

PEMODELAN PEMBELAJARAN PROBLEM BASED LEARNING BERBASIS ISU BENCANA UNTUK GURU IPA DI SMP MUHAMMADIYAH MERAUKE

Don Jaya Putra*, Aprilita Ekasari

Universitas Musamus, Merauke, Indonesia

*Penulis Korespondensi, email: djp@unmus.ac.id

Received: 02/10/2025

Revised: 13/10/2025

Accepted: 29/10/2025

Abstract. Merauke, as a region with a very large potential for flooding, requires early preparedness, one of which is through the integration of disaster mitigation education into school learning. This community service program aims to improve the capacity of science teachers at Muhammadiyah Merauke Middle School in modelling and implementing Problem-Based Learning (PBL) that utilises Artificial Intelligence (AI) technology, Educafe, and Curipod in the context of disaster issues. The implementation method includes a pretest, intensive training (workshop), independent practice mentoring, and a posttest. The training was attended by 10 teachers (3 science teachers and 7 non-science teachers) and 9 Physics education students from Musamus University as co-facilitators. The pretest results showed that teachers' understanding of disaster-based PBL and the use of AI in learning is still relatively low. The training focused on strengthening the concept of PBL, analysing the disaster context in Merauke, and practising using AI Education platforms such as AI Educafe and Curipod to design LKPD and interactive learning media provided by the AI education platform. Post-test results showed significant improvements in teachers' conceptual understanding and technical skills in designing learning. This activity concludes that the hybrid training model (theory, practice, and mentoring) is effective in improving teacher competency. Collaboration with students also creates a mutually beneficial learning ecosystem. Continued mentoring and the development of more contextual digital modules are recommended.

Keywords: artificial intelligence, disaster mitigation, problem based learning

Abstrak. Merauke sebagai wilayah yang memiliki potensi sangat besar terhadap bencana banjir memerlukan kesiapsiagaan sejak dini, salah satunya melalui integrasi pendidikan mitigasi bencana dalam pembelajaran di sekolah. Pengabdian ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas guru IPA SMP Muhammadiyah Merauke dalam memodelkan dan mengimplementasikan Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) yang memanfaatkan teknologi Artificial Intelligence (AI) Educafe dan Curipod dengan konteks isu kebencanaan. Metode pelaksanaan meliputi pretest, pelatihan intensif (workshop), pendampingan praktik mandiri, dan posttest. Pelatihan diikuti oleh 10 guru (3 guru IPA dan 7 guru non-IPA) serta 9 mahasiswa pendidikan Fisika Universitas Musamus sebagai co-fasilitator. Hasil pretest menunjukkan pemahaman guru tentang PBL berbasis bencana dan pemanfaatan AI dalam pembelajaran masih tergolong rendah. Pelatihan difokuskan pada penguatan konsep PBL, analisis konteks kebencanaan di Merauke, serta praktik penggunaan platform AI Edukasi seperti AI Educafe dan Curipod untuk mendesain LKPD dan media pembelajaran interaktif yang disediakan platform AI edukasi tersebut. Hasil posttest menunjukkan peningkatan signifikan dalam pemahaman konsep dan keterampilan teknis guru dalam mendesain pembelajaran. Simpulan dari kegiatan ini adalah model pelatihan hybrid (teori, praktik, pendampingan) efektif dalam meningkatkan kompetensi guru. Kolaborasi dengan mahasiswa juga menciptakan ekosistem pembelajaran yang saling menguntungkan. Disarankan adanya pendampingan berkelanjutan dan pengembangan modul digital yang lebih kontekstual.

Kata Kunci: artificial intelligence, mitigasi bencana, pembelajaran berbasis masalah

How to Cite: Putra, D. J. & Ekasari, A. (2025). PEMODELAN PEMBELAJARAN PROBLEM-BASED LEARNING BERBASIS ISU BENCANA UNTUK GURU IPA DI SMP MUHAMMADIYAH MERAUKE. *Mitra Mahajana: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(3) 321-326. doi: <https://doi.org/10.37478/mahajana.v6i3.6816>

PENDAHULUAN

Lanskap pendidikan abad ke-21 ditandai dengan dua tantangan sekaligus peluang besar: imperatif untuk membekali peserta didik dengan keterampilan memecahkan masalah kompleks dan kebutuhan mendesak untuk beradaptasi dengan percepatan transformasi digital. Di Indonesia, tantangan ini semakin mengemuka dalam konteks kerentanan terhadap bencana alam dan kesenjangan kompetensi guru dalam memanfaatkan teknologi untuk pembelajaran terutama dalam konteks mitigasi bencana di sekolah (Lestari et al., 2025). Kabupaten Merauke, Papua Selatan, merupakan mikro-kosmos yang merepresentasikan kondisi ini secara nyata.



Sebagai wilayah yang terpapar langsung oleh risiko bencana hidrometeorologi, seperti banjir, angin kencang, dan kekeringan, upaya membangun ketangguhan masyarakat melalui pendidikan menjadi sebuah keniscayaan (KemenPUPR, 2021). Namun, efektivitas pendidikan kebencanaan sangat bergantung pada kemampuan guru untuk merancang pengalaman belajar yang tidak hanya informatif tetapi juga kontekstual, partisipatif, dan relevan dengan kehidupan peserta didik. secara umum (Hidayat & Yatminiwati, 2023).

Integrasi pendidikan mitigasi bencana ke dalam kurikulum, khususnya mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), telah lama diakui sebagai strategi fundamental untuk menanamkan nilai-nilai keselamatan, kesiapsiagaan, dan ketangguhan sejak dini. IPA memberikan kerangka ilmiah yang ideal untuk memahami fenomena penyebab bencana, menganalisis risikonya, dan merancang solusi berbasis sains. Namun, realitas di lapangan seringkali menunjukkan bahwa pembelajaran topik-topik terkait bencana masih bersifat konvensional, didominasi oleh pendekatan ceramah dan hafalan, sehingga kurang mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah riil yang terjadi di masyarakat (Jaya Putra et al., 2024). Guru-guru, khususnya di daerah seperti Merauke, menghadapi kendala multidimensi, mulai dari keterbatasan akses terhadap sumber belajar inovatif, kurangnya pelatihan pedagogi kontemporer, hingga beban administratif yang tinggi, yang pada akhirnya menghambat kreativitas dalam merancang pembelajaran. Dalam menjawab tantangan pedagogis ini, *Problem Based Learning* (PBL) muncul sebagai model pembelajaran yang sangat relevan. PBL menempatkan peserta didik. pada situasi pemecahan masalah autentik dan tidak terstruktur, yang merangsang pembelajaran mandiri, kolaborasi, dan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Konteks kebencanaan di Merauke menyediakan masalah autentik yang sangat kaya untuk dijadikan sebagai "pemicu" (*trigger*) dalam PBL (Ekasari & Putra, 2024). Misalnya, peserta didik. dapat ditantang untuk menyelidiki faktor-faktor penyebab banjir di lingkungan sekitar mereka, menganalisis efektivitas sistem drainase yang ada, atau merancang *prototype* alat peringatan dini sederhana terkait isi bencana yang diagkat untuk diseselaikan. Pendekatan ini tidak hanya membuat pembelajaran IPA lebih bermakna, tetapi juga langsung berkontribusi pada peningkatan kesiapsiagaan peserta didik. dalam menghadapi bencana yang sewaktu-waktu dapat terjadi tanpa dapat diprediksi secara pasti (Putra et al., 2023).

Di sisi lain, revolusi industri 4.0 telah membawa teknologi Kecerdasan Artifisial (AI) ke garda depan inovasi pendidikan. Teknologi AI generatif menawarkan potensi disruptif untuk memberdayakan guru, bukan untuk menggantikan peran mereka. Platform AI edukasi, seperti AI Educafe dan Curipod, dapat berfungsi sebagai asisten personal bagi guru untuk mengatasi kendala waktu dan sumber daya (Tan et al., 2025). Guru dapat memanfaatkannya untuk menghasilkan skenario PBL yang kreatif, menyusun Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang diferensiasi, serta membuat media presentasi dan kuis interaktif yang menarik hanya dalam hitungan menit. Konvergensi antara model pedagogi inovatif seperti PBL dan kekuatan teknologi AI menciptakan sinergi yang potensial untuk mentransformasi pembelajaran dari yang pasif menjadi dinamis dan berpusat pada peserta didik. sehingga dapat menciptakan suasana belajar yang lebih bermakna dan berdampak langsung pada peningkatan kompetensi peserta didik (Holmes & Porayska-Pomsta, 2022).

Namun, celah antara potensi teknologi dan praktik aktual di kelas masih lebar. Berdasarkan observasi awal dan diskusi dengan guru-guru di SMP Muhammadiyah Merauke, terungkap bahwa mayoritas guru belum memiliki pengalaman dalam menerapkan PBL secara sistematis. Selain itu, pemahaman dan keterampilan dalam memanfaatkan alat-alat digital, khususnya AI untuk pendidikan, masih sangat terbatas. Pembelajaran mitigasi bencana, jika ada, cenderung bersifat insidental dan tekstual dan hanya bersifat hafalan. Kondisi ini mengindikasikan perlunya intervensi yang komprehensif untuk membangun kapasitas guru secara simultan dalam domain pedagogi, teknologi, dan konten kebencanaan sehingga pembelajaran terintegrasi dengan teknologi dapat dihadirkan dalam konteks nyata di lingkungan pendidikan sekolah.

Oleh karena itu, kegiatan pengabdian masyarakat ini dirancang untuk menjawab kesenjangan tersebut melalui program bertajuk "Pemodelan Pembelajaran Problem Based

Learning Berbasis Isu Bencana untuk Guru IPA di SMP Muhammadiyah Merauke". Program ini tidak sekadar pelatihan satu arah, melainkan upaya membangun komunitas praktisi yang kolaboratif antara akademisi (dosen dan mahasiswa) dengan praktisi pendidikan (guru). Adapun tujuan spesifik dari pengabdian ini adalah: (1) Meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan praktis guru dalam merancang dan mengimplementasikan model PBL dengan konteks isu kebencanaan local di Merauke terutama isu bencana banjir yang sering melanda Merauke; (2) Melatih guru untuk secara efektif memanfaatkan platform AI Educafe dan Curipod sebagai alat bantu dalam mendesain perangkat pembelajaran PBL yang interaktif dan menarik; (3) Membentuk jejaring dan komitmen berkelanjutan antara guru, mahasiswa, dan universitas untuk bersama-sama mengembangkan inovasi pembelajaran yang kontekstual. Dengan demikian, kegiatan ini diharapkan tidak hanya menjadi titik awal peningkatan kompetensi guru, tetapi juga menjadi katalis bagi terwujudnya pembelajaran IPA yang relevan, adaptif, dan bermakna bagi peserta didik. di Kabupaten Merauke (Putra & Rahman, 2019).

METODE PELAKSANAAN

Jenis kegiatan ini adalah pengabdian masyarakat. Lokasi kegiatan pengabdian adalah SMP Muhammadiyah Merauke yang beralamat di jalan Tarawakai Spadem Distrik Merauke, Kabupaten Merauke, Papua Selatan. Waktu pelaksanaan adalah 22 Agustus hingga 7 Oktober 2025. Partisipan pada kegiatan pengabdian ini terdiri dari 10 Orang Guru SMP Muhammadiyah Merauke (3 guru IPA dan 7 guru mata pelajaran lain sebagai peserta audisi umum) dan 9 Orang Mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Musamus yang bertindak sebagai asisten fasilitator.

Tahapan Kegiatan

Kegiatan dilaksanakan dalam empat tahap utama. *Pertama*, tahap persiapan (22-25 Agustus 2025). Pada tahapan ini tim pengabdian melakukan koordinasi dengan pihak sekolah, observasi kebutuhan, dan penyusunan instrumen pretest. *Kedua*, tahap *pretest* dan pelatihan intensif (26 Agustus- 19 September 2025). Tahap pretest dilakukan sebelum pelatihan untuk mengukur pengetahuan awal guru mengenai PBL, mitigasi bencana, dan pemanfaatan AI dalam pembelajaran. Workshop pelatihan selama 2 hari efektif yang mencakup 5 materi pokok yaitu; (1) Konsep dasar PBL dan integrasi isu kebencanaan Merauke, (2) Teknik identifikasi dan analisis masalah bencana sebagai trigger PBL. (3) Praktik penggunaan AI Educafe untuk generating scenario PBL dan lembar kerja peserta didik. (4) Praktik penggunaan Curipod untuk membuat presentasi dan kuis interaktif bertema mitigasi bencana. (5) Simulasi dan microteaching rancangan pembelajaran PBL mitigasi bencana banjir. *Ketiga*, tahap pendampingan dan praktik mandiri (22 September - 3 Oktober 2025). Pada tahap ini guru didampingi oleh tim pengabdian dan mahasiswa untuk mengaplikasikan pengetahuan yang diperoleh dengan merancang Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) dan media pembelajaran untuk topik tertentu. Mahasiswa berperan sebagai mitra kolaboratif. Keempat, tahap posttest dan evaluasi (6-7 Oktober 2025). Pada tahap ini dilakukan *posttest* sebagai instrumen evaluasi dari kegiatan pengabdian yang sudah dilaksanakan. *Posttest* dilakukan untuk mengukur peningkatan pemahaman dan keterampilan guru setelah mengikuti seluruh rangkaian kegiatan. Evaluasi program dilaksanakan untuk melakukan refleksi bersama partisipan untuk mengevaluasi keberhasilan dan hambatan selama kegiatan.

Instrumen Pengumpulan Data

Pada kegiatan pengabdian ini data dikumpulkan melalui beberapa metode sebagai berikut; **Tes**; soal pretest dan posttest berbentuk pilihan ganda dan essay terkait materi pelatihan. **Lembar observasi**; disusun untuk mengamati aktivitas dan partisipasi guru selama pelatihan dan pendampingan. **Dokumentasi**; dokumentasi berupa foto, video, dan hasil karya guru (RPP dan media pembelajaran).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil *Pretest* untuk Pemetaan Kondisi Awal

Hasil *pretest* mengungkap beberapa temuan kunci. Pertama, 90% guru menyatakan belum pernah secara sengaja merancang pembelajaran menggunakan model PBL yang terstruktur. Kedua, seluruh guru (100%) mengaku belum pernah menggunakan platform AI seperti AI Educafe dan Curipod. Ketiga, meskipun *aware* terhadap potensi bencana di Merauke, integrasi materi mitigasi bencana dalam pembelajaran IPA masih bersifat insidental dan tekstual, seperti menyampaikan definisi banjir tanpa dikaitkan dengan analisis penyebab dan solusi di lingkungan sekitar.

Dinamika Pelaksanaan Pelatihan

Pelatihan berjalan dengan partisipasi aktif. Pada sesi konsep PBL, guru antusias mendiskusikan potensi masalah kebencanaan di Merauke yang dapat diangkat, seperti penyebab banjir di daerah tertentu atau mitigasi angin kencang yang sering terjadi di Kabupaten Merauke. Keikutsertaan guru non-IPA justru memperkaya perspektif, misalnya guru Bahasa Indonesia yang memberikan masukan tentang teknik penyusunan laporan investigasi peserta didik. dalam proyek PBL. Sesi praktik AI menjadi puncak antusiasme. Guru diajak langsung membuat akun dan mengeksplorasi fitur AI Educafe untuk menghasilkan skenario PBL tentang "Mendesain Sistem Peringatan Dini Sederhana untuk Banjir". Kemudian, dengan Curipod, guru belajar membuat slide presentasi yang disisipi kuis interaktif dan *polling* langsung. Peran mahasiswa sebagai *co-fasilitator* sangat membantu dalam pendampingan *one-on-one*, terutama bagi guru yang kurang terampil secara teknis. Kolaborasi ini menciptakan dinamika pembelajaran *peer-to-peer* yang efektif.

Hasil *Posttest* dan Capaian Kegiatan

Analisis perbandingan *pretest* dan *posttest* menunjukkan peningkatan yang signifikan. Rata-rata nilai *pretest* adalah 45,2, sedangkan rata-rata nilai *posttest* meningkat menjadi 82,5. Peningkatan tertinggi terlihat pada indikator pemahaman langkah-langkah PBL (dari 30% menjadi 85%) dan kemampuan menggunakan fitur dasar AI Educafe & Curipod (dari 0% menjadi 80%). Selain peningkatan kognitif, capaian nyata dari kegiatan ini adalah terhimpunnya 3 buah RPP IPA lengkap dengan LKPD berbasis PBL yang mengintegrasikan isu kebencanaan lokal Merauke. Media pembelajaran interaktif yang dibuat dengan Curipod juga telah dihasilkan dan siap diujicobakan di kelas. Guru-guru non-IPA yang terlibat juga menyatakan tertarik untuk mengadaptasi model ini pada mata pelajaran mereka, seperti dalam proyek menulis cerita inspiratif tentang pengalaman menghadapi bencana.



Gambar 1. Workshop pendampingan pembelajaran PBL berbantuan AI untuk isu bencana di SMP Muhammadiyah Merauke

Hasil Penelitian dan Pengabdian Terdahulu yang Relevan

Penelitian dan kegiatan pengabdian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan Problem Based Learning (PBL) yang dikontekstualisasikan dengan isu kebencanaan terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis, literasi sains, serta kesadaran mitigasi bencana pada peserta didik. (Masocha et al., 2025) menegaskan integrasi pendidikan kebencanaan dalam kurikulum sekolah di Indonesia mampu membentuk budaya kesiapsiagaan sejak dini. Sementara itu, penelitian oleh (Lestari et al., 2025) menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis sains dengan konteks kebencanaan secara signifikan meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa.

Dalam konteks pengembangan profesional guru, (Partini & Hidayat, 2024) menemukan bahwa pelatihan berbasis *local wisdom* dalam pendidikan bencana dapat meningkatkan efektivitas guru dalam mengembangkan materi kontekstual. Temuan serupa dilaporkan oleh (Auliah et al., 2023) bahwa hambatan utama guru dalam menerapkan PBL bukan pada pemahaman teoritis, melainkan pada kemampuan mendesain kegiatan belajar yang autentik dan kontekstual. Oleh karena itu, pendampingan intensif dan kolaboratif seperti yang dilakukan dalam program ini menjadi kunci keberhasilan.

Selain itu, pengabdian yang dilakukan oleh (Nurcholis & Putra, 2025) menunjukkan efektivitas pendekatan *co-facilitation* antara dosen, mahasiswa, dan guru dalam meningkatkan kapasitas kepemimpinan dan kolaborasi di sekolah. Pendekatan ini sejalan dengan model yang diterapkan dalam kegiatan di SMP Muhammadiyah Merauke, di mana mahasiswa berperan sebagai mitra fasilitator guru. Dari sisi pemanfaatan teknologi, (Al Abri et al., 2025) menemukan bahwa penerapan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) dalam perancangan pembelajaran meningkatkan efisiensi guru dalam menyiapkan bahan ajar dan memungkinkan pembelajaran yang lebih adaptif. Oleh karena itu, kombinasi PBL dan teknologi AI, sebagaimana diterapkan dalam pengabdian ini, memiliki dasar empiris yang kuat dalam literatur terbaru sebagai strategi inovatif pengembangan kompetensi guru abad ke-21.

KESIMPULAN DAN TINDAK LANJUT

Kegiatan pengabdian ini telah berhasil meningkatkan kompetensi pedagogik dan technological knowledge guru. Model pelatihan yang menggabungkan pendekatan teoritis, praktik langsung, pendampingan kolaboratif dengan mahasiswa, serta kontekstualisasi isu lokal terbukti efektif. Guru tidak hanya memahami konsep PBL tetapi juga memiliki keterampilan teknis untuk memanfaatkan AI sebagai alat bantu dalam menciptakan pembelajaran yang relevan dan menarik, khususnya dalam konteks pendidikan mitigasi bencana. Berdasarkan refleksi selama kegiatan, diajukan beberapa saran, (1) Bagi Sekolah dan Guru. Perlu komitmen untuk mengimplementasikan RPP yang telah dibuat dan menyebarluaskan pengetahuan yang diperoleh kepada guru lainnya. Disarankan membentuk "Kelompok Kerja Guru (KKG)" berbasis TIK dan inovasi pembelajaran. (2) Bagi Universitas. Perlu dirancang program pendampingan berkelanjutan (*follow-up*) untuk memastikan keberlanjutan inovasi. Kolaborasi dengan mahasiswa melalui program KKN tematik atau magang dapat diperkuat. (3) Bagi penelitian lanjutan. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengukur efektivitas implementasi PBL berbasis AI ini terhadap hasil belajar dan kesadaran mitigasi bencana peserta didik.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Abri, M., Al Mamari, A., & Al Marzouqi, Z. (2025). Exploring the implications of generative-AI tools in teaching and learning practices. *Journal of Education and E-Learning Research*, 12(1), 31–41. <https://doi.org/10.20448/jeelr.v12i1.6355>
- Auliah, F. N., Febriyanti, N., & Rustini, T. (2023). Analisis Hambatan Guru dalam Penerapan Model Problem Based Learning. *Journal on Education*, 5(2), 2025–2033. DOI:

- <https://doi.org/10.31004/joe.v5i2.846>
- Ekasari, A., & Putra, D. J. (2024). Error Analysis of Learners' Problem-Solving Abilities in Mathematics Courses: A Newman Error Analysis (NEA) Approach. *Jurnal Pendidikan Sains*, 12(1), 44–49. <https://doi.org/10.17977/jps.v12i12024p044>
- Hidayat, Z., & Yatminiwati, M. (2023). The Role of Local Wisdom-Based Disaster Education and Training Through Education Levels in Disaster-Prone Areas. *International Journal of Accounting and Management Research*, 4(1), 1–8. <https://doi.org/10.30741/ijamr.v4i1.991>
- Holmes, W., & Porayska-Pomsta, K. (2022). Artificial intelligence in education: Contexts, methods and implications for teaching and learning. *Journal of Learning Analytics*, 9(1), 1–20.
- Jaya Putra, D., Algiranto, A., Ekasari, A., & Inyang, F. (2024). Analysis of the Quality of Physics Textbooks in the 2013 Curriculum and the Independent Curriculum. *EduFisika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(2), 226–238. <https://doi.org/10.59052/edufisika.v9i2.36876>
- KemenPUPR. (2021). Modul 07 Penanggulangan Bencana Banjir Tahun 2021. *Pusat Pengembangan Kompetensi Sumber Daya Air Dan Pemukiman*, 6. Jakarta: Kementrian PUPR
- Lestari, W., Dwiningrum, S. I. A., Sujarwo, Azhari, I., & Damanik, I. H. (2025). Evaluating the effectiveness of local wisdom-based disaster mitigation education in primary schools. *Edelweiss Applied Science and Technology*, 9(5), 2074–2091. <https://doi.org/10.55214/25768484.v9i5.7380>
- Masocha, W., Takaidza, N., Manyani, A., & Mutseekwa, C. (2025). Disaster risk reduction integration into school curriculum: A global analysis. *European Journal of Sustainable Development Research*, 9(1). <https://doi.org/10.29333/ejosdr/15820>
- Nurcholis, D., & Putra, D. J. (2025). *Pelatihan Kepemimpinan Dasar bagi Ikatan Pelajar Muhammadiyah SMA Plus Muhammadiyah Merauke sebagai Upaya Meningkatkan Kapasitas Organisasi Siswa*. 1(5), 1124–1131.
- Partini, D., & Hidayat, A. N. (2024). Disaster risk reduction efforts through education in Indonesia: A literature review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1314(1), 0–10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1314/1/012049>
- Putra, D. J., & Rahman, Z. (2019). The role of guidance and counseling teacher in solving students' learning difficulties in physics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1321(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1321/3/032056>
- Putra, D. J., Simbolon, M., & Ekasari, M. (2023). Analysis of Scientific Literacy Ability of Students of The Physics Education Study Program at Musamus University. *Technium Social Sciences Journal*, 49(1), 417–422. <https://doi.org/10.47577/tssj.v49i1.9835>
- Tan, X., Cheng, G., & Ling, M. H. (2025). Artificial intelligence in teaching and teacher professional development: A systematic review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 100355. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100355>