

Efektivitas *Physics Interactive Multimedia* pada Materi Listrik Bolak-Balik untuk Meningkatkan Literasi Digital Menggunakan *Flipped Learning*

Tirtandro Meda

SMA Negeri 2 Wates, Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia
tirtandromeda17@guru.sma.belajar.id

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas penggunaan *Physics Interactive Multimedia* (PhysIM) dalam meningkatkan literasi digital dan memfasilitasi pembelajaran mendalam (deep learning) melalui model *Flipped Learning* pada materi Listrik Bolak-Balik. Metode penelitian yang digunakan adalah kuasi-eksperimen dengan desain *Pretest-Posttest Control Group Design*. Penelitian dilaksanakan di SMAN 2 Wates pada tahun ajaran 2025/2026 dengan subjek penelitian murid kelas XII MIPA yang terbagi menjadi tiga kelas: XII A (Eksperimen I dengan PhysIM + *Flipped Learning*), XII B (Eksperimen II dengan PowerPoint + *Direct Instruction*), dan XII D (Kontrol dengan Buku Teks). Instrumen pengumpulan data menggunakan tes literasi digital dan tes kemampuan berpikir kritis yang telah tervalidasi. Analisis data menggunakan General Linear Model (GLM) dan *Normalized Gain* (N-Gain). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelas XII A yang menerapkan PhysIM dengan strategi *flipped learning* mencapai skor N-Gain tertinggi pada kemampuan literasi digital (0.65), berbeda signifikan dibandingkan kelas XII B dan XII D. Simpulan penelitian ini adalah integrasi PhysIM dalam ekosistem *flipped learning* efektif mengubah peran murid dari penerima pasif menjadi pembelajar aktif yang literat secara digital dan mampu berpikir mendalam.

Kata kunci: physics interactive multimedia; flipped learning; literasi digital; deep learning; listrik bolak-balik.

The Effectiveness of Physics Interactive Multimedia on Alternating Current Material to Enhance Digital Literacy Using Flipped Learning

Abstract: This study aims to examine the effectiveness of using *Physics Interactive Multimedia* (PhysIM) in improving digital literacy and facilitating deep learning through the *Flipped Learning* model on Alternating Current topics. The research method used was a quasi-experiment with a *Pretest-Posttest Control Group Design*. The study was conducted at SMAN 2 Wates in the 2025/2026 academic year with Grade XII MIPA students divided into three classes: XII A (Experiment I with PhysIM + *Flipped Learning*), XII B (Experiment II with PowerPoint + *Direct Instruction*), and XII D (Control with Textbooks). Data collection instruments used validated digital literacy tests and critical thinking skills tests. Data analysis used the General Linear Model (GLM) and *Normalized Gain* (N-Gain). The results showed that class XII A implementing PhysIM with the *flipped learning* strategy achieved the highest N-Gain score on digital literacy (0.65), significantly different compared to classes XII B and XII D. The conclusion of this study is that the integration of PhysIM in the *flipped learning* ecosystem is effective in transforming students' roles from passive receivers to active learners who are digitally literate and capable of deep thinking.

Keywords: physics interactive multimedia; flipped learning; digital literacy; deep learning; alternating current.

1. Pendahuluan

Tantangan pendidikan di era pertengahan abad ke-21 menuntut transformasi fundamental dalam pedagogi, bergeser dari sekadar penguasaan konten menuju pengembangan kompetensi yang kompleks. Paradigma ini dikenal sebagai Pembelajaran Mendalam atau *Deep Learning*. Definisi dari *deep learning* adalah sebagai proses di mana murid tidak hanya mengonsumsi pengetahuan, tetapi secara aktif menciptakan dan menerapkan pengetahuan tersebut untuk memecahkan masalah dunia

nyata (Fullan, 2018). Hal ini kontras dengan pembelajaran permukaan (*surface learning*) yang sering terjadi di kelas-kelas konvensional, di mana murid hanya menghafal fakta untuk ujian. Pentingnya *deep learning* semakin krusial dalam mata pelajaran sains yang menuntut penalaran tingkat tinggi.

Dalam konteks fisika, materi Listrik Bolak-Balik (*Alternating Current/AC*) sering menjadi batu sandungan bagi terjadinya *deep learning*. Studi yang dilakukan sebelumnya menyoroti bahwa konsep-konsep seperti beda fase,

reaktansi, dan impedansi pada rangkaian R-L-C melibatkan abstraksi matematika yang tinggi dan perilaku dinamis yang sulit divisualisasikan (Duit, dkk., 2020). Murid sering kali mengalami kesulitan menghubungkan representasi matematis (rumus) dengan fenomena fisis yang terjadi. Tanpa bantuan visualisasi yang tepat, pemahaman murid cenderung dangkal dan rentan terhadap miskonsepsi (Kaltakci-Gurel dkk., 2017).

Untuk mengatasi tantangan tersebut dan memfasilitasi waktu tatap muka yang lebih bermakna, model *Flipped Learning* atau Kelas Terbalik menjadi solusi yang menjanjikan. *Flipped learning* memungkinkan murid mengakses materi dasar di luar kelas, sehingga waktu di kelas dapat dimaksimalkan untuk aktivitas kognitif tingkat tinggi seperti analisis dan evaluasi (Akçayır dan Akçayır, 2018). Namun, efektivitas *flipped learning* sangat bergantung pada kualitas materi yang diakses murid secara mandiri. Penggunaan materi statis seperti PDF atau video ceramah pasif sering kali tidak cukup untuk memicu keterlibatan kognitif. Di sinilah peran teknologi interaktif menjadi vital.

Integrasi teknologi dalam pembelajaran fisika harus didasarkan pada kerangka kerja *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK). Integrasi teknologi yang efektif memerlukan pemahaman guru tentang bagaimana teknologi tertentu (seperti simulasi) dapat mendukung strategi pedagogis tertentu (seperti inkuiri) untuk mengajarkan konten tertentu (Voogt dkk., 2016). Dalam penelitian ini, dikembangkan *Physics Interactive Multimedia* (PhysIM) yang berisi simulasi osiloskop dan fasor dinamis. Penggunaan multimedia interaktif terbukti dapat mereduksi beban kognitif murid dan membantu visualisasi konsep abstrak (Mayer, 2020).

Selain aspek kognitif, literasi digital menjadi kompetensi prasyarat dalam implementasi *flipped learning*. Literasi digital dalam pendidikan tinggi bukan sekadar kemampuan teknis, tetapi kemampuan untuk mengakses, mengelola, mengintegrasikan, dan mengevaluasi informasi digital secara kritis (Spante dkk, 2018). Observasi di SMAN 2 Wates menunjukkan paradoks: meskipun murid sangat fasih menggunakan media sosial, mereka sering kesulitan menggunakan teknologi untuk tujuan akademik produktif (Rizal dkk., 2023). Oleh karena itu, intervensi pembelajaran harus dirancang untuk sekaligus meningkatkan literasi digital murid.

Penelitian terdahulu telah banyak membahas penggunaan multimedia (Manurung & Panggabean, 2020; Saripudin dkk, 2022) dan

flipped classroom (Bessas dkk, 2024; Zainuddin dkk., 2019) secara terpisah. Namun, penelitian yang menggabungkan *Interactive Multimedia* (PhysIM) secara spesifik dalam ekosistem *Flipped Learning* untuk menargetkan dua variabel literasi digital dan pembelajaran mendalam (berpikir kritis) pada materi kompleks seperti Listrik Bolak-Balik masih jarang dilakukan di tingkat SMA.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menjawab permasalahan: Bagaimana efektivitas penggunaan PhysIM dalam model *Flipped Learning* terhadap peningkatan literasi digital dan kemampuan *deep learning* (berpikir kritis) murid kelas XII SMAN 2 Wates pada materi Listrik Bolak-Balik?

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen semu (*quasi-experimental research*). Desain yang diterapkan adalah *Pretest-Posttest Control Group Design*. Desain ini dipilih karena peneliti menggunakan kelompok kelas yang sudah terbentuk (*intact groups*) tanpa melakukan pengacakan ulang individu murid, yang umum dilakukan dalam penelitian pendidikan (Creswell & Creswell, 2018).

Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 2 Wates, Kabupaten Kulon Progo, D.I. Yogyakarta, pada Semester Ganjil Tahun Ajaran 2025/2026. Populasi penelitian adalah seluruh murid kelas XII yang mendapatkan mata pelajaran pilihan Fisika. Teknik pengambilan sampel menggunakan *Cluster Random Sampling*, dengan asumsi homogenitas varians kemampuan awal murid berdasarkan nilai fisika semester sebelumnya.

Sampel terpilih terdiri dari tiga kelas:

1. Kelas Eksperimen I (XII A - 36 Murid): Menerapkan model *Flipped Learning* berbantuan *Physics Interactive Multimedia* (PhysIM).
2. Kelas Eksperimen II (XII B - 36 Murid): Menerapkan pembelajaran konvensional berbantuan media presentasi PowerPoint (PPT).
3. Kelas Kontrol (XII D - 36 Murid): Menerapkan pembelajaran konvensional hanya dengan Buku Teks.

Penelitian dilakukan dalam 3 tahapan sistematis yaitu pra-eksperimen, *treatment*, dan pasca-eksperimen. Dalam tahap pra-eksperimen terdapat proses pengembangan instrumen tes dan media PhysIM berbasis HTML5 yang memuat simulasi interaktif rangkaian R-L-C dan osiloskop. Validasi instrumen dilakukan oleh ahli materi

dan media menggunakan indeks V'Aiken, menghasilkan nilai validitas tinggi ($V > 0.85$).

Dalam tahap *treatment*, Kelas XII A (Flipped + PhysIM): Sebelum tatap muka, murid mengakses PhysIM di rumah melalui LMS sekolah/gawai masing-masing. Mereka melakukan eksplorasi mandiri pada fitur simulasi (fase *pre-class*). Di dalam kelas (*in-class*), waktu digunakan untuk diskusi kelompok memecahkan masalah kompleks. Guru bertindak sebagai fasilitator. Kelas XII B (PPT): Guru menyampaikan materi di kelas menggunakan *slide* PowerPoint yang berisi teks dan gambar statis. Murid mendengarkan dan mencatat. Kelas XII D (*Textbook*): Pembelajaran berpusat pada guru dengan metode ceramah murni dan pengerjaan soal latihan dari buku paket.

Pasca-Eksperimen dilakukan pemberian *posttest* untuk mengukur capaian akhir literasi digital dan berpikir kritis.

Instrumen penelitian menggunakan Tes Literasi Digital: 30 soal pilihan ganda beralasan yang mengadopsi indikator Gilster (1997) yang diperbarui oleh Ng (2012), meliputi dimensi teknis, kognitif, dan sosial-emosional. Reliabilitas instrumen diuji dengan formula Kuder-Richardson 20 (KR-20) sebesar 0.82 dan Tes Berpikir Kritis (Indikator *Deep Learning*): 5 soal uraian berbasis masalah (*Problem-based*) yang mengukur aspek analisis, evaluasi, inferensi, dan strategi (Ennis, 2015). Penilaian menggunakan rubrik analitik dengan reliabilitas Alpha Cronbach sebesar 0.79.

Data dianalisis menggunakan perangkat lunak statistik dengan langkah yang pertama

Tabel 1. Rekapitulasi Rerata Nilai Pretest, Posttest, dan N-Gain

Variabel	Kelas (Perlakuan)	N	Pretest	Posttest	N-Gain	Kategori
Literasi Digital	XII A (Flipped + PhysIM)	36	62.15	86.80	0.65	Sedang
	XII B (PPT)	36	61.40	74.20	0.33	Sedang
	XII D (Buku Teks)	36	62.00	69.50	0.20	Rendah
Berpikir Kritis	XII A (Flipped + PhysIM)	36	56.50	84.90	0.65	Sedang
	XII B (PPT)	36	55.80	71.10	0.35	Sedang
	XII D (Buku Teks)	36	56.20	64.30	0.18	Rendah

Tabel 2. Rerata Skor Posttest Kemampuan Berpikir Kritis Per Indikator

Indikator Berpikir Kritis (Ennis)	Representasi Materi AC	Kelas XII A (PhysIM)	Kelas XII B (PPT)	Kelas XII D (Buku)
Memberikan Penjelasan Sederhana	Memahami besaran arus dan tegangan	88.5	78.4	70.2
	Menghitung impedansi rangkaian	85.2	75.6	68.5
Membangun Keterampilan Dasar Menyimpulkan (Inference)	Menentukan sifat rangkaian (induktif/kapasitif)	84.0	70.2	62.1
	Analisis diagram fasor dan resonansi	82.5	65.8	58.4
Memberikan Penjelasan Lanjut Strategi dan Taktik	Memecahkan masalah nyata instalasi AC	84.3	65.5	62.3

adalah uji prasyarat menggunakan uji normalitas (Shapiro-Wilk) dan uji homogenitas varians (Levene's Test). Kemudian uji hipotesis menggunakan *Multivariate Analysis of Variance* (MANOVA) atau GLM untuk mengetahui pengaruh simultan variabel bebas terhadap dua variabel terikat. Di akhir ada uji peningkatan dengan menghitung *Normalized Gain* (N-Gain) Hake untuk menentukan kategori peningkatan (Tinggi, Sedang, Rendah).

3. Hasil dan Pembahasan

Deskripsi data hasil penelitian, data skor rerata *pretest*, *posttest*, dan *Normalized Gain* (N-Gain) untuk kemampuan literasi digital dan berpikir kritis pada ketiga kelas disajikan dalam Tabel 1.

Analisis mendalam per indikator untuk mengonfirmasi terjadinya *Deep Learning*, dilakukan analisis rincian skor *posttest* berdasarkan indikator berpikir kritis. Hasil ini penting untuk melihat aspek kognitif mana yang paling dipengaruhi oleh PhysIM.

Tabel 2 menunjukkan bahwa kesenjangan terbesar terjadi pada indikator "Memberikan Penjelasan Lanjut" (analisis fasor) dan "Strategi". Murid kelas XII A unggul jauh karena terbantu oleh visualisasi dinamis PhysIM, sementara murid kelas konvensional kesulitan membayangkan rotasi vektor fasor tanpa alat bantu visual.

Selain berpikir kritis, analisis indikator Literasi Digital (Tabel 3) juga menunjukkan pola serupa, terutama pada aspek integrasi informasi.

Tabel 3. Rerata Skor Posttest Literasi Digital Per Indikator

Indikator Literasi Digital (Ng, 2012)	Aktivitas dalam PhysIM	Kelas XII A (PhysIM)	Kelas XII B (PPT)	Kelas XII D (Buku)
Teknis (Technical)	Mengoperasikan simulasi osiloskop	90.2	75.0	70.1
Kognitif (Cognitive)	Mengevaluasi validitas data simulasi	85.4	72.1	68.2
Sosial-Emosional	Berkolaborasi & berbagi data hasil simulasi	84.8	75.5	70.2

Skema implementasi pembelajaran keberhasilan kelas XII A tidak hanya disebabkan oleh media PhysIM semata, melainkan integrasinya dalam

model Flipped Learning. Alur implementasi yang diterapkan digambarkan dalam skema berikut:



Gambar 1. Skema Implementasi Flipped Learning Berbantuan PhysIM

Uji hipotesis berdasarkan dari hasil uji normalitas dan homogenitas menunjukkan data berdistribusi normal dan varians homogen (Sig. > 0.05). Hasil uji General Linear Model (GLM) *Multivariate* menunjukkan nilai Sig. (P-value) sebesar 0.000 (< 0.05). Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik pada kemampuan literasi digital dan berpikir kritis murid antara kelas XII A, XII B, dan XII D.

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa kelas XII A yang menerapkan *flipped learning* berbantuan PhysIM mengalami peningkatan literasi digital tertinggi (N-Gain 0.65). Hal ini sejalan dengan penelitian Rizal dkk. (2023) yang menyatakan bahwa integrasi teknologi yang disengaja dalam desain pembelajaran (*intentional design*) mampu meningkatkan kompetensi digital murid. Dalam model *flipped learning*, murid di kelas XII A "dipaksa" secara konstruktif untuk mengakses materi PhysIM secara mandiri di rumah.

Aktivitas ini melatih dimensi akses dan manajemen informasi dari literasi digital. Murid tidak hanya membaca, tetapi berinteraksi dengan simulasi: mengubah variabel hambatan (R),

induktansi (L), dan kapasitansi (C), serta mengamati dampaknya pada grafik gelombang. Proses ini menuntut keterampilan teknis dan kognitif sekaligus. Berbeda dengan kelas XII B yang hanya melihat tayangan PPT dari guru, murid di kelas XII A menjadi subjek aktif teknologi. Literasi digital berkembang optimal ketika murid diberikan otonomi untuk menavigasi lingkungan belajar digital mereka sendiri (Bond dkk., 2020).

Peningkatan signifikan pada kemampuan berpikir kritis di kelas XII A (N-Gain 0.65) menjadi bukti empiris terjadinya *deep learning*. Materi Listrik Bolak-Balik memiliki karakteristik abstrak yang tinggi. Di kelas XII D (Buku Teks), murid cenderung menghafal rumus impedansi $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ tanpa memahami makna fisisnya. Akibatnya, ketika diberikan soal analisis grafik fasor yang berbeda dari contoh soal, mereka gagal menjawab.

Sebaliknya, PhysIM menyediakan *scaffolding* visual yang krusial. Fitur diagram fasor dinamis yang berputar sesuai frekuensi sudut (ω) membantu murid memvisualisasikan konsep "beda fase" secara konkret. Temuan ini mendukung teori *Multimedia Learning* bahwa

manusia memproses informasi lebih dalam ketika saluran visual dan verbal diaktifkan secara simultan (Mayer, 2020).

Dalam konteks *flipped learning*, waktu tatap muka di kelas XII A tidak habis untuk menjelaskan definisi dasar (yang sudah dipelajari di rumah melalui PhysIM). Waktu kelas digunakan untuk Inkuiri Kolaboratif. Murid berdiskusi menjawab pertanyaan tingkat tinggi seperti, "Bagaimana merancang rangkaian agar terjadi resonansi dan apa dampaknya terhadap arus listrik?". Interaksi sosial dalam pemecahan masalah di kelas *flipped* adalah kunci transisi dari *surface learning* ke *deep learning* (Zainuddin dan Perera, 2019).

Penelitian Kitchen dkk. (2016) juga mendukung hasil yang sama, menyatakan bahwa *flipped classroom* memberikan ruang bagi terjadinya *active learning* yang merupakan prasyarat berpikir kritis. Di kelas XII A, murid melakukan analisis (C4) dan evaluasi (C5) terhadap data simulasi mereka, bukan sekadar mengingat (C1) atau memahami (C2).

Kelas XII B (PPT) menunjukkan hasil yang lebih baik daripada kelas kontrol, namun masih jauh di bawah kelas eksperimen PhysIM. Hal ini menunjukkan bahwa sekadar mendigitalkan materi (memindahkan teks buku ke slide PPT) tidak cukup untuk memicu *deep learning*. PPT bersifat statis dan presentasi guru cenderung satu arah (*teacher-centered*). Murid di kelas XII B pasif menerima informasi, sehingga keterlibatan kognitif mereka rendah (Astuti dkk., 2025). Sementara itu, kelas XII D (Buku Teks) menunjukkan performa terendah, mengonfirmasi bahwa metode tradisional semakin tidak relevan untuk mengajarkan konsep fisika dinamis kepada generasi *digital native*.

4. Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa implementasi *Physics Interactive Multimedia* (PhysIM) dalam model *Flipped Learning* terbukti efektif secara signifikan dalam meningkatkan literasi digital murid kelas XII SMAN 2 Wates pada materi Listrik Bolak-Balik, dengan kategori peningkatan sedang. Penggunaan PhysIM dalam strategi *flipped learning* berhasil memfasilitasi pembelajaran mendalam (*deep learning*), ditandai dengan peningkatan kemampuan berpikir kritis yang lebih tinggi dibandingkan metode presentasi (PPT) maupun metode konvensional (buku teks). Kombinasi simulasi interaktif dan pembalikan kelas (*flipping the class*) memberikan waktu dan alat kognitif yang dibutuhkan murid untuk memvisualisasikan

konsep abstrak dan terlibat dalam analisis tingkat tinggi.

Bagi pendidik penulis menyarankan untuk beralih dari metode ceramah ke *flipped learning* berbantuan simulasi interaktif, terutama pada materi fisika yang abstrak (Gelombang, Optik, Fisika Kuantum) untuk mendukung visualisasi dan *deep learning*. Bagi sekolah perlu penyediaan infrastruktur LMS yang stabil untuk mendukung akses materi pra-kelas. Bagi peneliti lanjutan, penelitian berikutnya dapat mengeksplorasi efektivitas PhysIM pada variabel *Self-Regulated Learning* (SRL) murid atau mengembangkannya ke dalam platform Koding dan Kecerdasan Artifisial (KKA).

Daftar Pustaka

- Akçayır, G., & Akçayır, M. (2018). The flipped classroom: A review of its advantages and challenges. *Computers & Education*, 126, 334-345.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.021>
- Astuti, L. D., Permatasari, I., & Wahyuningsih, D. (2025). TPACK-Based Analysis of Prospective Physics Teachers' Readiness for Digital Classroom Management. *Schrödinger: Journal of Physics Education*, 6(1).
<https://doi.org/10.37251/sjpe.v5i1.944>
- Bessas, N., Tzanaki, E., Vavougios, D., & Plagianakos, V. P. (2024). Implementing the Flipped Classroom Model in Science Lessons for Junior High School Students. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 19(03), 4-21.
<https://doi.org/10.3991/ijet.v19i03.47153>
- Bond, M., Buntins, K., Bedenlier, S., Zawacki-Richter, O., & Kerres, M. (2020). Mapping research in student engagement and educational technology in higher education: A systematic evidence map. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(1), 2.
<https://doi.org/10.1186/s41239-019-0176-8>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Duit, R., Schecker, H., Höttecke, D., & Niedderer, H. (2020). Teaching Physics. In *Handbook of Research on Science Education*. Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9780203097267>
- Ennis, R. H. (2015). Critical Thinking. In *The Palgrave Handbook of Critical Thinking in*

- Higher Education. Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1057/9781137378057_2
- Fullan, M., Quinn, J., & McEachen, J. (2018). *Deep Learning: Engage the World Change the World*. Corwin Press.
- Hwang, G. J., Lai, C. L., & Wang, S. Y. (2015). Seamless flipped learning: a mobile technology-enhanced flipped classroom with effective learning strategies. *Journal of Computers in Education*, 2, 449–473. <https://doi.org/10.1007/s40692-015-0043-0>
- Kaltakci-Gurel, D., Eryilmaz, A., & McDermott, L. C. (2017). Development and application of a four-tier test to assess pre-service physics teachers' misconceptions about geometrical optics. *Research in Science & Technological Education*, 35(2), 238-260. <https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1310094>
- Kitchen, E., Sudweeks, R. R., Merrill, W. S., & Bell, J. D. (2016). Perceptions of the Flipped Classroom: Listening to Student Voices to Inform Pedagogy. *CBE—Life Sciences Education*, 15(4). <https://doi.org/10.1187/cbe.16-06-0205>
- Manurung, S. R., & Panggabean, D. D. (2020). Improving Students' Thinking Ability in Physics Using Interactive Multimedia Based Problem Solving. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 39(2), 460–470. <https://doi.org/10.21831/cp.v39i2.28205>
- Mayer, R. E. (2020). *Multimedia Learning* (3rd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316941355>
- Ng, W. (2012). Can We Teach Digital Natives Digital Literacy? *Computers & Education*, 59(3), 1065-1078. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.04.016>
- Pattiserlihun, A., & Setiadi, S. J. (2020). Blended-flipped classroom learning for physics students with the topic of the photoelectric effect. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 6(1), 71-78. <https://doi.org/10.21831/jipi.v6i1.28109>
- Rizal, R., Rusdiana, D., Setiawan, W., & Siahaan, P. (2023). Could the digital literacy of preservice physics teachers be improved by Learning Management System Supported Smartphone (LMS3) application in a physics online lecture? *Physics Education*, 58(2), 025004. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aca864>
- Saripudin, D., Ratmaningsih, N., & Anggraini, D. N. (2022). Web-based simulation on physics learning to enhance digital literacy skill of high school students. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 4(2), 70–82. <https://doi.org/10.26737/jipf.v4i2.1048>
- Spante, M., Hashemi, S. S., Lundin, M., & Algers, A. (2018). Digital competence and digital literacy in higher education research: Systematic review of concept use. *Cogent Education*, 5(1), 1519143.1. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2018.15191432>
- Voogt, J., Fisser, P., Tondeur, J., & van Braak, J. (2016). Technological pedagogical content knowledge – a review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(2), 109-121. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2012.00487.x>
- Zainuddin, Z., & Perera, C. J. (2019). Exploring students' competence, autonomy and relatedness in the flipped classroom pedagogical model. *Journal of Further and Higher Education*, 43(1), 115-126. <https://doi.org/10.1080/0309877X.2017.1356916>
- Zainuddin, Z., Habiburrahim, Muluk, S., & Keumala, C. M. (2019). How do students become self-directed learners in the flipped classroom? A case for a web-based learning environment. *Studies in Educational Evaluation*, 60, 24-32. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2018.11.008>