y., & Alfino, J. (2020). The Effectiveness of Applying a Problem-Based Learning Model in Mathematical Learning in Improving Students Critical Thinking. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 397(Icliqe 2019), 891–900. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.200129.110>
- Anike Putri*, Yenita Roza, M. (2020). Development of Learning Tools with the Discovery Learning Model to Improve the Critical Thinking Ability of Mathematics. *Journal of Educational Sciences*, 4(1), 83–92.
- Anjarwati, D., Juandi, D., Nurlaelah, E., & Hasanah, A. (2022). Studi Meta-Analisis : Pengaruh Model Discovery Learning Berbantuan Geogebra Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 06(03), 2417–2427.
- Ardiansah, R., & Zulfiani, Z. (2023). Development of interactive e-LKPD based on creative thinking skills on the concept of environmental change Abstract : *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 9(2), 179–197.
- Aybala, Ç., & Emine, B. (2023). The effect of differentiated instruction on gifted students critical thinking skills and mathematics problem solving attitudes. *Educational Research and Reviews*, 18(12), 392–398.

- <https://doi.org/10.5897/err2023.4375>
- Chamdani et al. (2022). META-ANALYSIS STUDY: THE RELATIONSHIP BETWEEN REFLECTIVE THINKING AND LEARNING ACHIEVEMENT. *ERIES Journal*, 15(3), 181–188.
- Chimmalee, B., & Anupan, A. (2023). the Effects of Using Flipped Cloud Learning With Advancing Mathematical Thinking Approaches on Undergraduate Students' Mathematical Critical Thinking. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 24(3), 240–260. <https://doi.org/10.17718/tojde.1125894>
- Cohen, L., Manion, L., Lecturer, P., Morrison, K., & Lecturer, S. (2007). *Research Methods in Education*. New York.: Routledge is an imprint of the Taylor & Francis Group, an informa business.
- Dahlia, P., & Khaldun, I. (2018). Pengaruh Model Guided Discovery Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta didik. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia (Indonesian Journal of Science Education)*, 06(06), 101–106. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v6i2.12477>
- Diah et al. (2022). Meta-Analysis of Focusky Learning Media on Student Learning Outcomes. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ASIAN EDUCATION*, 3(2), 20–22. <https://doi.org/10.55943/jipmukjt.v3i2.34>
- Elfira, I., & Santosa, T. A. (2023). Literature Study : Utilization of the PjBL Model in Science Education to Improve Creativity and Critical Thinking Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(1), 133–143. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i1.2555>
- Emre Özgül a *, M. A. O. (2023). The effect of internet of things education through distance education on student success and motivation. *Journal of Educational Technology & Online Learning*, 6(2), 1–18.
- Fradila, E., Razak, A., Santosa, T. A., Arsih, F., & Chatri, M. (2021). Development Of E-Module-Based Problem Based Learning (PBL) Applications Using Sigil The Course Ecology And Environmental Education Students Master Of Biology. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*, 27(2), 673–682.
- Fragou, O., & Mavroudi, A. (2019). Exploring Internet of Things, Mobile Computing and Ubiquitous Computing in Computer Science Education: A Systematic Mapping Study. *International Journal of Technology in Education and Science*, 4(1), 72–85. <https://doi.org/10.46328/ijtes.v4i1.47>
- Francisti, J. (2023). THE USE OF INTERNET OF THINGS TECHNOLOGY IN THE PEDAGOGICAL PROCESS. *Proceedings of the 5th International Baltic Symposium on Science and Technology Education, BalticSTE2023*, 65–75.
- Frydenberg, M. (2023). Teaching Case Alexa , Help Me Learn About the Internet of Things! *Information Systems Education Journal (ISEDJ)*, 21(May), 69–81.
- Gangi, P., Wech, B., Hamrick, J., Worrell, J., & Goh, S. (2023). Risk perceptions about personal Internet-of-Things: Research directions from a multi-panel Delphi study. *Journal of Cybersecurity Education Research and Practice*, 2022(2). <https://doi.org/10.32727/8.2023.4>
- Ghudkam, S., Chatwattana, P., & PiriyaSurawong, P. (2023). An Imagineering Learning Model using Advance Organizers with Internet of Things. *Higher Education Studies*, 13(2), 128–134. <https://doi.org/10.5539/hes.v13n2p128>
- Gültepe, N., & Kılıç, Z. (2021). The Effects of Scientific Argumentation on High School Students' Critical Thinking Skills. *International Journal of Progressive Education*, 17(6), 183–200. <https://doi.org/10.29329/ijpe.2021.382.13>
- Hamengkubuwono et al. (2016). The Effect of Teacher Collaboration as the Embodiment of Teacher Leadership on Educational Management Students' Critical Thinking Skills. *European Journal of Educational Research*, 11(3),

1315–1326.

- Hariyadi, S., Santosa, T. A., & Sakti, B. P. (2023). Effectiveness of STEM-Based Mind Mapping Learning Model to Improve Students' Science Literacy in the Era of Revolution. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(10), 791–799. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.5125>
- Hariyanto, Amin, M., Mahanal, S., & Rohman, F. (2022). Analyzing the Contribution of Critical Thinking Skills and Social Skills on Students' Character By Applying Discovery Learning Models. *International Journal of Education and Practice*, 10(1), 42–53. <https://doi.org/10.18488/61.v10i1.2907>
- Hariyanto, H., Hikamah, S. R., & Maghfiroh, N. H. (2023). The potential of the discovery learning model integrated the reading, questioning, and answering model on cross-cultural high school students' problem-solving skills. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 17(1), 58–66. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v17i1.20599>
- Ichsan, Yayat Suharyat, Tomi Apra Santosa, E. (2023). The Effectiveness of STEM-Based Learning in Teaching 21st Century Skills in Generation Z Student in Science Learning : A. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(1), 150–166. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i1.2517>
- Jamaludin, J., Kakaly, S., & Batlolona, J. R. (2022). Critical thinking skills and concepts mastery on the topic of temperature and heat. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 16(1), 51–57. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v16i1.20344>
- Juandi, D., Kusumah, Y. S., & Tamur, M. (2022). A Meta-Analysis of the last two decades of realistic mathematics education approaches. *International Journal of Instruction*, 15(1), 381–400. <https://doi.org/10.29333/iji.2022.15122a>
- Khairani, R. N., & Prodjosantoso, A. K. (2023). Application of Discovery Learning Model Based on Blended Learning to Activities and Learning Outcomes. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(10), 8974–8981. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.4402>
- Kir, M. (2023). The effect of portfolio use on the development of critical thinking strategies of pre-service teachers with different learning approaches. *African Educational Research Journal*, 11(3), 480–490. <https://doi.org/10.30918/aerj.113.23.079>
- Klahr, D., & Nigam, M. (2014). The equivalence of learning paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological Science*, 15(10), 661–667. <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2004.00737.x>
- Maksum, A. (2021). Path Analysis of Self-Regulation, Social Skills, Critical Thinking and Problem-Solving Ability on Social Studies Learning Outcomes. *International Journal of Instruction*, 14(3), 613–628.
- Noviyanto, W. Y., & Wardani, N. S. (2020). Meta Analisis Pengaruh Pendekatan Discovery Learning terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas V Tematik Muatan IPA. *Thinking Skills and Creativity Journal*, 3(1), 1–7.
- Nugrahaeni, A., Redhana, I. W., & Kartawan, I. M. A. (2017). Penerapan Model Pembelajaran Discovery Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Dan Hasil Belajar Kimia. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 1(1), 23. <https://doi.org/10.23887/jpk.v1i1.12808>
- Nurtamam, M. E., Santosa, T. A., Aprilisia, S., Rahman, A., & Suharyat, Y. (2023). Meta-analysis : The Effectiveness of lot-Based Flipped Learning to Improve Students' Problem Solving Abilities. *Edumaspul: Jurnal Pendidikan*, 7(1), 1491–1501.
- Oktarina, K., Santosa, T. A., Razak, A., & Ahda, Y. (2021). Meta-Analysis : The Effectiveness of Using Blended Learning on Multiple Intelligences and

- Student Character Education during the Covid-19 Period. *IJECA International Journal of Education & Curriculum Application*, 4(3), 184–192.
- Palavan, Ö. (2020). The effect of critical thinking education on the critical thinking skills and the critical thinking dispositions of preservice teachers. *Educational Research and Reviews*, 15(10), 606–627. <https://doi.org/10.5897/err2020.4035>
- Priyambodo, P., Paidi, P., Wilujeng, I., & Widowati, A. (2023). Ethno-ECLIPSE learning model: The bridge between collaboration and critical thinking skills. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 17(4), 575–588. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v17i4.20876>
- Putra, M., Rahman, A., Suhayat, Y., Santosa, T. A., & Putra, R. (2023). The Effect of STEM-Based REACT Model on Students ' Critical Thinking Skills : A Meta-Analysis Study. *LITERACY: International Scientific Journals Of Social, Education and Humaniora*, 2(1), 207–217.
- Putri, E. A., Mulyanti, Y., & Imswatama, A. (2018). Pengaruh Pembelajaran Discovery Learning terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Ditinjau dari Motivasi Belajar. *Jurnal Tadris Matematika*, 1(2), 167–174. <https://doi.org/10.21274/jtm.2018.1.2.167-174>
- Rahman, A. A., Santosa, T. A., Nurtamam, M. E., & Widoyo, H. (2023). Meta-Analysis : The Effect of Ethnoscience-Based Project Based Learning Model on Students ' Critical Thinking Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(9), 611–620. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i9.4871>
- Rahman, A., & Ristiana, E. (2020). Pengaruh Model PBL Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Pemahaman Konsep IPA Siswa Kelas V SDN 30 Sumpangbita. *Edumaspul: Jurnal Pendidikan*, 4(1), 29–41.
- Rahman, A., Santosa, T. A., & Suharyat, Y. (2023). *The Effect of Problem Based Learning-STEM on Students ' 21st Century Skills in Indonesia : A Meta-Analysis*. 2(1).
- Razak, A., Santosa, T. A., Lufri, & Zulyusri. (2021). Meta-Analysis: Pengaruh HOTS (Higher Order Thinking Skill) terhadap Kemampuan Literasi Sains dan Lesson Study Siswa pada Materi Ekologi dan Lingkungan pada Masa Pandemi Covid-19. *Bioedusiana: Jurnal Pendidikan Biologi*, 6(1), 79–87.
- Santosa, T. A., Razak, A., Arsih, F., & Sepriyani, E. M. (2021). Meta-Analysis : Science Learning Based on Local Wisdom Against Preserving School Environments During the Covid-19 Pandemic. *Journal of Biology Education*, 10(2), 244–251.
- Sawah, K. O. (2023). International Journal of Educational Methodology Analysing Teachers ' Perception of the Try -Understand-Apply-Mastered Discovery Learning Processes in Vanuatu Using the Constructivist Grounded Theory Approach. *International Journal of Educational Methodology*, 9(1), 123–138.
- Sofianora, A., Suharyat, Y., & Santosa, T. A. (2023). **PENGARUH PROFESIONALITAS GURU MATEMATIKA DALAM MENINGKATKAN KOMPETENSI SISWA ERA REVOLUSI INDUSTRI 5 . 0 DI INDONESIA : SEBUAH META-ANALISIS**. 10(2).
- Sopapradit, S., & Piriyasurawong, P. (2020). Green University Using Cloud Based Internet of Things Model for Energy Saving. *International Education Studies*, 13(9), 123–128. <https://doi.org/10.5539/ies.v13n9p123>
- Suharyat, Y., Santosa, T. A., Aprilisia, S., & Yulianti, S. (2022). International Journal of Education and Literature (IJEL) Meta-Analysis Study: The Effectiveness of Problem Solving Learning in Science Learning in Indonesia. *International Journal of Education and Literature (IJEL) Amik Veteran Porwokerto*, 1(3), 6–13.

- Suparman, Juandi, D., & Tamur, M. (2021). Problem-Based Learning for Mathematical Critical Thinking Skills: A Meta-Analysis. *Journal of Hunan University (Natural Sciences)*, 48(2), 133–144.
- Supriyadi, A., Satria, E., & Santosa, T. A. (2022). International Journal of Education and Literature (IJEL) E- ISSN: 2829-6249 P -ISSN: 2829-6656 Meta-analysis: The Effectiveness of the Integrated STEM Technology Pedagogical Content Knowledge Learning Model on the 21st Century Skills of High School S. *International Journal of Education and Literature (IJEL)*.
- Suryono, W., Haryanto, B. B., Santosa, T. A., Suharyat, Y., & Sappaile, B. I. (2023). The Effect of The Blended Learning Model on Student Critical Thinking Skill: Meta-analysis. *Edumaspul - Jurnal Pendidikan*, 7(1), 1386–1397.
- Suwarno, Z., Kristanti, F., & Soemantri, S. (2022). Meta Analisis: Pengaruh Model Discovery Learning. *Jurnal Derivat*, 9(2), 153–164.
- Suyatno Sutoyo^{1*}, Rudianta Agustini¹, A. F. (2023). Online Critical Thinking Cycle Model to Improve Pre-service Science Teacher ' s Critical Thinking Dispositions and Critical Thinking Skills. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 13(2), 173–181. <https://doi.org/10.47750/pegegog.13.02.21>
- Svinicki, M. D. (1998). A theoretical foundation for discovery learning. *The American Journal of Physiology*, 275(6 Pt 2), 4–7. <https://doi.org/10.1152/advances.1998.275.6.s4>
- Winarni, E. W. (2020). Analysis of Language and Scientific Literacy Skills for 4th Grade Elementary School Students through Discovery Learning and ICT Media. *International Journal of Instruction*, 13(2), 213–222.
- Yayat Suharyat et al. (2022). Meta-Analisis Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Keterampilan Abad-21 Siswa Dalam Pembelajaran IPA Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling*, 4(5), 5081–5088.
- Yulitriana, Asi, N., Nugraha, R. F., & Fauzan, A. (2023). The Effect of Community Dialogue in Building Critical Thinking Skills in Essay Writing. *LEARN Journal: Language Education and Acquisition Research Network*, 16(2), 348–365.
- Zahara, A., Feranie, S., Winarno, N., & Siswontoro, N. (2020). Discovery Learning with the Solar System Scope Application to Enhance Learning in Middle School Students. *Journal of Science Learning*, 3(3), 174–184. <https://doi.org/10.17509/jsl.v3i3.23503>
- Zul Hanifah, S., Febriana, K., & Sandha, S. (2022). Meta Analisis: Pengaruh Model Discovery Learning Terhadap Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Matematika. *Jurnal Derivat: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 9(2), 153–164. <https://doi.org/10.31316/jderivat.v9i2.4240>
- Zulkifli, Z., Satria, E., Supriyadi, A., & Santosa, T. A. (2022). Meta-analysis: The effectiveness of the integrated STEM technology pedagogical content knowledge learning model on the 21st century skills of high school students in the science department. *Psychology, Evaluation, and Technology in Educational Research*, 5(1), 32–42.
- Zulyusri, Tomi Apra Santosa, Festiyed, Yerimadesi, Yohandri, Abdul Razak, S. (2023). Effectiveness of STEM Learning Based on Design Thiking in Improving Critical Thinking Skills in Science Learning: A. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(6), 112–119. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i6.3709>

