

EFEKTIVITAS MODEL PEMBELAJARAN BERBASIS (*PROJECT BASED LEARNING*) BERBANTUAN PHET TERHADAP PENINGKATAN PENGUASAAN KONSEP RANGKAIAN LISTRIK SEDERHANA PADA SISWA SEKOLAH DASAR

Deric Wisnu Pradana¹, Sholikhan², Farida Nur Kumala³
^{1,2,3}PGSD FIP Universitas PGRI Kanjuruhan Malang
dericwisnupradana@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to examine the effectiveness of the Project-Based Learning (PjBL) model assisted by PhET simulations in improving elementary school students' concept mastery of simple electrical circuits. This research employed a quantitative approach with a quasi-experimental design using the nonequivalent control group design. The sample consisted of an experimental class (VA) with 30 students taught using PjBL assisted by PhET and a control class (VB) with 30 students taught using conventional learning. Data were collected using pretest and posttest instruments consisting of 15 multiple-choice questions and 5 essay questions. Data analysis was conducted using the One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test normality test, Levene homogeneity test, and independent sample t-test with SPSS 30. The results indicate that the PhET-assisted PjBL model significantly improves students' concept mastery compared to conventional learning.

Keywords: *concept mastery, phet, project-based learning, electrical circuits*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas model Project-Based Learning (PjBL) berbantuan simulasi PhET terhadap peningkatan penguasaan konsep rangkaian listrik sederhana pada siswa kelas V sekolah dasar. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan desain quasi-experimental tipe nonequivalent control group design. Sampel terdiri dari kelas VA sebagai kelas eksperimen sebanyak 30 siswa yang belajar menggunakan PjBL berbantuan PhET dan kelas VB sebagai kelas kontrol sebanyak 30 siswa yang belajar menggunakan pembelajaran konvensional. Pengumpulan data dilakukan melalui tes pretest dan posttest menggunakan instrumen penguasaan konsep yang terdiri dari 15 soal pilihan ganda dan 5 soal uraian. Analisis data dilakukan melalui uji normalitas One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test, uji homogenitas Levene, serta uji hipotesis menggunakan independent sample t-test berbantuan SPSS 30. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model PjBL berbantuan PhET efektif meningkatkan penguasaan konsep rangkaian listrik sederhana siswa secara signifikan dibandingkan pembelajaran konvensional.

Kata Kunci: penguasaan konsep, phet, project-based learning, rangkaian listrik

A. Pendahuluan

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) di sekolah dasar memiliki peran penting dalam membangun literasi sains peserta didik. Pada abad ke-21, peserta didik tidak hanya dituntut menguasai pengetahuan faktual, tetapi juga mampu berpikir kritis, memahami konsep secara mendalam, serta menerapkan pengetahuan dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu materi IPA yang memerlukan pemahaman konseptual kuat adalah rangkaian listrik sederhana, karena konsep aliran arus dan hubungan antarkomponen bersifat abstrak sehingga tidak mudah diamati secara langsung oleh siswa sekolah dasar. Kondisi ini menyebabkan munculnya miskonsepsi, seperti anggapan bahwa arus listrik “habis” setelah melewati lampu atau hanya salah satu kabel yang berfungsi menghantarkan arus listrik (Rayan et al., 2023).

Hasil observasi awal menunjukkan bahwa sebagian besar siswa kelas V masih mengalami kesulitan dalam memahami komponen listrik dan hubungan kerja

rangkaian listrik sederhana. Pembelajaran yang berlangsung cenderung didominasi metode ceramah dan penjelasan satu arah, sedangkan kegiatan praktik eksperimen terbatas karena keterbatasan alat dan waktu. Akibatnya, siswa kurang memperoleh pengalaman konkret untuk membangun konsep secara bermakna, sehingga penguasaan konsep rangkaian listrik sederhana belum optimal. Salah satu alternatif strategi pembelajaran yang berpotensi mengatasi permasalahan tersebut adalah penerapan model Project-Based Learning (PjBL). Model ini sejalan dengan pendekatan konstruktivisme yang memandang bahwa pengetahuan terbentuk melalui aktivitas belajar aktif, yaitu ketika siswa menghubungkan pengalaman baru dengan struktur kognitif yang telah dimiliki. Dalam PjBL, siswa berperan sebagai subjek utama pembelajaran yang terlibat dalam perencanaan, pelaksanaan, serta evaluasi kegiatan proyek, sedangkan guru berperan sebagai fasilitator (Murni & Yasin, 2021). Selain itu, PjBL

dinilai relevan untuk mengembangkan keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi dalam pembelajaran IPA di sekolah dasar (Suryani, 2024).

Di samping penerapan model pembelajaran, penggunaan media interaktif juga dibutuhkan untuk membantu siswa memvisualisasikan fenomena kelistrikan. Menegaskan bahwa simulasi interaktif seperti PhET efektif dalam memfasilitasi pembelajaran konseptual karena memungkinkan siswa bereksperimen tanpa keterbatasan alat fisik maupun risiko keselamatan. Pada materi rangkaian listrik sederhana, simulasi PhET dapat memvisualisasikan aliran arus, hubungan antarkomponen, serta perbedaan rangkaian seri dan paralel sehingga membantu siswa memahami konsep secara lebih akurat (Sari & Mega, 2023). Integrasi PjBL dengan simulasi PhET menjadi strategi pembelajaran yang berpotensi kuat karena menggabungkan pembelajaran berbasis proyek (hands-on) dan pembelajaran eksploratif berbasis simulasi (minds-on). Berdasarkan teori pembelajaran berbasis representasi ganda, pemahaman konsep akan lebih kuat ketika siswa memperoleh informasi

melalui berbagai bentuk representasi, seperti visual, simbolik, dan manipulatif. Yuliani et al. (2022) menyatakan bahwa penggunaan simulasi interaktif sebelum eksperimen nyata membantu siswa membangun prediksi konseptual yang lebih akurat serta mengurangi kesalahan konseptual saat praktik dilakukan. Dengan demikian, penerapan PjBL berbantuan PhET memungkinkan siswa melakukan eksplorasi konseptual secara aman dan terkontrol sebelum menerapkan pengetahuannya dalam proyek nyata.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan PhET dan model pembelajaran inovatif berdampak positif terhadap aspek kognitif siswa. Antara dan Dewantara (2023) melaporkan bahwa pembelajaran berbantuan PhET mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar. Amri et al. (2024) juga menemukan bahwa pemanfaatan PhET dapat meningkatkan penguasaan konsep melalui perangkat pembelajaran berbasis inkuiri. Namun demikian, masih diperlukan penelitian yang secara spesifik menguji efektivitas model Project-Based Learning (PjBL) berbantuan PhET terhadap

peningkatan penguasaan konsep rangkaian listrik sederhana pada siswa kelas V sekolah dasar. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas model *Project-Based Learning* (PjBL) berbantuan simulasi PhET terhadap peningkatan penguasaan konsep rangkaian listrik sederhana pada siswa kelas V sekolah dasar. PjBL merupakan model pembelajaran yang berpusat pada siswa dan berorientasi proyek, di mana siswa melakukan penyelidikan mendalam terhadap permasalahan autentik dan menghasilkan produk nyata sebagai representasi pemahaman (Thomas, 2020).

Simulasi PhET (*Physics Education Technology*) merupakan media pembelajaran interaktif yang dirancang untuk membantu siswa memahami konsep sains yang bersifat abstrak melalui visualisasi dan eksplorasi aktif. Wieman dan Perkins (2025) menjelaskan bahwa PhET dikembangkan untuk memfasilitasi pembelajaran konseptual dengan memberikan umpan balik langsung terhadap tindakan siswa dalam simulasi. Selanjutnya, Adams et al. (2020).

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif dengan desain eksperimen semu (*Quasi-Experimental Design*) adalah desain pretest-posttest tanpa pengacakan atau *Non-equivalent control group design*, di mana kelompok kontrol untuk perbandingan, tetapi anggotanya tidak ditentukan secara acak.

Tabel 1 Desain Nonequivalent Control Group Design

	Pretest	Tindakan	Posttest
Kelas Eksperimen	O1	X	O2
Kelas Kontrol	O3		O4

Sumber (Sugyono, 2015)

Keterangan

- R = Kelompok kelas eksperimen dan kontrol
- O1 & O3 = Kedua kelas diberikan pretest untuk mengetahui kemampuan awalnya
- O2 = Pemahaman siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan model *Inquiry* dan *Augmented Reality*
- O4 = Pemahaman siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan metode konvensional
- X = *Treatment* (perlakuan)

Populasi dan sampel dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas V, yang terdiri dari kelas VA dan VB. Dua kelas V dipilih sebagai sampel, antara lain kelas VA sebagai kelompok eksperimen dan kelas VB sebagai kelompok kontrol, dengan total 52 siswa, masing-masing 26 siswa per kelas.

Tabel 2 Populasi dan sampel kelas V

Kelompok	Kelas	Jumlah
Eksperimen	VA	30 Siswa
Kontrol	VB	30 Siswa
Jumlah Keseluruhan		60 Siswa

Pada penelitian ini, pengumpulan data dilaksanakan dengan Tes. Tes yang digunakan adalah tes objektif masing-masing untuk *pre-test* dan *post-test* dengan bentuk pilihan ganda yang terdiri dari 10 butir soal. Sebelum diberikan kepada siswa tes terlebih dahulu di uji validitas, reabilitas, taraf kesukaran, dan uji daya beda soal. Adapun teknik uji validitas pada penelitian ini yaitu menggunakan teknik Korelasi *Point Biserial* atau product moment dikarenakan datanya kotomi (bersifat benar atau salah)

r_{xy}

$$= \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Keterangan:

R_{xy} = koefisien korelasi antara X dan Y

X = Variabel X

Y = Variabel Y

n = jumlah sampel

$\sum x^2$ = jumlah skor dari X^2

$\sum y^2$ = jumlah skor dari y^2

$\sum xy$ = jumlah hasil perkalian c dan y

Instrumen dalam hal ini dikatakan valid apabila mempunyai r hitung > r tabel. Setiap jawaban pada alat ukur keaktifan siswa dapat dinyatakan kedalam kategori benar atau salah. Untuk butir soal yang dijawab benar diberi skor 1, sedangkan untuk butir soal yang dijawab salah diberi nilai 0.

Validitas butir soal analisis dengan menggunakan program *SPSS 30 for Windows*. Soal dikatakan valid apabila diperoleh nilai T-hitung > T-tabel pada taraf signifikan 5. Penggunaan uji validitas butir soal ini uji validitas untuk memastikan bahwa instrumen tes penguasaan konsep berbantuan simulasi PhET benar-benar mampu mengukur pemahaman konseptual siswa. Kriteria pengambilan keputusan dalam uji validitas adalah sebagai berikut:

- a. Jika $r_{hitung} \geq r_{tabel}$, maka H_a diterima dan H_o ditolak
- b. Jika $r_{hitung} \leq r_{tabel}$, maka H_o diterima dan H_a ditolak

Uji Reliabilitas adalah instrument penelitian yang digunakan untuk menguji tingkat presisi dan konsistensi dalam memberikan hasil yang sama pada setiap pengukuran yang dilakukan. Suatu instrument dikatakan reliabel jika senantiasa menunjukkan hasil yang sama, sehingga dapat menjamin suatu pengukuran data secara konsisten dan stabil. Di dalam penelitian ini menghitung reliabilitas instrument soal dengan menggunakan metode *Cronbach's Alpha* menggunakan *SPSS 30 for windows*. Keputusan ujinya adalah jika $r_{hitung} \geq r_{tabel}$, maka instrument tersebut dianggap reliabel.

$$r_i = \frac{k}{(k-1)} \left[1 - \frac{\sum s_1^2}{s_t^2} \right]$$

Keterangan:

- k = meam kuadrat antara subyek
- $\sum s_1^2$ = mean kuadrat kesalah
- s_t^2 = varians total

Menurut Setiawan et al., (2018), reliabilitas kurang dari 0,6 adalah kurang baik, sedangkan 0,7 dapat diterima, dan di atas 0,8 adalah baik.

Berdasarkan hasil uji reliabilitas yang disajikan pada tabel Reliability Statistics, diperoleh nilai *Cronbach's Alpha* yang menunjukkan bahwa instrumen memiliki tingkat konsistensi internal yang sangat baik. Nilai reliabilitas tersebut menandakan bahwa seluruh butir pernyataan dalam instrumen saling berkaitan dan mampu mengukur konstruk secara konsisten. Hasil perhitungan uji reliabilitas instrumen secara lengkap disajikan pada bagian lampiran.

Teknik analisis data dilakukan menggunakan bantuan IBM SPSS Statistics versi 30. Tahap awal analisis meliputi uji prasyarat, yaitu uji normalitas menggunakan *One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test* terhadap residual dengan nilai Asymp. Sig. (2-tailed) sebesar $0,200 > 0,05$ sehingga data dinyatakan berdistribusi normal. Uji homogenitas dilakukan menggunakan *Levene's Test* dengan nilai signifikansi berada pada rentang $0,223-0,226 > 0,05$, sehingga variansi kedua kelompok dinyatakan homogen. Setelah prasyarat terpenuhi, pengujian hipotesis dilakukan menggunakan *Independent Samples t-test* untuk mengetahui perbedaan penguasaan konsep antara kedua kelompok. Hasil

Uji-t menunjukkan nilai *Sig. (2-tailed)* sebesar $0,001 < 0,05$ dengan selisih rata-rata (mean difference) sebesar 9,333, sehingga dapat disimpulkan bahwa model *PjBL berbantuan PhET efektif* dalam meningkatkan penguasaan konsep rangkaian listrik sederhana siswa kelas V sekolah dasar dibandingkan pembelajaran konvensional.

C.Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil penelitian ini diperoleh melalui serangkaian analisis data menggunakan bantuan IBM SPSS Statistics versi 30, meliputi uji validitas, uji reliabilitas, uji normalitas, uji homogenitas, serta uji hipotesis menggunakan Independent Samples t-test. Uji validitas dilakukan untuk memastikan bahwa setiap butir soal instrumen mampu mengukur variabel penguasaan konsep rangkaian listrik sederhana secara tepat. Berdasarkan hasil uji validitas yang ditunjukkan, seluruh item instrumen memiliki nilai *r* hitung yang lebih besar daripada *r* tabel (0,254), sehingga dapat dikategorikan sebagai valid. Hal ini menunjukkan bahwa masing-masing item memiliki keterkaitan yang cukup signifikan dengan keseluruhan instrumen, sehingga mampu

mengukur variabel yang dimaksud secara konsisten. Dengan kata lain, tidak ada item yang perlu dihapus atau diperbaiki karena semua item telah memenuhi validitas, memastikan instrumen siap digunakan untuk pengumpulan data lebih lanjut.

Uji reliabilitas dilakukan untuk mengetahui konsistensi instrumen dalam mengukur penguasaan konsep. Hasil uji reliabilitas menunjukkan nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0,748, yang menandakan bahwa instrumen termasuk dalam kategori reliabel dan memiliki konsistensi internal baik.

Tabel 3 Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
.748	.754	15

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data residual berdistribusi normal sebagai prasyarat analisis parametrik. Berdasarkan hasil *One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test*, nilai *Asymp. Sig. (2-tailed)* sebesar $0,200 > 0,05$, sehingga data dinyatakan berdistribusi normal.

Tabel 4 One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		60
	Mean	.0000000

Normal Parameters ^{a,b}	Std. Deviation	11.26645735
Most Extreme Differences	Absolute	.083
	Positive	.050
	Negative	-.083
Test Statistic		.083

Uji homogenitas dilakukan untuk memastikan bahwa variansi kedua kelompok bersifat sama (homogen). Hasil uji homogenitas menggunakan Levene's Test menunjukkan nilai signifikansi berada pada rentang $0,223-0,226 > 0,05$, sehingga data kedua kelompok dinyatakan homogen dan memenuhi prasyarat analisis uji-t.

Hasil Test of Homogeneity of Variances statistik deskriptif menunjukkan bahwa kelompok pembelajaran konvensional memiliki skor minimum 55, maksimum 95, dan rata-rata 74,33 dengan standar deviasi 11,20. Sementara itu, kelompok PjBL + PhET memiliki skor minimum 65, maksimum 100, dan rata-rata 85,00 dengan standar deviasi 7,99. Hal ini menunjukkan bahwa kelas eksperimen memperoleh rata-rata penguasaan konsep yang lebih tinggi dan lebih merata dibandingkan kelas kontrol.

Uji Hipotesis (Independent Samples t-test) Pengujian hipotesis dilakukan untuk mengetahui perbedaan penguasaan konsep

antara siswa pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Berdasarkan hasil uji-t diperoleh nilai Sig. (2-tailed) = $0,001 < 0,05$, sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kelas. Selisih rata-rata (mean difference) sebesar 9,333, yang menunjukkan bahwa penguasaan konsep siswa pada kelompok PjBL + PhET lebih tinggi dibandingkan pembelajaran konvensional.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL) berbantuan simulasi PhET efektif dalam meningkatkan penguasaan konsep rangkaian listrik sederhana pada siswa kelas V sekolah dasar. Hal ini dibuktikan melalui hasil uji Independent Samples t-test yang menunjukkan nilai Sig. (2-tailed) = $0,001 < 0,05$ dengan selisih rata-rata (mean difference) sebesar 9,333, sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Selain itu, nilai rata-rata kelompok pembelajaran konvensional sebesar 74,33, sedangkan kelompok PjBL + PhET sebesar 85,00, sehingga menunjukkan peningkatan

penguasaan konsep yang lebih baik pada kelas eksperimen. Instrumen penelitian juga dinyatakan layak digunakan karena seluruh butir soal valid (r hitung $>$ r tabel 0,254) dan reliabel dengan nilai *Cronbach's Alpha* 0,748, serta data memenuhi asumsi normalitas, homogenitas, sehingga penelitian dipertanggungjawabkan secara statistik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, W. K., Wieman, C. E., Perkins, K. K., & Loeblein, P. (2020). *Simulasi interaktif PhET dalam pembelajaran konseptual*. University of Colorado Boulder.
- Agustina, S., & Wahyudi, W. (2024). Pengaruh model Project-Based Learning berbantuan simulasi PhET terhadap kemampuan berpikir kritis fisika peserta didik SMAN 8 Mataram. *Jurnal Pendidikan, Sains dan Geosains*.
- Amri, S., Herayanti, L., & Gummah, S. (2024). Development of inquiry-based worksheets assisted by PhET simulations to improve students' concept mastery. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 12(1), 89–101.
- Antara, I. G. W. S., & Dewantara, I. P. M. (2023). Problem Based Learning model assisted by PhET interactive simulation improves critical thinking skills of elementary school students. *Journal of Education Technology*, 7(2), 210–219.
- Arikunto, S. (2010). *Prosedur penelitian: Suatu pendekatan praktik*. Rineka Cipta.
- Azwar, S. (2019). *Metode penelitian*. Pustaka Pelajar.
- Basyir, A. (2024). Karakteristik Project-Based Learning dalam pembelajaran abad ke-21. *Jurnal Inovasi Pembelajaran*, 6(1), 55–67.
- Dorji, K., Wangdi, T., & Dorji, S. (2024). The use of PhET simulations to reduce students' misconceptions in electric circuits learning. *Journal of Science Education Research*, 8(1), 45–56.
- Fredricks, J. A. (2019). School engagement. *Review of Educational Research*, 89(1), 1–41.
- Giawa, A. (2023). Upaya meningkatkan kemampuan peserta didik dalam menyusun rangkaian listrik seri sederhana menggunakan PhET Simulation. *Jurnal Ilmiah Mandalika Education (MADU)*.
- Handayani, S., & Nisa, K. (2024). Analisis miskonsepsi siswa sekolah dasar pada materi rangkaian listrik menggunakan simulasi PhET. *Jurnal Pendidikan IPA Sekolah Dasar*, 10(1), 34–45.
- Herrington. (2019). Authentic learning environments. *Handbook of research on educational communications and technology*. Springer.
- Kade, I. A., Putra, I. M., & Sari, N. (2023). Improving mental models and mental modelling ability in electrical circuit context.

- International Journal of Science Education*, 45(6), 789–804.
- Khairiyah, U., Faizah, R., & Dewi, N. K. (2022). Mastery level of basic concept of science course using STEM-PBL based PhET simulation application. *Journal of Physics: Conference Series*, 2165, 012045.
- Muhammadiyah. (2023). Implementasi Project-Based Learning untuk meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa sekolah dasar. *Jurnal Pendidikan Dasar Nusantara*, 8(2), 145–158.
- Kemendikbud. (2017). *Model pembelajaran Project-Based Learning (PjBL)*. Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Marinu Waruwu. (2023). *Metodologi penelitian kuantitatif dalam pendidikan*. CV Media Ilmu Nusantara.
- PhET Interactive Simulations. (2023). *Circuit Construction Kit: DC*. University of Colorado Boulder.
- Prayogi, S., Hidayat, R., & Lestari, D. (2025). Interactive PhET simulations to enhance students' science process skills. *International Journal of Elementary Education*, 9(1), 23–35.
- Rahmiati, & Pusparani, D. (2024). Pemanfaatan media interaktif PhET untuk meningkatkan hasil belajar siswa kelas IV. *Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 13(1), 66–78.
- Rayan, A., Putri, L., & Hadi, S. (2023). Identifikasi miskonsepsi siswa sekolah dasar pada materi listrik sederhana. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(3), 356–365.
- Salamah, U. (2022). Meningkatkan pemahaman siswa menggunakan media aplikasi PhET. *Jurnal Penelitian Tindakan Kelas*, 4(2), 112–121.
- Sari, D., & Mega, R. (2023). Pemanfaatan simulasi PhET dalam pembelajaran IPA. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(2), 178–189.
- Sudiansyah, & Kurnianto, B. (2022). Langkah-langkah Project-Based Learning dalam pembelajaran IPA SD. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 7(1), 1–13.
- Sumo, M., Suprianto, S., & Kholida, S. I. (2025). Pengembangan LKPD berbasis PjBL berbantuan PhET. *Jurnal Pendidikan Fisika*.
- Sugiyono. (2017). *Metode penelitian pendidikan: Pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kombinasi (mixed methods)*. Alfabeta.
- Suryani, N. (2024). *Pembelajaran inovatif abad ke-21*. UNS Press.
- Thomas, J. W. (2000). *A review of research on Project-Based Learning*. Autodesk Foundation.
- Thomas, J. W. (2020). *Project-Based Learning: A handbook for teachers*.
- Widoyoko, E. P. (2014). *Teknik penyusunan instrumen penelitian*. Pustaka Pelajar.
- Wicaksono, A., & Purwaningsih, E. (2025). Heutagogi dan pemahaman konsep IPAS. *Didaktika: Jurnal Kependidikan*.

- Wieman, C. E., & Perkins, K. K. (2005). Transforming physics education. *Physics Today*, 58(11), 36–41.
- Zulianti, W. (2024). Pengaruh model Problem-Based Learning berbantuan PhET Simulation. *UNIEDU: Universal Journal of Educational Research*.
- .