



Pengaruh *Learning Cycle* dengan Pendekatan *Contextual Teaching Learning* terhadap Keterampilan Berpikir Kritis pada Pembelajaran Sains

Ratna Ekawati^{1*}, Widiasih², Aynin Mashfufah³, Intan Sari Rufiana⁴

ratna.ekawati.pasca@um.ac.id¹, widiasih@ecampus.ut.ac.id²,

aynin.mashfufah.pasca@um.ac.id³, intan.sari.pasca@um.ac.id⁴

^{1,3,4}Program Studi S2 Pendidikan Dasar

²Program Studi Pendidikan Fisika

^{1,3,4}Universitas Negeri Malang

²Universitas Terbuka

Received: 29 11 2023. Revised: 14 01 2024. Accepted: 27 01 2024.

Abstract : Science learning aims to study natural phenomena systematically, involving high-level manipulative thinking processes to give physical meaning to natural phenomena around us. The main problem in science learning is students memorize science concepts, they need to be trained to solve problems and interpret natural phenomena in everyday life. One learning approach to solving problems is the Contextual Teaching and Learning (CTL) approach with the Learning Cycle strategy. The research objective is to determine the effect of the Learning Cycle with the Contextual Teaching and Learning Approach on critical thinking skills in science learning. This research uses a quasi-research method with two experimental classes. The sampling technique is cluster random sampling. The research sample was two classes in a state school in Yogyakarta. Data analysis includes the data description stage, analysis prerequisite testing stage, and hypothesis testing stage. The research results show differences in the average critical thinking skills of the Learning Cycle strategy with the CTL approach and laboratory work..

Keywords : Learning Cycle, Contextual Teaching and Learning, Labotory Work.

Abstrak : Tujuan pembelajaran sains mempelajari fenomena alam secara sistematis, sehingga melibatkan proses berpikir manipulatif tingkat tinggi untuk memberi makna fisis fenomena alam di sekitar. Permasalahan utama pembelajaran sains peserta didik menghafal konsep sains, tidak dilatih memecahkan permasalahan dan memaknai fenomena alam dalam kehidupan sehari-hari. Salah pendekatan pembelajaran untuk menyelesaikan permasalahan tersebut pendekatan *Contextual Teaching and Learning* (CTL) dengan strategi *Learning Cycle*. Tujuan penelitian mengetahui pengaruh *Learning Cycle* dengan Pendekatan *Contextual Teaching and Learning* terhadap keterampilan berpikir kritis pada pembelajaran sains. Penelitian ini menggunakan metode penelitian semu dengan dua kelas eksperimen. Teknik pengambilan sampel dengan klaster random sampling. Sampel penelitian ini dua kelas pada salah sekolah negeri di Yogyakarta. Analisis data meliputi

tahap deskripsi data, tahap uji prasyarat analisis, dan tahap uji hipotesis. Hasil penelitian ada perbedaan rerata keterampilan berpikir kritis strategi *Learning Cycle* dengan pendekatan CTL dan kerja laboratorium.

Kata Kunci : *Learning Cycle*, Pembelajaran Kontekstual, Kerja Laboratorium.

PENDAHULUAN

Sains merupakan cara atau metode mempelajari alam sekitar, sehingga sains bukan sekedar penguasaan kumpulan pengetahuan, fakta, dan konsep yang berupa fakta, tetapi proses penemuan (Lee, 2023). Cara Sains memahami dunia bersifat analitis, lengkap, cermat, serta menghubungkan antara satu variabel dengan variabel fisis lainnya sehingga membentuk suatu perspektif baru fenomena alam kompleks (Jack & Lin, 2017). Sains merupakan kumpulan pengetahuan hasil kegiatan kreatif ilmiah manusia dalam mengamati fenomena alam (Bevan, 2017; Pande & Chandrasekharan, 2017). Fisika merupakan salah satu pembelajaran sains. Tujuan pembelajaran fisika memiliki empat dimensi yaitu sikap, proses, produk, dan aplikasi (Tang, 2022). Sikap memicu rasa ingin tahu permasalahan fenomena alam yang menghasilkan penyelesaian masalah baru yang dipecahkan dengan prosedur tepat.

Proses berarti tahapan pemecahan masalah dengan metode ilmiah antara lain: merumuskan hipotesis, merancang dan melaksanakan penyelidikan, mengumpulkan dan menganalisis data, dan menarik kesimpulan. Produk adalah konsep, prinsip, hukum, dan teori dari hasil penyelesaian masalah (Krakehl & Kelly, 2021). Aplikasi berkaitan dengan penerapan metode ilmiah dan konsep sains dalam kehidupan sehari-hari (Ogegbo & Ramnarain, 2022). Kesimpulan dari beberapa gagasan ahli sebelumnya, fisika berkaitan dengan proses mencari tahu tentang alam semesta secara sistematis, sehingga fisika menekankan pada proses penemuan bukan hanya hapalan penguasaan pengetahuan (Narayanan et al., 2023). Pembelajaran fisika berbasis proses memberikan kesempatan untuk mengembangkan keterampilan ilmiah, karena peserta didik ditantang aktif dalam memecahkan masalah, berpikir kritis dan kreatif dalam mengungkap fakta, membangun konsep, supaya penerapan konsep lebih bermakna dalam kehidupan sehari-hari (Webb & Paul, 2023).

Permasalahan utama yang dihadapi dalam pelaksanaan pembelajaran fisika adalah lemahnya perhatian terhadap aspek kualitas proses pembelajaran. Proses pembelajaran di kelas selama ini peserta didik masih menghafal informasi tidak dibiasakan dengan pemecahan masalah sains dalam kehidupan sehari-hari. Siswa tidak dilibatkan aktif mengkonstruksi mandiri konsep fisika. Kemampuan siswa berpikir kurang dilatih secara maksimal, apabila siswa terbiasa selalu ingin tahu, menganalisis fenomena alam secara tidak langsung akan

melatih keterampilan berpikir siswa. Berdasarkan hasil observasi dan konfirmasi dengan pendidik fisika salah satu sekolah di Yogyakarta diketahui bahwa penerapan pembelajaran berbasis proses sudah diterapkan untuk mata pelajaran fisika, namun dalam pelaksanaannya belum berlangsung secara optimal. Selama ini peserta didik menghafal konsep, prinsip, teori, dan hukum, kemudian peserta didik memverifikasi teori telah diperoleh di kelas melalui kerja laboratorium. Dalam proses pembelajaran fisika dan percobaan di laboratorium, peserta didik belum diberi kesempatan untuk berpikir secara mendalam terhadap materi fisika dan menemukan pola-pola bermakna antara materi fisika serta penerapannya kehidupan sehari-hari (Ekawati et al., 2020).

Hasil observasi dan konfirmasi lebih lanjut, pelaksanaan pembelajaran fisika dengan kerja laboratorium menghadapi banyak kendala yang disebabkan beberapa hal, diantaranya adalah : 1) alat dan bahan praktikum yang tersedia kurang memadai; 2) tidak tersedianya tenaga laboran, sehingga alat dan bahan disiapkan secara mandiri oleh guru dalam pelaksanaan praktikum; 3) persiapan kerja laboratorium membutuhkan banyak waktu. Pendidik harus mencoba melaksanakan eksperimen terlebih dahulu, sebelum digunakan dalam proses pembelajaran untuk menghindari kegagalan percobaan yaitu tidak sesuai dengan hasil yang diharapkan. Kondisi kekurangan dalam pengadaan alat dan bahan laboratorium seharusnya merangsang pendidik untuk lebih kreatif mencari alat dan bahan pengganti yang tersedia di lingkungan sekitar (Gericke et al., 2023). Kualitas proses pembelajaran fisika dipengaruhi pendekatan, strategi, media, dan asemen pembelajaran. Pendekatan pembelajaran merupakan komponen terluar yang mempengaruhi secara keseluruhan proses pembelajaran. Pendekatan kontekstual merupakan salah satu pendekatan pembelajaran yang mengaitkan materi pelajaran dengan situasi nyata peserta didik (Johnson, 2011).

Adapun komponen utama kontekstual adalah 1) konstruktivisme (*constructivism*), 2) menemukan (*inquiry*), 3) bertanya (*questioning*), 4) masyarakat belajar (*learning community*), 5) pemodelan (*modelling*), 6) refleksi (*reflection*), 7) penilaian sebenarnya (*authentic assessment*) (Avraamidou, 2014; Johnson, 2011). Menurut Johnson (2011), sistem pembelajaran dan pengajaran kontekstual adalah pencapaian intelektual yang berasal dari partisipasi aktif peserta didik merasakan pengalaman-pengalaman bermakna, pengalaman memperkuat hubungan antara konsep yang sudah ada pada peserta didik dengan konsep baru. Untuk membantu peserta didik mengembangkan potensi intelektual, CTL memfasilitasi peserta didik dalam berpikir kritis dan kreatif, serta menggunakan keterampilan dalam tingkatan lebih tinggi di dalam dunia nyata. Penerapan pendekatan kontekstual pada proses pembelajaran fisika

melatih peserta didik melihat secara kritis fenomena alam yang ditemui siswa dalam kehidupan sehari-hari.

Pendekatan lain yang sesuai dengan pola pembelajaran yang berpusat pada peserta didik adalah pendekatan kerja laboratorium. Pendekatan kerja laboratorium mengikut sertakan peserta didik bagaimana menemukan dan belajar melalui pengalaman-pengalaman langsung. Pendekatan kerja laboratorium merupakan pusat pengajaran fisika karena melibatkan peserta didik dalam investigasi yang sesungguhnya sehingga peserta didik mampu mengidentifikasi masalah, mendesain cara kerja, dan mengambil kesimpulan sendiri. Menurut Kulgemeyer (2018), kerja laboratorium merupakan media penting untuk meningkatkan sikap, merangsang minat dan kesenangan, dan memotivasi peserta didik untuk belajar IPA. Peserta didik menunjukkan kemampuan kognitif lebih tinggi, peserta didik benar-benar memperoleh pengetahuan melalui laboratorium bukan sekadar menggunakan laboratorium untuk memverifikasi apa yang dinyatakan pendidik dan buku teks (Abrahams & Reiss, 2012). Dari beberapa penjelasan di atas, pendekatan kontekstual dan pendekatan kerja laboratorium dalam pembelajaran fisika memiliki kelebihan untuk mencapai berbagai tujuan diantaranya yaitu, sarana untuk meningkat sikap dan keterampilan berpikir tingkat tinggi atau keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Pemilihan pendekatan pembelajaran erat kaitannya dengan pemilihan strategi pembelajaran. Karena strategi pembelajaran menjelaskan secara spesifik sintaks-sintaks pembelajaran di kelas. Salah satu strategi pembelajaran IPA yang membantu proses berpikir kritis siswa adalah strategi siklus belajar. Untuk meningkatkan efektifitas pendekatan CTL dan pendekatan laboratorium, kedua pendekatan tersebut diterapkan dengan strategi siklus belajar (*learning cycle*) dengan tahap eksplorasi, pengenalan istilah, dan aplikasi konsep (Herranen & Aksela, 2019). Tahap eksplorasi peserta didik mengidentifikasi dan melakukan observasi terhadap obyek, peristiwa untuk memunculkan konsep fisika. Tahap pengenalan istilah peserta didik diperkenalkan dengan istilah atau konsep yang baru. Tahap aplikasi peserta didik memperluas konsep-konsep dengan mengaplikasikannya dalam situasi baru, atau situasi yang berbeda, serta dengan cara memberikan tambahan aktivitas. Tujuan penelitian ini mengetahui pengaruh *Learning Cycle* dengan pendekatan *Contextual Teaching and Learning* terhadap Keterampilan Berpikir Kritis pada pembelajaran sains.

METODE PENELITIAN

Penelitian eksperimen semu digunakan dalam penelitian ini. Karakteristik penelitian eksperimen semu adalah memilih secara acak sampel penelitian dan tidak dimungkinkan mengontrol semua variabel dalam pelaksanaan penelitian. Penelitian ini menggunakan dua kelompok eksperimen. Kelompok eksperimen satu diterapkan pembelajaran *learning cycle* dengan pendekatan CTL, dan kelompok eksperimen dua diterapkan pembelajaran *learning cycle* dengan pendekatan kerja laboratorium. Jenis eksperimen semu yang digunakan *pretest-posttest with comparison group design*. Desain penelitian ini menggunakan dua kelompok, yaitu kelompok pertama dan kelompok kedua didahului *pretest* dan diakhiri *posttest*, bertujuan untuk melihat pengaruh perlakuan yang berbeda pada subjek penelitian. Adapun desain penelitiannya menurut Mertler & Charles (2005), dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. *Pretest-posttest With Comparison Group Design*

Kelompok	Pretest	Treatment	Posttest
Eksperimen 1	O ₁	X ₁	O ₂
Eksperimen 2	O ₁	X ₂	O ₂

Populasi penelitian adalah seluruh peserta didik Kelas X salah satu SMA Negeri di Yogyakarta tahun ajaran 2021/2022, terdiri dari sembilan kelas. Pengambilan sampel dalam penelitian menggunakan teknik *cluster random sampling*. Penentuan kelas kelompok eksperimen satu dan kelompok eksperimen dua dilakukan secara acak dengan teknik undian. Terpilih kelas X₈ sebagai kelas eksperimen 1, dan kelas X₇ sebagai kelas eksperimen 2. Kelas X₈ menggunakan pembelajaran *learning cycle* dengan pendekatan CTL sebagai kelas eksperimen 1 (KE₁). Kelas X₇ menggunakan pembelajaran *learning cycle* dengan pendekatan kerja laboratorium sebagai kelas eksperimen 2 (KE₂). Instrumen pengumpul data adalah tes keterampilan berpikir kritis berbentuk pilihan ganda, masing-masing item memiliki 5 alternatif jawaban. Kategori penilaian keterampilan berpikir kritis, antara lain: 1) klarifikasi dasar, 2) menilai dukungan dasar, 3) klarifikasi tingkat lanjut, 4) kesimpulan, dan 5) strategi dan taktik.

Data hasil penelitian dianalisis melalui 3 tahap, yaitu: tahap deskripsi data, tahap uji persyaratan analisis, dan tahap pengujian hipotesis. Perhitungan analisa deskriptif ini menggunakan bantuan komputer *Microsoft Excel* dan Program *SPSS 17.0 for windows*. Untuk melihat tingkat kecenderungan nilai tes keterampilan berpikir kritis terintegrasi materi fisika, maka data pada penelitian dibuat dengan menggunakan skala lima dengan lima kategori. Penskoran keterampilan berpikir kritis pada interval nilai 1-100, maka untuk menentukan kriteria hasil tes penelitian ini digunakan klasifikasi seperti pada Tabel 2. Rata-rata ideal (M_i) =

$(0 + 100)/2 = 50$. Simpangan baku ideal keseluruhan peserta didik dalam satu kelas (SD_i) = $(100 - 0)/6 = 16,67$.

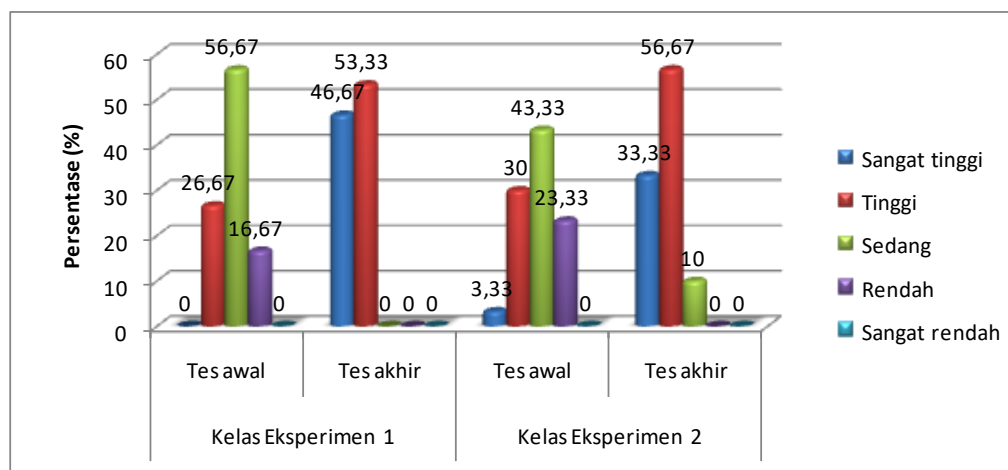
Tabel 2. Kriteria Penilaian Keterampilan Berpikir Kritis

Interval	Skor (X)	Kriteria
$Mi + 1,5SD_i < X \leq Mi + 3SD_i$	$75 < X \leq 100$	Sangat Baik
$Mi + 0,5SD_i < X \leq Mi + 1,5SD_i$	$55 < X \leq 75$	Baik
$Mi - 0,5SD_i < X \leq Mi + 0,5SD_i$	$41 < X \leq 55$	Cukup
$Mi - 1,5SD_i < X \leq Mi - 0,5SD_i$	$25 < X \leq 41$	Kurang
$Mi - 3SD_i \leq X \leq Mi - 1,5SD_i$	$0 \leq X \leq 25$	Sangat Kurang

Uji syarat analisis hipotesis meliputi uji normalitas dan homogenitas. Uji normalitas menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* (K-S) dengan bantuan *SPSS versi 17.0*. Uji homogenitas dilakukan uji homogenitas *Levene Statistic* menggunakan fasilitas program *SPSS 17.00 for windows*. Uji hipotesis menggunakan *independent sample t-test*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai tes awal keterampilan berpikir kritis untuk KE₁ cenderung dominan pada tingkat sedang (56,67%). Nilai tes akhir untuk KE₁ cenderung dominan pada tingkat sedang (43,33%) Untuk KE₂, nilai tes awal keterampilan berpikir kritis cenderung dominan sedang (53,33%), sedangkan nilai tes akhir keterampilan berpikir kritis cenderung dominan tinggi (56,67%).



Gambar 1. Distribusi Frekuensi Nilai Keterampilan Berpikir Kritis

Uji normalitas data keterampilan akhir berpikir kritis peserta didik untuk KE₁ dan KE₂ mempunyai signifikansi lebih besar dari 0,05 yaitu 0,078 untuk KE₁ dan 0,165 untuk KE₂. Hal ini menunjukkan bahwa hasil keterampilan awal berpikir kritis terintegrasi materi fisika pada KE₁ dan KE₂ berdistribusi normal. Tabel 3 menjelaskan uji normalitas dengan metode *Kolmogorov-Smirnov*.

Tabel 3. Hasil Uji Normalitas *Pretest* dan *Posttest*

Variabel Penelitian	Kelompok	<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>	
		df	Sig.
<i>Pretest</i> keterampilan berpikir kritis	KE ₁	30	0,200
	KE ₂	30	0,200
<i>Posttest</i> keterampilan berpikir kritis	KE ₁	30	0,078
	KE ₂	30	0,165

Uji statistik *Lavene's* untuk menguji homogenitas dengan fasilitas program *SPSS 17.0 for windows*. Uji homogenitas sebelum proses pembelajaran pada KE₁ dan KE₂ mempunyai nilai signifikansi lebih besar dari 0,05. Uji homogenitas setelah kegiatan pembelajaran pada KE₁ dan KE₂ mempunyai nilai signifikansi lebih besar dari 0,05. Hal ini menunjukkan keterampilan berpikir kritis sebelum dan sesudah perlakuan untuk KE₁ dan KE₂ berasal dari varian yang sama (homogen).

Tabel 4. Rangkuman Uji Homogenitas Data KE₁ dan KE₂

Variabel Penelitian	Sig. <i>Levene Statistic</i>	Kesimpulan
<i>Pretest</i> keterampilan berpikir kritis	0,424	Homogen
<i>Posttest</i> keterampilan berpikir kritis	0,053	Homogen

Tabel 5 memperlihatkan bahwa nilai probabilitas sesudah perlakuan adalah 0,000 untuk keterampilan berpikir kritis. Karena nilai probabilitas tersebut lebih kecil dari taraf signifikansi yang ditetapkan yaitu 0,05 artinya ada perbedaan rerata keterampilan berpikir kritis sesudah perlakuan, maka H₀ ditolak dan H_a diterima.

Tabel 5. Hasil Analisis *Independent Samples T-Test* Berpikir Kritis Sesudah Perlakuan

Kelas	Rerata Skor	N	t	df	Sig. (2-tailed)	Keterangan
KE ₁	73,50	30	3,852	58	0,000	H ₀ ditolak
KE ₂	65,67	30				

Rata-rata nilai *posttest* kelas KE₁ sebesar 73,50, KE₂ sebesar 65,67. Pembelajaran *learning cycle* dengan pendekatan CTL terjadi pengaktifan kembali pengetahuan yang sudah ada dan mengaitkan pengetahuan awal siswa dengan konteks fenomena sehari-hari. Proses asimilasi pengetahuan peserta didik dengan menuliskan contoh dalam kehidupan sehari-hari terkait dengan konsep kalor pada awal kegiatan inti pembelajaran. Peserta didik tidak belajar menghafal tetapi menghubungkan pengetahuan yang sudah dimiliki dengan apa yang sudah dipelajari. Dengan demikian, apa yang sudah dipelajari tertanam kuat dalam ingatan peserta

didik karena peserta didik terbiasa mengamati dan menelaah fenomena alam sehari-hari secara mendalam.

Proses pembelajaran *learning cycle* dengan pendekatan CTL memberikan hasil yang baik terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik. Peserta didik mempunyai kesempatan belajar mengalami sendiri dengan melakukan percobaan di laboratorium, serta menemukan pola-pola yang bermakna antara konsep yang diperoleh dari laboratorium dengan konteks kehidupan sehari-hari. Menurut Johnson (2010) pembelajaran CTL adalah pembelajaran yang mengembangkan level kognitif tingkat tinggi. Pembelajaran ini melatih siswa untuk berpikir kritis dan kreatif.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan perbedaan keterampilan berpikir siswa yang diterapkan strategi *Learning Cycle* dengan pendekatan CTL dan kerja laboratorium. Rerata keterampilan berpikir kritis penerapan strategi *Learning Cycle* dengan pendekatan CTL lebih tinggi daripada kerja laboratorium. Pendekatan CTL mengaitkan materi fisika dengan konteks fenomena kehidupan sehari-hari siswa. Proses mengaitkan pengetahuan baru dengan konteks kehidupan sehari-hari membiasakan siswa untuk belajar berpikir kritis.

DAFTAR RUJUKAN

- Abrahams, I., & Reiss, M. J. (2012). Practical work: Its effectiveness in primary and secondary schools in England. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(8), 1035–1055. <https://doi.org/10.1002/tea.21036>
- Adah Miller, E., Berland, L., & Campbell, T. (2024). Equity for Students Requires Equity for Teachers: The Inextricable Link between Teacher Professionalization and Equity-Centered Science Classrooms. *Journal of Science Teacher Education*, 35(1), 24–43. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2023.2170793>
- Avraamidou, L. (2014). Studying science teacher identity: current insights and future research directions. *Studies in Science Education*, 50(2), 145–179. <https://doi.org/10.1080/03057267.2014.937171>
- Bevan, B. (2017). The promise and the promises of Making in science education. *Studies in Science Education*, 53(1), 75–103. <https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1275380>
- Christenson, N., & Walan, S. (2023). Developing Pre-service Teachers' Competence in Assessing Socioscientific Argumentation. *Journal of Science Teacher Education*, 34(1),

- 1–23. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2021.2018103>
- Ekawati, R., Setiawan, A., Wulan, A. R., & Rusdiana, D. (2020). Development of concept essential in kinematic topics. *Journal of Physics: Conference Series*, *1521*(2), 022019. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/2/022019>
- Fitriani, F. (2011). *Analisis Penguasaan konsep dan Sikap siswa Kelas 8 Pada Pembelajaran Zat Aditif Pada Makanan Menggunakan Pendekatan Kontekstual*. Universitas Pendidikan Indonesia. <https://repository.upi.edu/112355/>
- Gericke, N., Högström, P., & Wallin, J. (2023). A systematic review of research on laboratory work in secondary school. *Studies in Science Education*, *59*(2), 245–285. <https://doi.org/10.1080/03057267.2022.2090125>
- Herranen, J., & Aksela, M. (2019). Student-question-based inquiry in science education. *Studies in Science Education*, *55*(1), 1–36. <https://doi.org/10.1080/03057267.2019.1658059>
- Jack, B. M., & Lin, H. shyang. (2017). Making learning interesting and its application to the science classroom. *Studies in Science Education*, *53*(2), 137–164. <https://doi.org/10.1080/03057267.2017.1305543>
- Johnson, E. B. (2011). *Contextual Teaching Learning menjadikan kegiatan belajar mengajar menyenangkan dan bermakna*. Kaifa Learning. http://library.fip.uny.ac.id/opac/index.php?p=show_detail&id=3125
- Jons, L., & Airey, J. (2023). An Agreed Figured World–Conceptualizing Good Physics Teachers in a Finnish University. *Journal of Science Teacher Education*, *35*(1), 5–23. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2023.2169654>
- Krakehl, R., & Kelly, A. M. (2021). Intersectional analysis of Advanced Placement Physics participation and performance by gender and ethnicity. *Physical Review Physics Education Research*, *17*(2), 20105. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.020105>
- Kulgemeyer, C. (2018). Towards a framework for effective instructional explanations in science teaching. *Studies in Science Education*, *54*(2), 109–139. <https://doi.org/10.1080/03057267.2018.1598054>
- Lee, V. R. (2023). Learning sciences and learning engineering: A natural or artificial distinction? *Journal of the Learning Sciences*, *32*(2), 288–304. <https://doi.org/10.1080/10508406.2022.2100705>
- Mertler, C. A., & Charles, C. M. (2005). *Introduction to educational research* (5th ed.). Pearson

Education.

- Narayanan, S., Sarin, P., Pawar, N., & Murthy, S. (2023). Teaching research skills for experimental physics in an undergraduate electronics lab. *Physical Review Physics Education Research*, *19*(2), 20103. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.020103>
- Ogegbo, A. A., & Ramnarain, U. (2022). A systematic review of computational thinking in science classrooms. *Studies in Science Education*, *58*(2), 203–230. <https://doi.org/10.1080/03057267.2021.1963580>
- Pande, P., & Chandrasekharan, S. (2017). Representational competence: towards a distributed and embodied cognition account. *Studies in Science Education*, *53*(1), 1–43. <https://doi.org/10.1080/03057267.2017.1248627>
- Tang, K. S. (2022). Material inquiry and transformation as prerequisite processes of scientific argumentation: Toward a social-material theory of argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, *59*(6), 969–1009. <https://doi.org/10.1002/tea.21749>
- Webb, D. J., & Paul, C. A. (2023). Attributing equity gaps to course structure in introductory physics. *Physical Review Physics Education Research*, *19*(2), 20126. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.020126>