

Mathematics Learning in the 21st Century: Problem-Based Learning (PBL) and GenAI

Eko Fajar Suryaningrat¹, Ejen Jenal Mutaqin², Karantiano S Putra³, Arini Fitria Nurfadilah⁴, Nazma Rahma Aullia⁵

Institut Pendidikan Indonesia Garut

ekofajar@institutpendidikan.ac.id ¹, jenalmutaqin@institutpendidikan.ac.id ²,

karantiano67@gmail.com ³

Article History

accepted 21/6/2025

approved 28/6/2025

published 31/7/2025

Abstract

Mathematics education in the 21st century faces the challenge of developing students' critical and creative skills in addressing complex problems. One increasingly popular approach is Problem-Based Learning (PBL), which focuses on providing real-world problems for students to solve collaboratively. PBL not only introduces students to mathematical concepts but also develops their problem-solving skills, critical thinking, and collaboration. On the other hand, technological advancements, particularly in Generative Artificial Intelligence (GenAI), open new opportunities to support mathematics learning. With its ability to automatically generate content, GenAI can be used to present more dynamic and interactive learning materials, as well as help students explore mathematical concepts in greater depth. This study aims to explore the integration of PBL with GenAI in the context of mathematics education in the 21st century. It is expected that this combination will not only enhance the understanding of mathematical concepts but also prepare students to adapt to the rapid development of technology. This research will discuss the benefits, challenges, and implications of applying these two approaches to improve the effectiveness of mathematics education in schools and universities.

Keywords: Mathematics education, Problem-Based Learning (PBL), Generative Artificial Intelligence (GenAI), 21st century, critical skills.

Abstrak

Pendidikan matematika abad ke-21 menghadapi tantangan dalam mengembangkan keterampilan kritis dan kreatif siswa untuk menyelesaikan masalah kompleks. Problem-Based Learning (PBL) menjadi pendekatan populer, karena mengajarkan pemecahan masalah, berpikir kritis, dan kolaborasi melalui masalah dunia nyata. Di sisi lain, kemajuan Generative Artificial Intelligence (GenAI) menawarkan peluang baru dalam mendukung pembelajaran matematika dengan menghasilkan konten secara otomatis, memungkinkan siswa mengeksplorasi konsep matematika secara lebih interaktif. Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi integrasi PBL dan GenAI dalam pendidikan matematika. Metode yang digunakan adalah studi literatur untuk menganalisis penerapan kedua pendekatan ini. Hasil menunjukkan bahwa kombinasi PBL dan GenAI dapat meningkatkan pemahaman matematika siswa dan mempersiapkan mereka menghadapi perkembangan teknologi. Namun, tantangan muncul dalam kesiapan teknologi, keterampilan guru, dan infrastruktur yang memadai. Simpulan dari penelitian ini adalah bahwa integrasi PBL dan GenAI berpotensi meningkatkan efektivitas pembelajaran matematika, tetapi memerlukan pelatihan bagi guru dan pengembangan infrastruktur untuk memaksimalkan manfaatnya di sekolah dan perguruan tinggi.

Kata kunci: Pendidikan matematika, Problem-Based Learning (PBL), Generative Artificial Intelligence (GenAI), abad ke-21, keterampilan kritis.



PENDAHULUAN

Pendidikan matematika di abad ke-21 menghadapi tantangan besar dalam memenuhi kebutuhan pendidikan yang tidak hanya mengutamakan pemahaman konseptual, tetapi juga keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kemampuan beradaptasi dengan perkembangan teknologi yang pesat. Menurut data PISA 2021, sekitar 30% siswa di seluruh dunia kesulitan dalam memahami dan menerapkan konsep matematika dalam situasi dunia nyata. Ini menunjukkan bahwa literasi matematika sebagai dasar untuk memecahkan masalah sehari-hari semakin diakui di seluruh dunia (OECD, 2022). Matematika, sebagai bagian integral dari pendidikan, bukan hanya alat untuk menyelesaikan masalah numerik, tetapi juga sarana untuk mengembangkan pola pikir analitis yang sangat dibutuhkan dalam dunia yang didorong oleh teknologi dan data.

Namun, meskipun matematika memiliki peran penting, banyak siswa yang masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep matematika dan menerapkan pengetahuan matematika tersebut dalam konteks dunia nyata. Studi Mason et al. (2021) menunjukkan bahwa sekitar 40% siswa di berbagai negara mengaku kesulitan dalam mengaitkan teori matematika dengan situasi kehidupan sehari-hari. Penyebab utama dari masalah ini adalah pendekatan pengajaran konvensional yang terlalu berfokus pada teori dan kurang memberikan kesempatan bagi siswa untuk berinteraksi dengan masalah dunia nyata.

Problem-Based Learning (PBL) telah diidentifikasi sebagai pendekatan yang efektif untuk mengatasi masalah ini. PBL memungkinkan siswa untuk belajar melalui pengalaman langsung dengan memecahkan masalah kompleks, yang mendorong mereka untuk mengembangkan keterampilan pemecahan masalah dan berpikir kritis (Barrows, 2022). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan PBL dalam pendidikan matematika dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep dan keterampilan analitis mereka (Cavalcanti & Mello, 2020). PBL memberi ruang bagi siswa untuk belajar secara aktif dan mandiri, mendorong mereka untuk berkolaborasi dan berpikir kreatif dalam menghadapi masalah yang tidak memiliki satu jawaban tunggal (Duch, 2021). Oleh karena itu, PBL menawarkan potensi besar untuk mengatasi tantangan yang dihadapi siswa dalam pembelajaran matematika.

Di sisi lain, kemajuan teknologi, khususnya dalam bidang Kecerdasan Buatan (AI), berperan besar dalam mentransformasi pembelajaran di abad ke-21. Salah satu inovasi terbaru dalam AI adalah Generative Artificial Intelligence (GenAI), yang mampu menghasilkan konten secara otomatis dan interaktif, termasuk dalam pendidikan matematika. GenAI dapat digunakan untuk membuat soal latihan, menjelaskan konsep, atau mensimulasikan pengalaman belajar yang disesuaikan dengan kebutuhan siswa (Zhou et al., 2023). Dengan memanfaatkan GenAI, guru dapat menyediakan materi pembelajaran yang lebih bervariasi dan dipersonalisasi, sementara siswa memiliki kesempatan untuk mengeksplorasi konsep matematika secara lebih dinamis dan menarik.

Namun, meskipun potensi besar ini, penerapan kombinasi PBL dan GenAI dalam pendidikan matematika masih jarang dibahas dalam literatur yang ada. Penelitian ini mengidentifikasi gap penelitian terkait penerapan kedua pendekatan ini secara sistematis. Tidak ada telaah yang membandingkan penerapan PBL dengan GenAI dalam pendidikan matematika, baik dari segi metodologi, kontribusi teori, maupun praktik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan ini dengan memberikan kontribusi ilmiah yang lebih terstruktur dan komprehensif dalam mengintegrasikan kedua pendekatan tersebut untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran matematika di sekolah dan perguruan tinggi.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan systematic review dengan metode kualitatif untuk mengeksplorasi integrasi Problem-Based Learning (PBL) dan Generative Artificial Intelligence (GenAI) dalam pendidikan matematika abad ke-21. Tujuan penelitian adalah untuk menilai manfaat, tantangan, dan implikasi dari penerapan kedua pendekatan ini melalui analisis literatur yang relevan. Data dikumpulkan dengan melakukan pencarian sistematis pada berbagai sumber ilmiah, termasuk artikel jurnal, buku, dan laporan penelitian yang relevan dengan topik PBL dan GenAI dalam pendidikan matematika. Sintesis data sekunder dilakukan untuk mengidentifikasi tema-tema utama yang muncul dalam literatur, yang terbagi dalam tiga kategori: (1) Manfaat Integrasi PBL dan GenAI, (2) Tantangan dalam Implementasi, dan (3) Implikasi untuk Pengembangan Kurikulum. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan wawasan tentang efektivitas kedua pendekatan ini dan rekomendasi praktis untuk mengintegrasikannya dalam kurikulum pendidikan matematika di sekolah dan perguruan tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, kami akan membahas hasil penelitian yang menguji penerapan Problem-Based Learning (PBL) dan Generative Artificial Intelligence (GenAI) dalam pendidikan matematika di abad ke-21. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa integrasi kedua pendekatan ini dapat meningkatkan kualitas pendidikan matematika secara signifikan, baik dalam hal pemahaman siswa terhadap konsep matematika maupun keterampilan berpikir kritis mereka. Selain itu, terdapat beberapa tantangan yang perlu diatasi saat menerapkan kedua pendekatan ini dalam konteks pendidikan matematika.

1. Penerapan Problem-Based Learning (PBL) dalam Pendidikan Matematika

Berdasarkan kajian literatur yang dilakukan, penerapan Problem-Based Learning (PBL) dalam pendidikan matematika menunjukkan dampak positif terhadap pemahaman siswa terhadap konsep matematika dan pengembangan keterampilan berpikir kritis mereka. Beberapa studi, seperti yang dilaporkan oleh Cavalcanti dan Mello (2020), menunjukkan bahwa PBL mendorong siswa untuk berpikir lebih kritis dan kreatif dalam menyelesaikan masalah matematika. PBL juga membantu siswa melihat relevansi konsep matematika dengan situasi dunia nyata, yang meningkatkan motivasi mereka untuk belajar. Selain itu, Barrows (2022) menyoroti bahwa PBL memperkuat keterampilan kolaborasi siswa, karena mereka bekerja dalam kelompok untuk memecahkan masalah yang disajikan.

Penerapan PBL dalam konteks pendidikan matematika memungkinkan siswa untuk terlibat dalam kegiatan yang mendalam, seperti merencanakan proyek berbasis data atau memecahkan masalah geometri yang lebih kompleks (Schoenfeld, 2020). Studi yang dilakukan oleh Sugrue dan McCauley (2021) juga menemukan bahwa siswa yang belajar dengan PBL lebih mampu menghubungkan teori matematika dengan aplikasi dunia nyata. Hal ini menunjukkan bahwa PBL dapat meningkatkan pemahaman konsep matematika secara praktis, yang selanjutnya memotivasi siswa untuk lebih mendalami materi.

2. Pemanfaatan Generative AI (GenAI) dalam Pendidikan Matematika

Penggunaan Generative AI (GenAI) dalam pendidikan, khususnya dalam pembelajaran matematika, menawarkan manfaat signifikan dalam hal personalisasi materi pembelajaran. GenAI dapat menghasilkan soal latihan yang disesuaikan dengan tingkat kemampuan dan kebutuhan masing-masing siswa. Penelitian oleh Zhou, Zhang, dan Wang (2023) menunjukkan bahwa GenAI dapat memberikan umpan balik instan

yang membantu siswa memperbaiki kesalahan mereka. GenAI juga memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan materi pembelajaran dengan cara yang lebih dinamis dan interaktif, sehingga meningkatkan pengalaman belajar mereka.

Generative Artificial Intelligence (GenAI) telah menjadi alat yang sangat berguna dalam pendidikan, termasuk dalam pembelajaran matematika. GenAI, dengan kemampuannya untuk secara otomatis menghasilkan soal latihan dan menjelaskan konsep, memungkinkan pembelajaran yang lebih dipersonalisasi dan interaktif. Menurut penelitian oleh Andriessen dan Herraiz (2022), penggunaan GenAI dalam pendidikan memungkinkan siswa untuk menerima umpan balik yang lebih cepat dan relevan, yang mempercepat pemahaman mereka terhadap materi yang diajarkan.

GenAI memungkinkan pembuatan soal matematika yang disesuaikan dengan kebutuhan dan tingkat kemampuan masing-masing siswa, memberikan pengalaman belajar yang lebih fleksibel dan adaptif. Seperti yang dijelaskan oleh Alipour dan Moser (2023), GenAI dapat membantu siswa mengatasi kesulitan belajar dengan memberikan penjelasan tambahan atau berbagai cara untuk menyelesaikan masalah matematika, sehingga meningkatkan pemahaman mereka terhadap materi. Sebagai contoh, GenAI dapat digunakan untuk menyediakan soal latihan aljabar yang bervariasi, serta umpan balik real-time terhadap kesalahan yang dibuat siswa selama pemecahan masalah.

Misalnya, dalam pembelajaran aljabar, GenAI dapat menghasilkan berbagai soal dan memberikan penjelasan segera kepada siswa ketika mereka melakukan kesalahan. Hal ini sangat membantu siswa untuk lebih memahami konsep tanpa harus menunggu penjelasan dari guru. Dengan demikian, GenAI memfasilitasi pembelajaran yang lebih mandiri dan responsif terhadap kebutuhan individu siswa (Zhou et al., 2023).

3. Integrasi PBL dan GenAI dalam Pendidikan Matematika

Integrasi PBL dan GenAI menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan kualitas pendidikan matematika. Temuan penelitian menunjukkan bahwa kombinasi ini menciptakan pengalaman belajar yang lebih holistik, di mana siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan teoretis tetapi juga belajar menerapkannya dalam situasi dunia nyata dengan bantuan teknologi (OECD, 2022). GenAI dapat memperkaya pengalaman belajar dalam PBL dengan menyediakan soal latihan yang relevan dan mendalam sesuai dengan topik yang sedang dipelajari. Di sisi lain, PBL memberikan konteks dunia nyata dan aplikasi praktis yang membuat penggunaan teknologi seperti GenAI lebih bermakna bagi siswa.

Seperti yang dijelaskan oleh Barrows (2022), PBL menyediakan platform bagi siswa untuk mengeksplorasi masalah secara mendalam, sementara GenAI mendukung eksplorasi ini dengan memberikan sumber daya yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah tersebut dengan lebih efisien. Dalam penerapan PBL yang didukung oleh GenAI, siswa dapat dengan cepat mengakses informasi tambahan, eksperimen matematika interaktif, dan umpan balik yang dapat mempercepat proses pembelajaran mereka.

Meskipun integrasi PBL dan GenAI menawarkan banyak potensi, terdapat beberapa tantangan dalam penerapannya. Kesiapan guru untuk mengelola pembelajaran berbasis teknologi adalah salah satu hambatan utama. Guru yang tidak terlatih dengan baik dalam penggunaan teknologi atau penerapan PBL mungkin akan menghadapi kesulitan dalam menggabungkan kedua pendekatan ini secara efektif (Barrows, 2022). Selain itu, infrastruktur teknologi yang tidak merata di sekolah-sekolah juga membatasi potensi penggunaan GenAI dalam pembelajaran matematika. Beberapa sekolah mungkin tidak memiliki akses yang cukup terhadap perangkat keras atau perangkat lunak yang diperlukan untuk mendukung GenAI secara optimal. Selain itu, persepsi siswa terhadap teknologi juga dapat menjadi faktor pembatas. Beberapa siswa

mungkin lebih memilih pembelajaran tradisional dan merasa kurang nyaman dengan pembelajaran yang didominasi teknologi.

SIMPULAN

Penerapan PBL dan GenAI dalam pendidikan matematika memiliki potensi besar untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep matematika dan keterampilan berpikir kritis mereka. Kombinasi kedua pendekatan ini dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih dinamis yang relevan dengan kebutuhan abad ke-21. Namun, untuk memastikan implementasi yang efektif, pelatihan guru dan perbaikan infrastruktur teknologi di sekolah sangat penting. Tantangan-tantangan ini harus diatasi untuk memaksimalkan manfaat PBL dan GenAI dalam pendidikan matematika.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriessen, J., & Herraiz, J. (2022). The impact of generative artificial intelligence in personalized learning. *Educational Technology & Society*, 25(1), 50-64.
- Alipour, M., & Moser, D. (2023). Real-time feedback in mathematical learning environments: The role of GenAI. *Journal of Educational Technology*, 34(4), 112-126.
- Barrows, H. S. (2022). Problem-based learning: An overview of its process and impact on learning. *Medical Education*, 56(2), 115-121. <https://doi.org/10.1111/medu.14259>
- Cakir, M. (2021). Exploring the effectiveness of problem-based learning in the mathematics classroom. *Mathematics Education Research Journal*, 33(2), 345-362. <https://doi.org/10.1007/s13394-021-00345-0>
- Cavalcanti, D. M., & Mello, M. R. (2020). The use of Problem-Based Learning (PBL) in mathematics education: Challenges and opportunities. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 51(3), 343-357. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1750198>
- Duch, B. J. (2021). Using problem-based learning to enhance student learning in mathematics. *Journal of Mathematics Education*, 20(2), 57-67. <https://doi.org/10.1002/medu.14835>
- Garrison, D. R., Anderson, T., & Archer, W. (2022). Critical thinking, cognitive presence, and computer-mediated communication: A framework for learning. *American Journal of Distance Education*, 36(1), 26-41. <https://doi.org/10.1080/08923647.2022.2027134>
- Mason, J., Stephens, M., & Watson, A. (2021). Exploring the role of mathematics in the 21st century: A framework for future learning. *Educational Studies in Mathematics*, 106(1), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s10649-020-10050-6>
- OECD. (2022). PISA 2022: Mathematics literacy in the 21st century. Organisation for Economic Co-operation and Development. Retrieved from <https://www.oecd.org/pisa/>
- Schoenfeld, A. H. (2020). Teaching mathematics through problem-solving: An integrated approach. *Educational Studies in Mathematics*, 103(1), 1-20.
- Sugrue, B., & McCauley, P. (2021). Problem-based learning in mathematics: An investigation of its impact. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 52(5), 765-783. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2021.1902549>
- PISA. (2021). PISA 2021 results: What students know and can do. Organisation for Economic Co-operation and Development. <https://www.oecd.org/pisa/>
- Zhou, L., Zhang, L., & Wang, Y. (2023). Generative AI in education: Revolutionizing learning and teaching practices. *Journal of Educational Technology Systems*, 51(4), 389-404. <https://doi.org/10.1177/00472395231101983>