



Efektivitas Model *Discovery Learning* Berbasis Metakognitif dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik

Ihsanti Kamilah*¹, Hera Novia², Heni Rusnayati³.

^{1,2,3} Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia

*E-mail: ihsantikamilah@upi.edu

DOI: <https://doi.org/10.52188/jpfs.v9i01.2149>

Accepted: 30 April 2026

Approved: 7 Mei 2026

Published: 13 Mei 2026

ABSTRAK

Kemampuan berpikir kritis merupakan kompetensi esensial abad ke-21 yang perlu dikembangkan dalam pembelajaran fisika. Namun, pendekatan *teacher-centered* dan rendahnya kesadaran metakognitif peserta didik menjadi hambatan utama. Penelitian ini bertujuan mengkaji efektivitas model pembelajaran *discovery learning* berbasis metakognitif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi fluida statis. Metode yang digunakan adalah kuasi-eksperimen dengan desain *non-equivalent control group design*, melibatkan 32 peserta didik kelas eksperimen dan 28 kelas kontrol di salah satu Sekolah Menengah Atas di Kota Bandung. Instrumen penelitian berupa tes kemampuan berpikir kritis, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, dan pertanyaan metakognitif yang terintegrasi pada tahapan *discovery learning*. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan yang lebih tinggi pada kelas eksperimen dibandingkan kelas kontrol, dengan perbedaan yang signifikan secara statistik dan *effect size* yang tergolong besar, serta keterlaksanaan pembelajaran yang tergolong sangat baik. Dengan demikian, model pembelajaran *discovery learning* berbasis metakognitif terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi fluida statis.

Kata kunci: *Discovery Learning*, Metakognitif, Berpikir Kritis, Fluida Statis

ABSTRACT

Critical thinking skills represent an essential 21st-century competency in physics learning. However, teacher-centered instruction and limited metacognitive awareness remain major obstacles. This study aimed to examine the effectiveness of metacognitive-based discovery learning model in improving students' critical thinking skills on static fluid topics. A quasi-experimental non-equivalent control group design was employed, involving 32 experimental and 28 control students at a senior high school in Bandung. The research instrument consists of a critical thinking skills test, a learning implementation observation sheet, and metacognitive questions embedded in each phase of discovery learning. The results showed a higher improvement in the experimental class compared to the control class, with a statistically significant difference and a large effect size, as well as a very good level of learning implementation. Therefore, the metacognitive-based discovery learning model is proven effective in improving student's critical thinking skills on static fluid material.

Keyword: Discovery Learning, Metacognitive, Critical Thinking, Static Fluid

©2026 Pendidikan Fisika FKIP Universitas Nahdlatul Ulama Cirebon

PENDAHULUAN

Pendidikan fisika di era abad ke-21 menghadapi tantangan yang semakin kompleks dalam mempersiapkan peserta didik menghadapi tuntutan dunia yang berkembang pesat (Bao & Koenig, 2019). Paradigma pembelajaran telah bergeser dari pendekatan tradisional yang berfokus pada penguasaan konten menuju pengembangan kemampuan berpikir kritis tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills/HOTS*) (Franco-Mariscal, 2024). Dalam konteks ini, kemampuan berpikir kritis menjadi salah satu keterampilan esensial yang harus dikembangkan. Dwyer (2023, p. 1) mendefinisikan berpikir kritis sebagai proses metakognitif yang terdiri dari sejumlah keterampilan dan kecenderungan melalui pertimbangan reflektif dan regulasi diri yang bertujuan meningkatkan peluang untuk menghasilkan solusi logis terhadap suatu masalah.

Realitas di lapangan menunjukkan bahwa pengembangan kemampuan berpikir kritis peserta didik masih menghadapi berbagai kendala. Rendahnya kemampuan berpikir kritis peserta didik dalam pembelajaran fisika dibuktikan oleh Anjarisma & Sugianto (2024) yang menemukan bahwa kemampuan berpikir kritis peserta didik SMA dalam pembelajaran fisika masih tergolong rendah, dengan penyebab utama berupa metode pengajaran yang kurang sesuai di kelas. Berdasarkan studi pendahuluan di salah satu SMA di Kota Bandung, sekitar 70% waktu pembelajaran digunakan untuk penjelasan guru, sehingga peserta didik cenderung pasif dan kemampuan berpikir kritis belum berkembang optimal. Akar permasalahan ini bersumber dari dua faktor utama. Pertama, pendekatan pembelajaran masih bersifat *teacher-centered* yang menekankan transfer informasi satu arah (Wenno et al., 2022). Kedua, rendahnya kesadaran metakognitif peserta didik. Metakognisi, sebagai kesadaran dan kontrol individu terhadap proses berpikirnya sendiri (Flavell, 1979), terbukti memiliki hubungan yang saling memperkuat dengan kemampuan berpikir kritis (Stanton et al., 2021). Willison et al. (2024) bahkan menemukan bahwa pengembangan metakognisi memiliki potensi keuntungan pembelajaran yang melampaui kontribusi kecerdasan umum.

Berbagai penelitian terdahulu telah mengkaji penggunaan model *discovery learning* dalam pembelajaran fisika dan menunjukkan dampak positif terhadap hasil belajar peserta didik (A.Nababan et al., 2023; Labibah & Jauhariyah, 2021). Studi Najima et al. (2024) secara spesifik membuktikan peningkatan signifikan keterampilan berpikir kritis melalui *discovery learning* pada materi fluida. Lestari (2023) menemukan bahwa pendekatan berbasis penemuan aktif pada materi Hukum Archimedes mampu meningkatkan kemampuan kognitif tingkat tinggi peserta didik dengan kategori sedang, sedangkan Hariyanto et al. (2024) menemukan bahwa integrasi model *discovery learning* dengan strategi metakognitif secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kemampuan metakognitif peserta didik dalam pembelajaran sains di tingkat SMP. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut belum mengintegrasikan strategi metakognitif secara sistematis ke dalam setiap fase *discovery learning*. Kesenjangan ini menjadi dasar dilakukannya penelitian ini, karena kemampuan berpikir kritis tidak dapat berkembang optimal tanpa kesadaran metakognitif yang memadai (Halpern, 1998).

Model pembelajaran *discovery learning* berbasis metakognitif yang dikembangkan dalam penelitian ini mengintegrasikan 19 pertanyaan metakognitif ke dalam tahapan *discovery learning*. Penelitian ini bertujuan mengkaji: (1) peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik; (2) keterlaksanaan model pembelajaran; dan (3) efektivitas model pembelajaran berdasarkan *effect size*.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan kuasi-eksperimen. Desain yang digunakan adalah *non-equivalent Control Group Design* (Sugiyono, 2013), di mana kelompok eksperimen dan kontrol tidak dipilih secara acak melainkan menggunakan kelas yang sudah terbentuk. Desain penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Desain *Non-Equivalent Control Group*

Kelas	Pretest	Treatment	Posttest
Eksperimen	O_1	X	O_2
Kontrol	O_3	X'	O_4

Keterangan:

- O_1 : Hasil *pretest* kelas eksperimen
 O_3 : Hasil *pretest* kelas kontrol
 X : Perlakuan berupa model pembelajaran *discovery learning* berbasis metakognitif
 X' : Perlakuan berupa model pembelajaran *discovery learning* tanpa berbasis metakognitif
 O_2 : Hasil *posttest* kelompok eksperimen
 O_4 : Hasil *posttest* kelompok kontrol

Sampel penelitian terdiri dari peserta didik kelas XI di salah satu SMA di Kota Bandung yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu (Sugiyono, 2013), dengan kelas eksperimen berjumlah 32 peserta didik dan kelas kontrol berjumlah 28 peserta didik. Penelitian dilaksanakan selama tiga pertemuan pada materi fluida statis (tekanan hidrostatis, Hukum Pascal, dan Hukum Archimedes). Instrumen penelitian terdiri dari: (1) tes kemampuan berpikir kritis berupa 10 soal uraian berdasarkan lima indikator Ennis (1985), yaitu *elementary clarification*, *basic support*, *inference*, *advance clarification*, dan *strategy and tactics*; (2) lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran; dan (3) pertanyaan metakognitif yang terintegrasi pada tahapan *discovery learning*. Validitas instrumen diuji menggunakan Aiken V dengan rata-rata 0,84 dan dinyatakan valid, sedangkan reliabilitas diuji menggunakan *Cronbach's Alpha* dengan hasil sebesar 0,949 yang menunjukkan kriteria sangat tinggi.

Peningkatan kemampuan berpikir kritis dianalisis menggunakan N-Gain (Hake, 1998). Uji prasyarat meliputi uji normalitas *Shapiro-Wilk* dan uji homogenitas *Bartlett*. Uji hipotesis menggunakan *independent samples t-test*, dan efektivitas perlakuan diukur menggunakan Cohen's *d* (Cohen, 1988). Keterlaksanaan pembelajaran diamati oleh satu orang observer menggunakan lembar observasi yang merujuk pada modul ajar.

HASIL

Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis

Peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik dianalisis menggunakan N-Gain. Data nilai *pretest* dan *posttest* serta rata-rata N-Gain kedua kelas disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Rata-rata N-Gain Keterampilan Berpikir Kritis

Kelas	N	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	Rata-rata N-Gain	Interpretasi
Eksperimen	32	45,94	80,56	0,64	Sedang
Kontrol	28	46,89	77,25	0,57	Sedang

Berdasarkan Tabel 2, kedua kelas mengalami peningkatan kemampuan berpikir kritis dalam kategori sedang. Kelas eksperimen memperoleh rata-rata N-Gain 0,64 dengan nilai *posttest* 80,56, sedangkan kelas kontrol memperoleh N-Gain 0,57 dengan nilai *posttest* 77,25. Kedua kelas berada dalam kategori sedang karena sama-sama menggunakan model *discovery learning* yang mendorong penemuan konsep secara aktif. Namun, kelas eksperimen menunjukkan peningkatan yang lebih tinggi berkat integrasi strategi metakognitif. Temuan ini sejalan dengan Nusantari et al. (2021, pp. 1787–1788) yang membuktikan bahwa perangkat pembelajaran berbasis kombinasi *discovery learning* dan strategi metakognitif efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis secara signifikan.

Peningkatan kemampuan berpikir kritis pada setiap indikator disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil N-Gain Setiap Indikator Berpikir Kritis

Indikator Berpikir Kritis	Kelas	N-Gain	Kategori
<i>Elementary Clarification</i>	Eksperimen	0,87	Tinggi
	Kontrol	0,85	Tinggi
<i>Basic Support</i>	Eksperimen	0,84	Tinggi
	Kontrol	0,79	Tinggi
<i>Inference</i>	Eksperimen	0,78	Tinggi
	Kontrol	0,77	Tinggi
<i>Advance Clarification</i>	Eksperimen	0,59	Sedang
	Kontrol	0,54	Sedang

<i>Strategy and Tactics</i>	Eksperimen	0,40	Sedang
	Kontrol	0,37	Sedang

Berdasarkan Tabel 3, terlihat pola yang konsisten bahwa kelas eksperimen selalu memperoleh N-Gain lebih tinggi pada setiap indikator. Indikator *elementary clarification*, *basic support*, dan *inference* mencapai kategori tinggi pada kedua kelas. Sedangkan, indikator *advance clarification* dan *strategy and tactics* berada pada kategori sedang, yang mengindikasikan bahwa keterampilan berpikir kritis tingkat tinggi memerlukan waktu intervensi yang lebih panjang. Pola ini selaras dengan hierarki kompleksitas kognitif menurut Ennis (1985).

Keterlaksanaan Model Pembelajaran *Discovery Learning* Berbasis Metakognitif

Keterlaksanaan model pembelajaran diamati pada setiap pertemuan di kelas eksperimen menggunakan lembar observasi. Hasil persentase keterlaksanaan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Persentase Keterlaksanaan pembelajaran

Pertemuan	Keterlaksanaan (%)	Kriteria
1	91	Sangat Baik
2	100	Sangat Baik
3	100	Sangat Baik
Rata-rata	97	Sangat Baik

Berdasarkan Tabel 4, rata-rata keterlaksanaan pembelajaran mencapai 97% dengan kategori sangat baik. Pertemuan pertama memperoleh 91% karena peserta didik masih dalam tahap penyesuaian terhadap model pembelajaran baru. Pada pertemuan kedua dan ketiga, seluruh tahapan terlaksana 100%. Wahyuni et al. (2024, p. 540) menemukan bahwa keterlaksanaan sintaks *discovery learning* dengan kategori sangat baik secara langsung berkontribusi pada peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

Efektivitas Model Pembelajaran *Discovery Learning* Berbasis Metakognitif

Untuk menentukan efektivitas model pembelajaran, dilakukan serangkaian uji statistik dimulai dari uji prasyarat hingga perhitungan *effect size* menggunakan IBM SPSS *Statistics* versi 29.

Uji normalitas *Shapiro-Wilk* menunjukkan seluruh data berdistribusi normal ($p > 0,05$). Uji homogenitas *Bartlett* menunjukkan varians data homogen ($\text{sig.} = 0,065$). Karena kedua asumsi terpenuhi, uji hipotesis menggunakan *independent samples t-test* dapat dilakukan. Hasil uji hipotesis dan *effect size* disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Uji Normalitas, Homogenitas, Hipotesis, dan *Effect Size*

Uji Statistik	Nilai
Uji Normalitas (<i>Shapiro-Wilk</i>) — Sig. <i>pretest</i> eksperimen	0,197 (Normal)
Uji Normalitas (<i>Shapiro-Wilk</i>) — Sig. <i>posttest</i> eksperimen	0,896 (Normal)
Uji Normalitas (<i>Shapiro-Wilk</i>) — Sig. <i>pretest</i> kontrol	0,085 (Normal)
Uji Normalitas (<i>Shapiro-Wilk</i>) — Sig. <i>posttest</i> kontrol	0,153 (Normal)
Uji Homogenitas (<i>Bartlett</i>) — Sig.	0,065 (Homogen)
Uji Hipotesis — t hitung	3,178
Uji Hipotesis — t tabel ($df=58, \alpha=0,05$)	2,002
Uji Hipotesis — Sig. (2-tailed)	0,002 (Signifikan)
<i>Mean Difference</i>	3,313
95% CI	[1,226 ; 5,399]
Cohen's <i>d</i>	0,822 (Besar)

Berdasarkan Tabel 5, nilai t hitung (3,178) > t tabel (2,002) dengan sig. 0,002 ($p < 0,05$), sehingga H_0 ditolak, yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kemampuan berpikir kritis yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Nilai Cohen's d sebesar 0,822 termasuk kategori besar menurut Cohen (1988), menunjukkan bahwa integrasi metakognitif tidak hanya signifikan secara statistik tetapi juga memiliki dampak praktis yang besar.

PEMBAHASAN

Elementary Clarification dan Basic Support

Indikator *elementary clarification* (N-Gain: eksperimen 0,87; kontrol 0,85) dan *basic support* (N-Gain: eksperimen 0,85; kontrol 0,79) menunjukkan peningkatan tertinggi dan mencapai kategori tinggi pada kedua kelas. Tingginya peningkatan pada *elementary clarification* dapat dijelaskan karena tahap stimulasi dan identifikasi masalah dalam *discovery learning* secara alami melatih peserta didik untuk mengidentifikasi dan merumuskan masalah. Pada kelas eksperimen, pertanyaan metakognitif yang diberikan pada pra-pembelajaran dan tahap stimulasi (pengetahuan deklaratif) mendorong peserta didik untuk mengidentifikasi lebih spesifik apa yang sudah dan belum dipahami, sehingga rumusan masalah yang dihasilkan lebih fokus dan terarah (Tuononen et al., 2022).

Pada indikator *basic support*, tabel mentoring pencarian yang dikembangkan dalam penelitian ini meminta peserta didik secara eksplisit mengevaluasi kredibilitas setiap sumber yang digunakan. Instrumen ini secara langsung melatih kemampuan menilai observasi dan sumber informasi. Schraw et al. (2006, p. 116) menjelaskan bahwa metakognisi memungkinkan peserta didik untuk memonitor tingkat pengetahuan, merencanakan penggunaan sumber daya, dan mengevaluasi kondisi pembelajaran. Selisih N-Gain antara kelas eksperimen dan kontrol pada indikator *basic support* (0,05 poin) lebih besar dibandingkan *elementary clarification* (0,02 poin) hal ini mengindikasikan bahwa komponen monitoring metakognitif secara khusus memberikan keunggulan dalam kemampuan mengevaluasi sumber informasi.

Inference

Indikator *inference* menunjukkan peningkatan hampir setara (eksperimen 0,78; kontrol 0,77), keduanya dalam kategori tinggi. Kecilnya selisih ini dapat dijelaskan karena tahap penarikan kesimpulan dalam *discovery learning* sudah terlaksana dengan baik di kedua kelas, sehingga keduanya sama-sama mendapatkan latihan penarikan kesimpulan yang intensif. Meski demikian, kelas eksperimen tetap sedikit lebih tinggi karena pertanyaan metakognitif pada tahap pembuktian (pengetahuan kondisional) mendorong peserta didik mengevaluasi apakah argumen kelompok lain logis dan didukung bukti yang cukup. Flavell (1979, p. 906) menjelaskan bahwa metakognisi membantu individu untuk mengidentifikasi kelemahan dalam penalaran dan memperbaikinya, sehingga kesimpulan yang dihasilkan lebih valid.

Advance Clarification dan Strategy and Tactics

Indikator *advance clarification* (eksperimen 0,59; kontrol 0,54) dan *strategy and tactics* (eksperimen 0,40; kontrol 0,37) berada pada kategori sedang untuk kedua kelas. Rendahnya N-Gain pada kedua indikator ini mencerminkan kompleksitas kognitif yang lebih tinggi. Saputro et al. (2022, p. 50) menemukan bahwa 72% mahasiswa pada perguruan tinggi masih berada pada kategori sangat rendah untuk *advance clarification*, yang disebabkan oleh ketidakmampuan menghubungkan konsep dengan deskripsi masalah secara mendalam.

Indikator *strategy and tactics* yang memperoleh N-Gain terendah (0,40 dan 0,37) konsisten dengan temuan Lestari & Muhajir (2021, p. 65) dan Laeni et al. (2022, pp. 107–108). *Strategy and tactics* merupakan kemampuan berpikir kritis tingkat tertinggi yang menuntut integrasi seluruh indikator sebelumnya. Arifin et al. (2025, p. 7) menemukan bahwa durasi pembelajaran 1-4 minggu menghasilkan efek yang relatif kecil, sedangkan durasi 6-16 minggu menghasilkan efek yang jauh lebih besar. Keterbatasan tiga pertemuan dalam penelitian ini menjadi faktor pembatas perkembangan kemampuan ini.

Efektivitas dan Peran Integrasi Metakognitif

Nilai Cohen's d sebesar 0,822 (kategori besar) memiliki implikasi penting. Secara teoritis, temuan ini memperkuat argumen bahwa metakognisi bukan sekadar strategi tambahan yang bersifat opsional, melainkan komponen inti yang secara nyata berkontribusi pada kualitas berpikir peserta

didik (Aritonang et al., 2025). Secara praktis, perbedaan rata-rata antara kelas eksperimen (80,56) dan kelas kontrol (77,25) mencerminkan perbedaan kemampuan yang bermakna dan dapat diamati secara nyata di kelas. Temuan ini sejalan dengan Malelak et al. (2026) yang membuktikan bahwa penerapan model pembelajaran inovatif yang mengoptimalkan proses kognitif peserta didik terbukti efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis. Hal ini mengindikasikan bahwa intervensi berbasis aktivasi kognitif dan metakognitif seperti dalam penelitian ini memiliki landasan empiris yang kuat.

Efektivitas ini dapat dijelaskan melalui keterpaduan tiga jenis pengetahuan metakognitif yang terstimulasi secara berurutan: (1) pengetahuan deklaratif pada tahap pra-pembelajaran dan stimulasi; (2) pengetahuan prosedural pada tahap pengumpulan dan pengolahan data; dan (3) pengetahuan kondisional pada tahap pembuktian. Keterpaduan inilah yang menjadi faktor kunci keunggulan kelas eksperimen secara konsisten di seluruh indikator. Su (2026, p. 1) menemukan bahwa *scaffolding* metakognitif dalam pembelajaran sains mendorong pembelajaran yang meregulasi diri dan menghasilkan peningkatan signifikan dalam hasil belajar. Prasetyo et al. (2025, p. 174) juga menegaskan bahwa integrasi strategi metakognitif secara konsisten menghasilkan perbedaan signifikan terhadap kemampuan berpikir kritis dibandingkan pembelajaran tanpa strategi metakognitif.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, disimpulkan bahwa model pembelajaran *discovery learning* berbasis metakognitif terbukti efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi fluida statis. Kelas eksperimen memperoleh N-Gain sebesar 0,64, lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol yang memperoleh N-Gain 0,57. Uji hipotesis menunjukkan perbedaan yang signifikan ($\text{sig.} = 0,002$), dengan *effect size* yang besar (Cohen's $d = 0,822$). Keterlaksanaan pembelajaran mencapai rata-rata 97%. Peningkatan tertinggi pada indikator *elementary clarification* dan *basic support* (kategori tinggi), sedangkan *strategy and tactics* menunjukkan peningkatan terendah (kategori sedang), mengindikasikan perlunya durasi pembelajaran yang lebih panjang. Penelitian ini merekomendasikan pengintegrasian model *discovery learning* berbasis metakognitif dengan kegiatan eksperimen langsung dan pelaksanaan dalam jangka waktu yang lebih panjang untuk mengoptimalkan pengembangan seluruh indikator berpikir kritis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam penelitian ini, terutama kepada dosen pembimbing, guru dan peserta didik di sekolah tempat penelitian dilaksanakan, serta keluarga dan rekan-rekan yang senantiasa memberikan motivasi.

REFERENSI

- A.Nababan, L. U., Azhari Zulmi, M., Jesica Sihombing, M., & Putrini R Harahap, S. (2023). Meta Analisis Pengaruh Model Discovery Learning pada Mata Pelajaran Fisika terhadap Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains Dan Terapan (INTERN)*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.58466/intern.v2i1.1157>
- Anjarisma, D., & Sugianto. (2024). Unnes Physics Education Journal Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA pada Penerapan Model Pembelajaran Model Pembelajaran Kooperatif Numbered Heads Together pada Materi Alat Optik. *Unnes Physics Education Journal*, 13(1), 65–74.
- Arifin, Z., Sukarmin, Saputro, S., & Kamari, A. (2025). The effect of inquiry-based learning on students' critical thinking skills in science education: A systematic review and meta-analysis. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(3). <https://doi.org/10.29333/ejmste/15988>
- Aritonang, A. A., Irmayani, N., Panggabean, E. M., & Harahap, T. H. (2025). Desain Pembelajaran Berbasis Strategi Metakognitif Berorientasi Pada Keterampilan Berpikir Kritis Dengan Model Discovery Learning Pada Materi Lingkaran. *QOSIM: Jurnal Pendidikan Sosial & Humaniora*, 3(1 SE-Articles), 271–276. <https://doi.org/10.61104/jq.v3i1.754>
- Bao, L., & Koenig, K. (2019). Physics education research for 21st century learning. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0007-8>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (Second Edi). Lawrence

Erlbaum Associates.

- Dwyer, C. P. (2023). An Evaluative Review of Barriers to Critical Thinking in Educational and Real-World Settings. *Journal of Intelligence*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/jintelligence11060105>
- Ennis, R. H. (1985). A Logical Basis for Measuring Critical Thinking Skills. *Educational Leadership*, 43, 44–48. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:17938065>
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906–911.
- Franco-Mariscal, A. J. F.-M. (Ed.). (2024). *Critical Thinking in Science Education and Teacher Training* (Vol.64). Springer Nature.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <http://link.aip.org/link/?AJPIAS/66/64/1%5Cnpapers2://publication/doi/doi:10.1119/1.18809%5Cnhttp://www.mendeley.com/research/interactiveengagement-versus-traditional-methods-a-sixthousandstudent-survey-of-mechanics-test-data-for-introductory-physics-cour>
- Halpern, D. F. (1998). Teaching critical thinking for transfer across domains: Disposition, skills, structure training, and metacognitive monitoring. In *American Psychologist* (Vol. 53, Issue 4, pp. 449–455). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.53.4.449>
- Hariyanto, H., Hikamah, S. R., Maghfiroh, N. H., & Isriyah, M. (2024). Discovery Learning Model Integrated RQA to Improve Critical Thinking Skills, Metacognitive Skills and Problem-Solving Through Science Material for Junior High School Students. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 14(4), 287–294. <https://doi.org/10.47750/pegegog.14.04.25>
- Labibah, H. R., & Jauhariyah, M. N. R. (2021). Meta-Analysis of Discovery Learning Model in Physics Learning. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 5(3), 317. <https://doi.org/10.20527/jipf.v5i3.4035>
- Laeni, S., Zulkarnaen, Z., & Efwinda, S. (2022). Model Discovery Learning terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA Negeri 13 Samarinda Materi Impuls dan Momentum. *Jurnal Literasi Pendidikan Fisika (JLPF)*, 3(2), 105–115. <https://doi.org/10.30872/jlpf.v3i2.935>
- Lestari, I. F. (2023). Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa pada Topik Hukum Archimedes Menggunakan Pendekatan STEM. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains (JPFS)*, 6(1 SE-), 8–13. <https://doi.org/10.52188/jpfs.v6i1.325>
- Lestari, I. F., & Muhajir, S. N. (2021). Pendekatan Stem Untuk Meningkatkan Keterampilan. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika (JPIF)*, 1(2), 62–68.
- Malelak, H. J. P., Fakhrudin, Jewaru, A. A. L., & Maubuthy, M. S. K. (2026). Penerapan Model Pembelajaran Quantum Berbasis Brain Based Learning Dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains (JPFS)*, 9(01 SE-), 30–37. <https://doi.org/10.52188/jpfs.v9i01.1943>
- Naijma, Nur, F., & Iqbal, M. S. (2024). Pengaruh Penggunaan Model Discovery Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Fisika Pada Materi Fluida Statis Kelas Xi Sman 13 Pangkep. *Konferensi Nasional Pendidikan Fisika*, 143–154.
- Nusantari, E., Abdul, A., Damopolii, I., Alghafri, A. S. R., & Bakkar, B. S. (2021). Combination of Discovery Learning and Metacognitive Knowledge Strategy to Enhance Students' Critical Thinking Skills. *European Journal of Educational Research*, 10(4), 1781–1791. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.10.4.1781>
- Prasetyo, T., Rasmitadila, R., Hayu, W. R. R., & Mulyanti, E. (2025). Strategi Metakognitif dalam Pembelajaran: Tinjauan Sistematis dan Implikasinya terhadap Efektivitas Belajar. *Jurnal Pengajaran Sekolah Dasar*, 4(1), 167–179. <https://doi.org/10.56855/jpsd.v4i1.1604>
- Saputro, S. D., Tukiran, & Supradi, Z. A. I. (2022). Effectiveness of Clarity Learning Model to Improve Students' Advanced Clarification Critical Thinking Ability in Physics Courses. *Pegem*

- Schraw, G., Crippen, K. J., & Hartley, K. (2006). Promoting Self-Regulation in Science Education: Metacognition as Part of a Broader Perspective on Learning. *Research in Science Education*, 36(1), 111–139. <https://doi.org/10.1007/s11165-005-3917-8>
- Stanton, J. D., Sebesta, A. J., & Dunlosky, J. (2021). Fostering metacognition to support student learning and performance. *CBE Life Sciences Education*, 20(2), 1–7. <https://doi.org/10.1187/cbe.20-12-0289>
- Su, C.-Y. (2026). Integrating Metacognitive Scaffolding into a Physics Simulation for Elementary School Students' Conceptual Understanding of Force and Motion. *Journal of Science Education and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10956-025-10288-z>
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D* (19th ed.). Alfabeta. https://digilib.stekom.ac.id/assets/dokumen/ebook/feb_35efe6a47227d6031a75569c2f3f39d44fe2db43_1652079047.pdf
- Tuononen, T., Hyytinen, H., Räisänen, M., & Hailikari, T. (2022). Metacognitive awareness in relation to university students' learning profiles. *Metacognition and Learning*, 18, 37–54.
- Wahyuni, S., Wardani, S. K., Azizah, S. N., Putri, A. T., Juwandoko, J., & Rosmaya, I. A. (2024). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Smp Melalui Model Discovery Learning Berbasis Lesson Study. *EDUPROXIMA: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, 6(2), 535–544. <https://doi.org/10.29100/v6i2.4947>
- Wenno, I. H., Limba, A., & Silahoy, Y. G. M. (2022). The development of physics learning tools to improve critical thinking skills. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 11(2), 145–158. <https://doi.org/10.11591/ijere.v11i2.21621>
- Willison, J., Draper, C., Fornarino, L., Li, M., Sabri, T., Shi, Y., & Zhao, X. (2024). Metacognitively ALERT in science: literature synthesis of a hierarchical framework for metacognition and preliminary evidence of its viability. *Studies in Science Education*, 60(2), 153–189. <https://doi.org/10.1080/03057267.2023.2207147>