

MODEL EMANCIPATED LEARNING UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP SISWA SMA PADA MATERI USAHA DAN ENERGI**Jon Darmawan^{1*)}, Abdul Hasan Saragih²⁾, Ridwan Abdullah Sani³⁾, Putri Mayasari⁴⁾**

1,2) Teknologi Pendidikan, Pascasarjana, Universitas Negeri Medan, Indonesia

3) Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Indonesia

4) IAIN Lhokseumawe, Indonesia

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika siswa melalui penerapan model *emancipated learning*. Model ini dikembangkan dari model *project-based learning*, *differentiated learning*, dan *technology-based learning*. Penelitian ini menggunakan desain eksperimen dengan pendekatan *Pre-Experimental Design*, khususnya *One-Group Pretest-Posttest Design*. Data yang diperoleh berupa menggunakan instrumen pretes dan postes dan respon siswa. Model ini secara efektif meningkatkan pemahaman konsep siswa pada materi usaha dan energi, dengan kriteria efektivitas sedang 0,64. Respon siswa terhadap model *emancipated learning* sebesar 83,8%, menunjukkan respon positif. Oleh karena itu, model ini dapat menjadi metode inovatif untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika siswa.

Kata kunci: *emancipated learning*, model pembelajaran, pemahaman konsep

Pendahuluan

Model *emancipated learning* dikembangkan dari model *project-based learning* (PjBL) dengan menggabungkan pendekatan pembelajaran yang berdiferensiasi dan berbasis teknologi. PjBL melibatkan siswa dalam manajemen proyek, mulai dari menyelidiki masalah hingga solusi berbasis sains (Bascopé et al., 2019). Di Indonesia, pembelajaran berdiferensiasi dipromosikan dalam Kurikulum Nasional untuk menyesuaikan proses pembelajaran dengan kebutuhan dan latar belakang siswa yang beragam, mendorong pengembangan Profil Pelajar Pancasila (Hasanah et al., 2022). Kurikulum Nasional juga menganjurkan penggunaan alat teknologi dalam proses pembelajaran dan penilaian, menyediakan sistem dukungan bagi guru (Santoso et al., 2022).

Pembelajaran berdiferensiasi mengintegrasikan berbagai teori dan praktik untuk meningkatkan prestasi siswa dengan memperhatikan kesiapan, kemampuan, motivasi, dan minat mereka (Dolinsky & Dolinskaya, 2021). Pendekatan ini mendorong guru untuk lebih kreatif dalam metode pengajaran mereka (Pouzergues, 2022). Dalam konteks pendidikan 4.0, guru harus menyesuaikan strategi pengajaran mereka untuk mencakup pembelajaran mandiri, pembelajaran hibrida, dan pembelajaran virtual, yang memenuhi kebutuhan beragam siswa (Jarrah, 2023; Meniado, 2023). Dengan menyesuaikan pola pembelajaran ini, pembelajaran terdiferensiasi mendorong pengalaman pendidikan yang lebih personal dan efektif, serta mempromosikan kreativitas dan inovasi dalam proses pengajaran.

Transformasi ke pembelajaran berbasis teknologi sangat penting untuk pendidikan abad ke-21 (Vedawala et al., 2024). Pergeseran ini mengharuskan guru untuk keluar dari zona nyaman mereka guna mengembangkan proses pembelajaran baru (Bueno et al., 2023). Revolusi teknologi telah memberikan manfaat signifikan bagi pendidikan, menjadikan integrasi teknologi ke dalam pembelajaran sebagai hal yang esensial (Kalantarion et al., 2024). Teknologi informasi telah secara fundamental mengubah dan mengganggu model pembelajaran tradisional (de Souza Rodrigues et al., 2021).

PjBL merupakan model pembelajaran yang diantisipasi untuk dimasukkan dalam Kurikulum Nasional. PjBL memperluas pembelajaran berbasis masalah dengan melibatkan siswa dalam investigasi autentik untuk menciptakan produk atau artefak, sering kali menggabungkan teknologi dalam proses penyelidikan (Marnewick, 2023). Guru secara luas menggunakan pendekatan ini untuk mengembangkan proses pembelajaran yang menghadirkan

tantangan atau masalah, membimbing siswa untuk menyelidiki, membuat keputusan, merancang, dan menghasilkan produk (Gomez-del Rio & Rodriguez, 2022). PjBL bersifat serbaguna dan dapat diterapkan di berbagai disiplin ilmu, termasuk ilmu sosial, sains, teknologi, bahasa, dan matematika (Huang et al., 2023). Agar efektif, PjBL harus diintegrasikan ke dalam kurikulum, dengan fokus pada praktik pembelajaran yang memungkinkan semua siswa untuk menghasilkan produk yang bermakna (Elkhamisy & Sharif, 2022).

Meskipun Kurikulum Nasional telah diterapkan, pemahaman siswa tentang konsep ilmiah tetap rendah. Masalah ini terutama disebabkan oleh kesulitan dalam memahami konten sains dan alat matematika, model pembelajaran yang tidak bervariasi, dan bahan ajar yang tidak sesuai dengan kebutuhan siswa (Ardianti & Wanabuliandari, 2021; Mardhatillah et al., 2024). Selain itu, media pembelajaran yang sederhana dan tidak interaktif berdampak negatif pada konsentrasi siswa, yang berkontribusi pada pemahaman konsep yang buruk (Delgado et al., 2022). Untuk mengatasi tantangan ini, guru harus mendiagnosis keragaman pemahaman siswa, karena pemahaman awal yang rendah tentang konsep dapat menyebabkan kesulitan signifikan dalam proses pembelajaran (Blazar & Archer, 2020; Cari et al., 2022).

Hasil wawancara dengan siswa SMAN 1 Lhokseumawe menemukan fakta bahwa pembelajaran fisika selama ini sangat monoton. Guru menjelaskan materi pembelajaran di depan kelas, kemudian memberikan contoh soal. Guru tidak pernah melakukan praktikum fisika, termasuk sekadar demonstrasi. Apalagi pembelajaran berbasis proyek. Padahal pembelajaran fisika baik dalam Kurikulum 2013 maupun Kurikulum Merdeka diharuskan berbasis proyek, meskipun tidak untuk semua kompetensi.

Salah satu elemen yang harus dikuasai oleh siswa sekolah menengah dalam proses pembelajaran Fisika dari Kurikulum Merdeka, yang telah ditetapkan sebagai Kurikulum Nasional di Indonesia, adalah pemahaman konsep. Pemahaman konsep yang harus dikuasai dapat dioptimalkan untuk bersaing di era revolusi 4.0 (Figliè et al., 2024; Wijaya & Mufit, 2023). Pemahaman konsep dapat dipengaruhi oleh pendekatan guru terhadap proses pembelajaran (Prediger et al., 2023).

Pemahaman yang kuat tentang konsep fisika sangat penting untuk secara efektif menyelesaikan dan menerapkan masalah fisika teoretis dalam kehidupan sehari-hari (Bancong & Song, 2020). Pemahaman konsep ini harus dibudidayakan sejak usia dini, karena pendidikan sains di sekolah dasar dibangun secara kumulatif dari waktu ke waktu (Venkadasalam et al., 2024). Tujuan utama pendidikan fisika di sekolah menengah adalah untuk memastikan bahwa siswa memahami prinsip-prinsip dasar fisika dan penerapannya dalam praktik (Gjerde et al., 2022). Oleh karena itu, pengenalan konsep fisika sejak dini sangat penting untuk menangani masalah teoretis dan praktis, yang merupakan tujuan utama pendidikan fisika di sekolah menengah.

Peningkatan pemahaman konsep siswa sangat penting dan dapat dicapai melalui model pembelajaran yang selaras dengan Kurikulum Nasional. Model seperti itu meningkatkan pemahaman konsep siswa dengan memastikan hubungan yang terkoordinasi antara konsep dan teori (Lestari & Mansyur, 2021; Nicholus et al., 2023). Menurut Lin et al. (2021), menggunakan model pembelajaran yang selaras dengan kurikulum secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep. Pemahaman ini mencakup makna ilmiah konsep dan penerapannya dalam dunia nyata (Hernandez et al., 2023). Oleh karena itu, mengadopsi model pembelajaran yang sesuai karakteristik Kurikulum Nasional di Indonesia sangat penting untuk memperdalam pemahaman siswa tentang konsep fisika dan memungkinkan mereka untuk menerapkannya secara efektif dalam kehidupan sehari-hari.

Model *emancipated learning* dapat diterapkan karena selaras dengan karakteristik Kurikulum Nasional, memastikan bahwa pembelajaran berbasis proyek, dipersonalisasi sesuai kebutuhan siswa, dan berbasis teknologi. Studi ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman

konsep siswa melalui penerapan model pembelajaran *emancipated learning*, khususnya di Kota Lhokseumawe. Secara khusus, studi ini berfokus pada peningkatan pemahaman siswa tentang konsep fisika pada materi usaha dan energi, serta persepsi mereka terhadap penerapannya.

Metode

Penelitian ini merupakan penelitian kuasi eksperimen (*quai experiment research*) menggunakan desain *one group pretest – posttest*. Penelitian ini dilaksanakan pada satu kelompok saja tanpa kelompok pembandingan. Penelitian ini dilaksanakan di SMAN 1 Lhokseumawe, Aceh, tahun ajaran 2023/2024. Sampel penelitian ini adalah 35 siswa dari 324 siswa kelas XI.

Data dikumpulkan dengan memberikan pretes sebelum menerapkan model *emancipated learning* dan postes setelah pembelajaran berlangsung untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep. Data respon siswa dikumpulkan menggunakan lembar respon siswa.

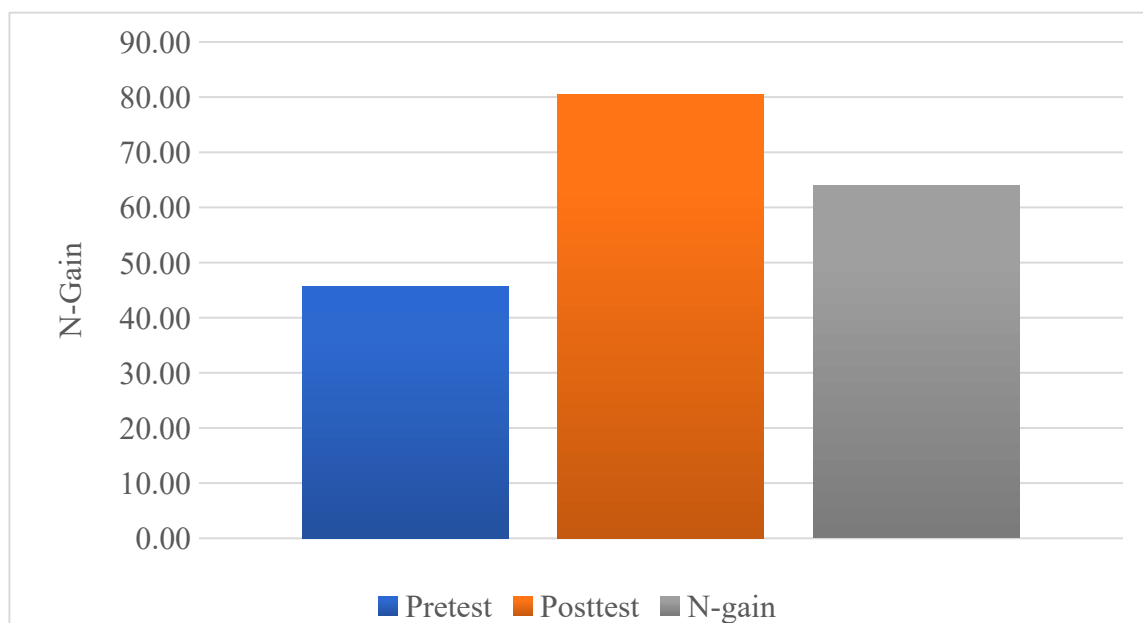
Hasil dan Diskusi

Peningkatan Pemahaman Konsep Siswa

Rumus N-Gain digunakan untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep fisika siswa setelah menerapkan model *emancipated learning*. Nilai N-Gain diperoleh dari rata-rata skor *pretest* dan *posttest*. Hasil N-Gain untuk skor ini disajikan dalam Tabel 1 dan Gambar 1.

Table14. Nilai N-Gain Pemahaman Konsep Siswa

Sumber Data	Rata-rata	N-gain	Kriteria
Pretest	45,71	0,64	Sedang
Posttest	80,43		



Gambar 1. Peningkatan Pemahaman Konsep Siswa

Tabel 1 dan Gambar 1 menunjukkan bahwa persentase rata-rata N-Gain dalam pemahaman konsep siswa, berdasarkan skor *pretest* dan *posttest*, adalah 0,64% dari nilai ideal. Menurut kriteria interpretasi, nilai ini termasuk dalam kategori sedang. Secara kuantitatif, pemahaman konsep siswa meningkat setelah berpartisipasi dalam pembelajaran menggunakan model *emancipated learning*. Oleh karena itu, model *emancipated learning* secara efektif dapat meningkatkan pemahaman konsep siswa SMA.

Peningkatan pemahaman konsep siswa dalam penelitian ini dapat dikaitkan dengan model *emancipated learning*. Model pembelajaran ini memungkinkan siswa untuk memulai proyek dengan ide-ide yang disepakati dalam kelompok mereka, membuat desain proyek, dan mengerjakan proyek sesuai dengan desain dan jadwal yang telah ditetapkan sebelumnya. Siswa menerapkan ide-ide kreatif mereka pada proyek dan berkomitmen untuk melanjutkan penggunaannya (Nordahl-pedersen & Heggholmen, 2024). Menurut Donelan & Kear (2023), eksplorasi desain untuk penciptaan pengetahuan dapat selaras dengan pekerjaan proyek. Mursid et al. (2022) menekankan bahwa kemampuan berpikir kreatif siswa harus dikembangkan saat merancang proyek yang secara sistematis memecahkan masalah.

Pada sintaks pertama (*Diagnostik Keragaman Siswa*), siswa mengikuti tes diagnostik untuk mengetahui pemahaman awal mereka tentang materi pembelajaran dan mengikuti kebutuhan dan potensi individu. Hal ini sejalan dengan temuan Chernikova et al. (2024), yang menyatakan bahwa akurasi diagnostik siswa berkorelasi dengan pengalaman belajar siswa dalam lingkungan berbasis korelasi dengan kinerja objektif. Sommerhoff et al. (2023) menemukan bahwa pembelajaran menggunakan simulasi berbasis video prototipikal dapat mempengaruhi keterampilan diagnostik siswa. Demikian pula, Radkowitsch et al. (2023) menunjukkan bahwa frekuensi dan variasi keterlibatan siswa dalam proses diagnostik berkorelasi dengan tingkat pengetahuan, nilai tugas, dan akurasi.

Tes diagnostik pada tahap pertama menggunakan LMS berbasis Ispring yang diakses siswa menggunakan smartphone masing-masing menggunakan jaringan intranet. Hal ini dilakukan untuk efisiensi dan efektivitas (Darmawan et al., 2023; Obeso et al., 2023; Ye & Li, 2024). Akses e-book di LMS memotivasi siswa untuk belajar (Fageeh, 2024; Rarugal & Sermona, 2024; Toring et al., 2023).

Pada sintaks kedua (*The Essential Question*), siswa diberikan pertanyaan esensial baik secara lisan maupun tertulis untuk mendorong siswa menemukan masalah yang berkaitan dengan ide proyek. Permasalahan dalam pembelajaran IPA menjadi dasar pemahaman siswa tentang proses ilmiah dan mengembangkan ide proyek (Ojetunde & Ramnarain, 2023; Twizeyimana et al., 2024). Peningkatan jumlah resolusi guru menggunakan prompt meningkatkan kontribusi kognitif siswa dalam memahami fenomena fisik (Soysal & Yilmaz-Tuzun, 2021).

Pada sintaks ketiga (*Setting Study Groups and Facilitating the Learning Environment*), siswa menyelenggarakan kelompok belajar untuk membangun kolaborasi antar siswa (Z. Liu et al., 2024), mendorong pembelajaran aktif (Na & Kim, 2024) (Hu et al., 2024), dan menciptakan lingkungan yang mendukung eksplorasi dan penemuan (Knox, 2022; Korthals Altes et al., 2024). Pada fase ini, guru dapat mendistribusikan buku ajar kepada kelompok siswa. Buku ajar yang disediakan berbasis digital dan dapat diakses secara *offline* (intranet) dan online melalui LMS berbasis Ispring (Rarugal & Sermona, 2024; Sulaiman et al., 2022).

Pada sintaks keempat (*Discuss Ideas and Determine the Schedule for Project Work*), siswa melakukan proses perencanaan proyek dan menentukan jadwal kerja. Proses ini membantu mereka mengembangkan kreativitas (H. Y. Liu, 2020; Weng et al., 2022), keterampilan berpikir kritis (Saghafi et al., 2024; Xiaolei & Teng, 2024), dan kemampuan kerja tim (Baviera et al., 2022; Hotapeti et al., 2020).

Pada sintaks kelima (*Project Implementation and Learning Progress Monitoring*), guru melibatkan siswa dalam melaksanakan proyek mereka dan memastikan mereka mencapai tujuan pembelajaran. Hal ini tidak hanya membantu mereka memahami konsep dengan lebih baik tetapi juga memungkinkan mereka untuk mengembangkan pemecahan masalah (Amalina & Vidákovich, 2023; Pimdee et al., 2024), berpikir kritis (Tan et al., 2023; Teng & Yue, 2023), dan keterampilan kerja tim (Riivari et al., 2021).

Pada sintaks keenam (*Project Presentation*), kelompok siswa mempresentasikan hasil pengerjaan proyek untuk berbagi pengetahuan, menunjukkan kemajuan dan hasil proyek, dan mendapatkan umpan balik dari rekan kerja dan guru. Presentasi proyek bertujuan untuk melibatkan siswa secara aktif dalam proses pembelajaran (Mentzer et al., 2023) dan memperkuat keterampilan komunikasi (Mathieu et al., 2024; Yoel et al., 2023). Presentasi dilakukan dengan menggunakan teknologi dan siswa diberikan kebebasan terkait alat presentasi.

Pada sintaks ketujuh (*Assessment*), guru memberikan siswa penilaian terkait dengan tujuan pembelajaran yang dikembangkan. Penilaian dilakukan secara digital dan dapat diakses baik secara *offline* (intranet) maupun online menggunakan smartphone (Domínguez-Figaredo & Gil-Jaurena, 2024; Ilgaz & Afacan Adanır, 2020; Kalinich et al., 2022).

Oleh karena itu, pemahaman konsep siswa tentang materi usaha dan energi dapat dibangun melalui model *emancipated learning*, yang melibatkan mereka secara langsung dan membuat proses pengembangan pengetahuan menjadi lebih bermakna.

Respon Siswa Terhadap Model *Emancipated Learning*

Respon siswa terhadap model *emancipated learning* diperoleh melalui kuesioner setelah sesi pembelajaran yang menggunakan model *emancipated learning*. Data tentang respon siswa disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Tanggapan Siswa terhadap Model *Emancipated Learning*

No	Indikator	Rata-rata
1	Model <i>emancipated learning</i> yang telah diterapkan secara signifikan membantu saya dalam mengatasi kesulitan dalam mengajarkan konsep fisika	82,29%
2	Model <i>emancipated learning</i> yang telah diterapkan sangat cocok untuk mengajarkan konsep fisika, khususnya usaha dan energi	92,71%
3	Dalam penyampaian materi fisika, model <i>emancipated learning</i> yang telah diterapkan harus dipertahankan	82,29%
4	Model <i>emancipated learning</i> yang telah diterapkan sangat efektif karena selaras dengan karakteristik Kurikulum Nasional	81,25%
5	Lembar kerja yang digunakan telah membimbing saya secara signifikan dalam melaksanakan proyek fisika	82,29%
6	Dalam menyampaikan materi fisika, guru harus lebih banyak mengajar berbasis proyek, salah satunya menggunakan model <i>emancipated learning</i>	86,46%
7	Dalam menyampaikan materi fisika, para guru harus lebih banyak mengajar dengan beradaptasi dengan pembelajaran berdiferensiasi siswa dan metode berbasis teknologi	85,42%
8	Pengetahuan konsep fisika yang didapat melalui model <i>emancipated learning</i> yang telah diimplementasikan terbukti lebih langgeng karena siswa secara langsung merasakan proses proyek	78,13%
9	Pembelajaran konsep usaha dan energi dengan model <i>emancipated learning</i> yang telah diterapkan sangat memotivasi saya untuk belajar fisika	83,33%
Rata-rata		83,80%

Berdasarkan respon siswa terhadap proses pembelajaran menggunakan model *emancipated learning* pada materi usaha dan energi, diperoleh total skor sebesar 83,80% pada seluruh indikator yang berada pada kategori 'unggul'. Oleh karena itu, disimpulkan bahwa proses pembelajaran dengan model *emancipated learning* pada topik usaha dan energi mendapat respon yang sangat positif dari siswa. Mereka melaporkan bahwa model tersebut mampu mengatasi kesulitan dalam mengajarkan konsep fisika. Model *emancipated learning* yang diterapkan sangat efektif karena berkorelasi dengan Kurikulum Nasional. Selain itu,

ketika menyampaikan materi fisika, siswa mengharapkan guru untuk mengajarkan lebih banyak pelajaran berbasis proyek yang disesuaikan dengan diferensiasi siswa dan berbasis teknologi. Selama kegiatan pembelajaran, ada juga interaksi positif antara siswa dan guru, antar siswa dalam kelompok belajar dan saat mengerjakan proyek. Model *emancipated learning* yang diterapkan sangat memotivasi siswa untuk belajar fisika, terutama pada materi usaha dan energi.

Kesimpulan

Penerapan model *emancipated learning* untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa menghasilkan nilai N-Gain sebesar 0,64, yang termasuk dalam kategori sedang. Oleh karena itu, model ini secara efektif meningkatkan pemahaman konsep siswa Fisika di sekolah menengah. Respon siswa tercatat sebesar 83,80% dan dikategorikan sangat positif, menunjukkan bahwa guru dapat menggunakan model ini sebagai salah satu metode terbaik untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa.

Berdasarkan diskusi ini, model *emancipated learning* selaras dengan karakteristik Kurikulum Nasional dan dapat secara efektif meningkatkan pemahaman konsep Fisika bagi siswa di SMAN 1 Lhokseumawe. Generalisasi hasil studi ini merujuk pada penerapan model ini dalam konteks, populasi, atau lingkungan lain.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini terlaksana melibatkan bantuan beberapa pihak. Oleh karena itu ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Kepala Dinas Pendidikan Aceh melalui Kepala Cabang Dinas Pendidikan Wilayah Kota Lhokseumawe yang telah memberi izin untuk melaksanakan penelitian di wilayah tersebut. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Kepala SMAN 1 Lhokseumawe yang telah memberikan izin melaksanakan pengumpulan data dan pemanfaatan sarana dan prasarana sekolah selama penelitian ini berlangsung.

Referensi

- Amalina, I. K., & Vidákovich, T. (2023). Cognitive and Socioeconomic Factors that Influence the Mathematical Problem-Solving Skills of Students. *Heliyon*, 9(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19539>
- Ardianti, S. D., & Wanabuliandari, S. (2021). Ethno-Edutainment Digital Module to Increase Students' Concept Understanding. *Journal of Physics: Conference Series*, 1823(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1823/1/012073>
- Bancong, H., & Song, J. (2020). Exploring How Students Construct Collaborative Thought Experiments During Physics Problem-Solving Activities. *Science & Education*, 29(3), 617–645. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00129-3>
- Bascopé, M., Perasso, P., & Reiss, K. (2019). Systematic Review of Education for Sustainable Development at an Early Stage: Cornerstones and Pedagogical Approaches for Teacher Professional Development. *Sustainability (Switzerland)*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/su11030719>
- Baviera, T., Baviera-Puig, A., & Escribá-Pérez, C. (2022). Assessing Team Member Effectiveness Among Higher Education Students using 180° Perspective. *International Journal of Management Education*, 20(3). <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2022.100702>
- Blazar, D., & Archer, C. (2020). Teaching to Support Students With Diverse Academic Needs. *Educational Researcher*, 49(5), 297–311. <https://doi.org/10.3102/0013189X20931226>
- Bueno, R., Niess, M. L., Aldemir Engin, R., Ballejo, C. C., & Lieban, D. (2023). Technological Pedagogical Content Knowledge: Exploring New Perspectives. *Australasian Journal of Educational Technology*, 39, 88–105. <https://doi.org/10.14742/ajet.7970>

- Cari, Nasir, M., Sunarno, W., & Rahmawati, F. (2022). Flipped Classroom using E-Module to Improve Understanding of Light Concepts: Needs Analysis of E-Module Development to Empower Scientific explanation. *Journal of Physics: Conference Series*, 2165(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2165/1/012040>
- Chernikova, O., Stadler, M., Sommerhoff, D., Schons, C., Heitzmann, N., Holzberger, D., Seidel, T., Richters, C., Pickal, A. J., Wecker, C., Nickl, M., Codreanu, E., Ufer, S., Kron, S., Corves, C., Neuhaus, B. J., Fischer, M. R., & Fischer, F. (2024). The Relation Between Learners' Experience in Simulations and Diagnostic Accuracy: Generalizability Across Medical and Teacher Education. *Computers in Human Behavior Reports*, 15(July). <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2024.100454>
- Darmawan, J., Saragih, A. H., & Sani, R. A. (2023). Development of Android-Based Offline Test Model in Physics Subjects. *International Social Sciences and Humanities*, 2(3), 1022–1029.
- de Souza Rodrigues, M. A., Chimenti, P., & Nogueira, A. R. R. (2021). An Exploration of E-learning Adoption in the Educational Ecosystem. *Education and Information Technologies*, 26(1), 585–615. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10276-3>
- Delgado, P., Anmarkrud, Ø., Avila, V., Altamura, L., Chireac, S. M., Pérez, A., & Salmerón, L. (2022). Learning From Text and Video Blogs: Comprehension Effects on Secondary School Students. *Education and Information Technologies*, 27(4), 5249–5275. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10819-2>
- Dolinsky, M. S., & Dolinskaya, M. A. (2021). Technology of Differentiated Training Bases of Algorithmization and Programming on the First Course of the University on the Basis of The DI.Gsu.By System of Distance Learning. *Informatics and Education*, 6, 60–66. <https://doi.org/10.32517/0234-0453-2021-36-6-60-66>
- Domínguez-Figaredo, D., & Gil-Jaurena, I. (2024). Effects of Familiarity with Digital Assessment in Online Education. *Distance Education*, 0(0), 1–16. <https://doi.org/10.1080/01587919.2024.2372260>
- Donelan, H., & Kear, K. (2023). Online Group Projects in Higher Education: Persistent Challenges and Implications for Practice. In *Journal of Computing in Higher Education* (Vol. 36, Issue 2). Springer US. <https://doi.org/10.1007/s12528-023-09360-7>
- Elkhamisy, F. A. A., & Sharif, A. F. (2022). Project-Based Learning with Memes as an Innovative Competency-Boosting Tool: A Phenomenological Interpretive Study. *Interactive Learning Environments*, 1–18. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2133147>
- Fageeh, A. I. (2024). Maximizing Learning Management Systems in Online College English Education: Views From France and Saudi Arabia. *Social Sciences and Humanities Open*, 9(February), 100868. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.100868>
- Figliè, R., Amadio, R., Tyrovolas, M., Stylios, C., Paško, Ł., Stadnicka, D., Carreras-Coch, A., Zaballos, A., Navarro, J., & Mazzei, D. (2024). Towards a Taxonomy of Industrial Challenges and Enabling Technologies in Industry 4.0. *IEEE Access*, 1–1. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3356349>
- Gjerde, V., Havre Paulsen, V., Holst, B., & Kolstø, S. D. (2022). Problem Solving in Basic Physics: Effective Self-Explanations Based on Four Elements with Support from Retrieval Practice. *Physical Review Physics Education Research*, 18(1), 010136. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.010136>
- Gomez-del Rio, T., & Rodriguez, J. (2022). Design and Assessment of a Project-Based Learning in a Laboratory for Integrating Knowledge and Improving Engineering Design Skills. *Education for Chemical Engineers*, 40, 17–28. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2022.04.002>
- Hasanah, E., Suyatno, S., Maryani, I., Badar, M. I. Al, Fitria, Y., & Patmasari, L. (2022). Conceptual Model of Differentiated-Instruction (DI) Based on Teachers' Experiences in Indonesia. *Education Sciences*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/educsci12100650>

- Hernandez, E., Campos, E., Barniol, P., & Zavala, G. (2023). Students' conceptual understanding of electric flux and magnetic circulation. *Physical Review Physics Education Research*, 19(1), 013102. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.013102>
- Hotapeti, D., Kaushik, M., & Joshi, G. (2020). Influence of Demographic Background on Teamwork Ability: A Study. *Procedia Computer Science*, 172(2019), 370–375. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.05.057>
- Hu, M., Tan, Q., Knibbe, R., Xu, M., Liang, G., Zhou, J., Xu, J., Jiang, B., Li, X., Ramajayam, M., Dorin, T., & Zhang, M. X. (2024). Designing Unique and High-Performance Al Alloys via Machine Learning: Mitigating Data Bias Through Active Learning. *Computational Materials Science*, 244(July), 113204. <https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2024.113204>
- Huang, W., Li, X., & Shang, J. (2023). Gamified Project-Based Learning: A Systematic Review of the Research Landscape. *Sustainability*, 15(2), 940. <https://doi.org/10.3390/su15020940>
- Ilgaz, H., & Afacan Adanır, G. (2020). Providing Online Exams for Online Learners: Does it Really Matter for Them? *Education and Information Technologies*, 25(2), 1255–1269. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-10020-6>
- Jarrah, H. Y. (2023). Global Teaching Style Adaptations and Curriculum Adjustments for School Students During Covid-19. *Interactive Learning Environments*, 1–13. <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2186899>
- Kalantarion, M., Ahmady, S., Kallestrup, P., Katibeh, M., Sadoughi, M. M., Khajeali, N., & Faghihi, S. A. (2024). How to Create a Successful Mobile Learning Strategy for Medical Education During Lockdowns? *Journal of Education and Health Promotion*, 13(1), 1–8. https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_167_23
- Kalinich, M., Ebrahim, S., Hays, R., Melcher, J., Vaidyam, A., & Torous, J. (2022). Applying Machine Learning to Smartphone Based Cognitive and Sleep Assessments in Schizophrenia. *Schizophrenia Research: Cognition*, 27, 100216. <https://doi.org/10.1016/j.scog.2021.100216>
- Knox, S. (2022). Fostering Student Engagement in Virtual Entrepreneurship Education Environments. *International Journal of Management Education*, 20(3), 100705. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2022.100705>
- Korthals Altes, T., Willemse, M., Goei, S. L., & Ehren, M. (2024). Higher Education Teachers' Understandings of and Challenges for Inclusion and Inclusive Learning Environments: A Systematic Literature Review. *Educational Research Review*, 43(June 2023), 100605. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2024.100605>
- Lestari, P. D., & Mansyur, J. (2021). The Influence of the Online PhET Simulation-assisted using Direct Instruction on Student's Conceptual Understanding of Parabolic Motion. *Journal of Physics: Conference Series*, 2126(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2126/1/012013>
- Lin, C.-C., Pu, H.-C., Su, S.-J., & Lee, M.-S. (2021). A Concept Map-Based Remedial Learning System With Applications to the IEEE Floating-Point Standard and MIPS Encoding. *IEEE Transactions on Education*, 64(2), 147–154. <https://doi.org/10.1109/TE.2020.3019034>
- Liu, H. Y. (2020). Factors Affecting Nursing Students' Creativity in Taiwan: Exploring the Moderating Role of Creative Personality. *Nurse Education Today*, 88(May 2019), 104367. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2020.104367>
- Liu, Z., Gao, Y., Yang, Y., Kong, X., & Zhao, L. (2024). Exploring the Influence of Students' Perceptions of Face-To-Face Collaboration on Cognitive Engagement and Learning Outcomes in Collaborative Programming. *Acta Psychologica*, 248(July), 104393. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2024.104393>
- Mardhatillah, Kusumaningrum, S. R., Anggraini, A. E., Faizah, S., Ihsan, M. A. N., & Kasmini, L. (2024). Integration of Project-Based STEM Learning in the Meliuk Menerjang Material

- within the Emancipated Curriculum. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(SpecialIssue), 31–38. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10iSpecialIssue.7774>
- Marnewick, C. (2023). Student Experiences of Project-Based Learning in Agile Project Management Education. *Project Leadership and Society*, 4(March), 100096. <https://doi.org/10.1016/j.plas.2023.100096>
- Mathieu, R., Paige, S., Elizabeth, J., Annie, S., Duaa, L., & Elizabeth, A. (2024). Teaching Compassionate Based Behaviors Across Communication Partners to Students of Applied Behavior Analysis : A Preliminary Investigation of Comparative Effectiveness. *Discover Education*. <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00198-4>
- Meniado, J. C. (2023). Digital Language Teaching 5.0: Technologies, Trends and Competencies. *RELC Journal*, 54(2), 461–473. <https://doi.org/10.1177/00336882231160610>
- Mentzer, N. J., Isabell, T. M., & Mohandas, L. (2023). The Impact of Interactive Synchronous Hyflex Model on Student Academic Performance in a Large Active Learning Introductory College Design Course. *Journal of Computing in Higher Education*. <https://doi.org/10.1007/s12528-023-09369-y>
- Mursid, R., Saragih, A. H., & Hartono, R. (2022). The Effect of the Blended Project-based Learning Model and Creative Thinking Ability on Engineering Students' Learning Outcomes. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 10(1), 218–235. <https://doi.org/10.46328/ijemst.2244>
- Na, G. S., & Kim, H. W. (2024). Metaheuristics-Guided Active Learning for Optimizing Reaction Conditions of High-Performance Methane Conversion. *Applied Soft Computing*, 164(June 2023). <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2024.111935>
- Nicholus, G., Muwonge, C. M., & Joseph, N. (2023). The Role of Problem-Based Learning Approach in Teaching and Learning Physics: A Systematic Literature Review. *F1000Research*, 12, 951. <https://doi.org/10.12688/f1000research.136339.1>
- Nordahl-pedersen, H., & Heggolmen, K. (2024). How Can We Generate Ideas for a Project Event and How is this Process Experienced? Delving into Students' Learning Experiences and Perceptions of Usefulness in an Idea and Concept Development Process. *Procedia Computer Science*, 239, 1377–1386. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.06.309>
- Obeso, M., Pérez-Pérez, M., García-Piqueres, G., & Serrano-Bedia, A. M. (2023). Enhancing Students' Learning Outcomes Through Smartphones: A Case Study of Using Instagram in Higher Management Education. *International Journal of Management Education*, 21(3). <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2023.100885>
- Ojetunde, S. M., & Ramnarain, U. (2023). Applying 4IRs in Education Technology to Science Pedagogy: Effects and Students' Experience. *Smart Learning Environments*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00251-z>
- Pimdee, P., Sukkamart, A., Nantha, C., Kantathanawat, T., & Leekitchwatana, P. (2024). Enhancing Thai Student-Teacher Problem-Solving Skills and Academic Achievement Through a Blended Problem-Based Learning Approach in Online Flipped Classrooms. *Heliyon*, 10(7), e29172. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29172>
- Pouzergues, P. (2022). Multilevel Courses and Blended Learning – Tools for Pedagogical Differentiation and Promoting Student Autonomy. *European Journal of Applied Linguistics*, 10(2), 272–283. <https://doi.org/10.1515/eujal-2022-0007>
- Prediger, S., Dröse, J., Stahnke, R., & Ademmer, C. (2023). Teacher Expertise for Fostering at-Risk Students' Understanding of Basic Concepts: Conceptual Model and Evidence for Growth. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 26(4), 481–508. <https://doi.org/10.1007/s10857-022-09538-3>
- Radkowsch, A., Sommerhoff, D., Nickl, M., Codreanu, E., Ufer, S., & Seidel, T. (2023). Exploring the Diagnostic Process of Pre-Service Teachers Using a Simulation – A Latent Profile

- Approach. *Teaching and Teacher Education*, 130, 104172. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104172>
- Rarugal, J. P., & Sermona, N. L. D. (2024). Development and Evaluation of Remote Learning Management System using Intranet Network for Hinterland Schools. *Procedia Computer Science*, 234(2023), 1633–1641. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.03.167>
- Riivari, E., Kivijärvi, M., & Lämsä, A. M. (2021). Learning Teamwork Through a Computer Game: For the Sake of Performance or Collaborative Learning? *Educational Technology Research and Development*, 69(3), 1753–1771. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-10009-4>
- Saghafi, F., Blakey, N., Guinea, S., & Levett-Jones, T. (2024). Effectiveness of Simulation in Nursing Students' Critical Thinking Scores: A Pre-/Post-Test Study. *Clinical Simulation in Nursing*, 89, 101500. <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2023.101500>
- Santoso, P. H., Istiyono, E., & Haryanto. (2022). Physics Teachers' Perceptions about Their Judgments within Differentiated Learning Environments: A Case for the Implementation of Technology. *Education Sciences*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/educsci12090582>
- Sommerhoff, D., Codreanu, E., Nickl, M., Ufer, S., & Seidel, T. (2023). Pre-Service Teachers' Learning of Diagnostic Skills in a Video-based Simulation: Effects of Conceptual vs. Interconnecting Prompts on Judgment Accuracy and the Diagnostic Process. *Learning and Instruction*, 83(August 2022), 101689. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2022.101689>
- Soysal, Y., & Yilmaz-Tuzun, O. (2021). Relationships Between Teacher Discursive Moves and Middle School Students' Cognitive Contributions to Science Concepts. *Research in Science Education*, 51(September), 325–367. <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09881-1>
- Sulaiman, T. T., Mahomed, A. S. B., Rahman, A. A., & Hassan, M. (2022). Examining the Influence of the Pedagogical Beliefs on the Learning Management System usage Among University Lecturers in the Kurdistan Region of Iraq. *Heliyon*, 8(6), e09687. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09687>
- Tan, A. J. Y., Davies, J. L., Nicolson, R. I., & Karaminis, T. (2023). Learning Critical Thinking Skills Online: Can Precision Teaching Help? *Educational Technology Research and Development*, 71(3), 1275–1296. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10227-y>
- Teng, M. F., & Yue, M. (2023). Metacognitive Writing Strategies, Critical Thinking Skills, and Academic Writing Performance: A Structural Equation Modeling Approach. *Metacognition and Learning*, 18(1), 237–260. <https://doi.org/10.1007/s11409-022-09328-5>
- Toring, H., Legaspi, G., Omolon, J., Amadeo, R., Amadeo, E., Opolentisima, Q., Barina, V., Cacho, T., Illustrimo, F., & Cortes, S. (2023). Evaluation of Students' Satisfaction Toward an Adopted Learning Management System at Indiana Aerospace University: A Structural Equation Modelling Approach. *Asia Pacific Management Review*, 28(3), 336–346. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2022.12.002>
- Twizeyimana, E., Shyiramunda, T., Dufitumukiza, B., & Niyitegeka, G. (2024). Teaching and Learning Science as Inquiry: An Outlook of Teachers in Science Education. *SN Social Sciences*, 4(2). <https://doi.org/10.1007/s43545-024-00846-4>
- Vedawala, N. P., Thakrar, S. J., Thakrar, J. V., Patel, P. G., & Patel, Y. G. (2024). Six Thinking Hats Model Of Learning—Creative Teaching Method in Physiotherapy—A Pilot Study. *Journal of Education and Health Promotion*, 13(1), 1–6. https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_724_23
- Venkadasalam, V. P., Larsen, N. E., & Ganea, P. A. (2024). Promoting Scientific Understanding and Conceptual Change in Young Children Using Explanations and Guidance. *Developmental Psychology*, 60(4), 729–746. <https://doi.org/10.1037/dev0001672>
- Weng, X., Chiu, T. K. F., & Tsang, C. C. (2022). Promoting Student Creativity and Entrepreneurship Through Real-World Problem-Based Maker Education. *Thinking Skills and Creativity*, 45(April), 101046. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101046>

- Wijaya, T. P., & Mufit, F. (2023). The Five-Tier Multiple Choice Instruments in Parabolic Motion for Assessing Concept Understanding of High School Students. *Journal of Physics: Conference Series*, 2582(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2582/1/012041>
- Xiaolei, S., & Teng, M. F. (2024). Three-Wave Cross-Lagged Model on the Correlations Between Critical Thinking Skills, Self-Directed Learning Competency and AI-Assisted Writing. *Thinking Skills and Creativity*, 52(October 2023), 101524. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101524>
- Ye, W., & Li, M. (2024). Application of Iot Android Voice Assistant Based on Sensor Networks in Higher Education Network Mode. *Measurement: Sensors*, 33(March), 101091. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2024.101091>
- Yoel, S. R., Akiri, E., & Dori, Y. J. (2023). Fostering Graduate Students' Interpersonal Communication Skills via Online Group Interactions. *Journal of Science Education and Technology*, 32(6), 931–950. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09998-5>