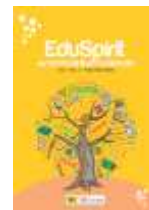


Published online on the page : <https://journal.makwafoundation.org/index.php/eduspirit>**EduSpirit : Jurnal Pendidikan Kolaboratif**

| ISSN (Online) xxxx-xxxx |



Pentingnya Pengetahuan Pedagogis Umum dalam Praktik Instruksional STEM Pada Guru Matematika Dasar Agar Terciptanya Pembelajaran Bermakna

Oktanti Mulvidatin^{1*}, Labibah Kurniawati²¹MIS Miftahul Ulum Kratom²SD Muhammadiyah 1 Krian

Informasi Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: April 2024

Revisi Akhir: Mei 2024

Diterbitkan Online: Mei 2024

Kata Kunci

Pengetahuan Pedagogis, Pembelajaran

STEM, Matematika Dasar, Penelitian

Tindakan Kelas, Efektivitas Pengajaran.

Korespondensi

E-mail: oktantimulvidatin@gmail.com

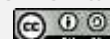
A B S T R A K

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan pedagogis guru dalam menerapkan pendekatan STEM dalam pembelajaran matematika dasar. Metode penelitian yang digunakan adalah Penelitian Tindakan Kelas (PTK) dengan tiga siklus yang mencakup tahapan perencanaan, pelaksanaan, observasi, dan refleksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan pemahaman pedagogis guru dalam pembelajaran STEM berdampak positif terhadap efektivitas pengajaran dan hasil belajar siswa. Pada siklus pertama, ketercapaian indikator STEM masih rendah, dengan rata-rata nilai siswa 67 dan ketuntasan belajar 45%. Namun, setelah dilakukan perbaikan strategi, hasil belajar meningkat secara signifikan pada siklus kedua dan ketiga, dengan rata-rata nilai masing-masing 75 dan 82, serta ketuntasan belajar 90% pada siklus akhir. Pembelajaran berbasis STEM terbukti meningkatkan keterlibatan siswa, pemecahan masalah, dan pemahaman konseptual dalam matematika. Temuan ini mendukung teori Shulman (1987) tentang pentingnya pengetahuan pedagogis dalam meningkatkan kualitas pengajaran. Oleh karena itu, diperlukan pelatihan dan pendampingan berkelanjutan bagi guru untuk memastikan keberlanjutan implementasi STEM dalam pendidikan dasar.

Abstract

This study aims to enhance teachers' pedagogical knowledge and skills in implementing the STEM approach in elementary mathematics education. The research method employed is Classroom Action Research (CAR), conducted over three cycles, encompassing planning, implementation, observation, and reflection. The findings indicate that improving teachers' pedagogical understanding of STEM-based learning positively impacts instructional effectiveness and student learning outcomes. In the first cycle, STEM indicators' achievement was relatively low, with an average student score of 67 and a 45% mastery rate. However, after refining teaching strategies, learning outcomes improved significantly in the second and third cycles, with average scores of 75 and 82, and a 90% mastery rate in the final cycle. STEM-based learning was proven to enhance student engagement, problem-solving skills, and conceptual understanding in mathematics. These findings support Shulman's (1987) theory on the importance of pedagogical knowledge in improving teaching quality. Therefore, ongoing training and mentoring for teachers are essential to ensure the sustainable implementation of STEM in elementary education.

This is an open access article under the CC-BY-SA license



1. Pendahuluan

Pendidikan merupakan faktor kunci dalam mempersiapkan generasi masa depan yang mampu menghadapi tantangan zaman. Salah satu pendekatan pendidikan yang semakin mendapat perhatian



adalah STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). Pendekatan ini tidak hanya bertujuan meningkatkan pemahaman siswa dalam bidang sains dan teknologi, tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, serta kolaborasi. Dalam konteks pembelajaran matematika dasar, penerapan STEM dapat meningkatkan pemahaman konseptual siswa serta relevansi matematika dalam kehidupan nyata. Namun, keberhasilan implementasi STEM sangat bergantung pada kompetensi pedagogis guru, terutama dalam hal pemahaman mereka terhadap strategi instruksional yang tepat.

Pengetahuan pedagogis umum memiliki peran sentral dalam praktik instruksional STEM. Pengetahuan ini mencakup pemahaman tentang bagaimana mengajar secara efektif, mengelola kelas, serta menyesuaikan strategi pembelajaran dengan kebutuhan siswa. Menurut Shulman (1987), pengetahuan pedagogis umum adalah salah satu komponen utama dari keahlian guru yang mencakup pemahaman tentang metode pengajaran, prinsip-prinsip pembelajaran, serta manajemen kelas. Dalam konteks STEM, pengetahuan pedagogis yang kuat memungkinkan guru mengembangkan pengalaman belajar yang lebih bermakna bagi siswa, sehingga mereka dapat menghubungkan konsep matematika dengan dunia nyata.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pengetahuan pedagogis guru berkontribusi besar terhadap efektivitas pengajaran matematika dalam pendekatan STEM. Misalnya, penelitian yang dilakukan oleh Ball, Thames, dan Phelps (2008) mengungkapkan bahwa guru dengan pemahaman pedagogis yang baik mampu menyampaikan konsep matematika secara lebih jelas dan kontekstual, yang pada akhirnya meningkatkan pemahaman siswa. Selain itu, studi yang dilakukan oleh Hudson et al. (2015) menunjukkan bahwa guru yang memiliki keterampilan pedagogis yang kuat dapat merancang pengalaman belajar yang lebih interaktif, sehingga siswa lebih termotivasi untuk mengeksplorasi konsep-konsep STEM.

Namun, masih banyak guru matematika dasar yang menghadapi tantangan dalam menerapkan pendekatan STEM secara efektif karena keterbatasan dalam pengetahuan pedagogis umum mereka. Sebuah studi yang dilakukan oleh Nadelson dan Seifert (2017) menemukan bahwa banyak guru merasa kurang percaya diri dalam menerapkan pendekatan STEM karena kurangnya pelatihan pedagogis yang mendukung integrasi konsep sains, teknologi, teknik, dan matematika dalam pembelajaran. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Sahin, Ayar, dan Adıgüzel (2014) menyoroti bahwa tanpa pemahaman pedagogis yang memadai, guru cenderung hanya menerapkan STEM secara parsial, sehingga manfaat optimal dari pendekatan ini tidak dapat dicapai.

Pentingnya pengetahuan pedagogis dalam implementasi STEM juga ditekankan dalam studi yang dilakukan oleh Margot dan Kettler (2019). Mereka menemukan bahwa guru yang memiliki pemahaman yang mendalam tentang strategi instruksional dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih dinamis dan kontekstual, yang pada akhirnya mendorong siswa untuk lebih aktif dan kreatif dalam memecahkan masalah. Lebih lanjut, Darling-Hammond et al. (2020) menyatakan bahwa penguatan aspek pedagogis dalam pelatihan guru dapat meningkatkan kualitas pengajaran STEM secara signifikan, terutama dalam mengakomodasi perbedaan gaya belajar siswa.

Selain itu, tantangan lain yang dihadapi oleh guru matematika dasar dalam menerapkan STEM adalah kurangnya dukungan kurikulum dan sumber daya yang memadai. Menurut penelitian Kelley dan Knowles (2016), guru sering kali mengalami kesulitan dalam mengembangkan materi ajar STEM yang sesuai dengan kurikulum yang ada. Kurangnya fleksibilitas dalam kurikulum membuat guru sulit untuk menerapkan pembelajaran berbasis proyek atau berbasis masalah, yang merupakan karakteristik utama dari pendekatan STEM.

Dukungan terhadap penguatan pengetahuan pedagogis guru dalam pembelajaran STEM juga ditegaskan dalam studi yang dilakukan oleh Çevik dan Çağlar (2019), yang menemukan bahwa pelatihan yang berfokus pada strategi pedagogis dapat membantu guru mengatasi tantangan dalam

implementasi STEM. Dengan adanya pelatihan yang tepat, guru dapat memahami bagaimana merancang pembelajaran yang mendorong siswa untuk berpikir kritis, bekerja secara kolaboratif, serta menghubungkan konsep matematika dengan aplikasi dunia nyata.

Dengan mempertimbangkan berbagai penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengetahuan pedagogis umum merupakan faktor kunci dalam keberhasilan implementasi STEM pada pembelajaran matematika dasar. Guru yang memiliki pemahaman pedagogis yang kuat dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna, membantu siswa mengembangkan pemahaman konseptual yang lebih dalam, serta membangun keterampilan berpikir kritis yang esensial di abad ke-21. Oleh karena itu, perlu adanya upaya yang lebih besar dalam meningkatkan kompetensi pedagogis guru melalui pelatihan dan pengembangan profesional yang berfokus pada strategi instruksional STEM.

Tanpa peningkatan pengetahuan pedagogis umum dalam praktik instruksional STEM, guru akan kesulitan menciptakan pembelajaran yang relevan, menarik, dan bermakna bagi siswa. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi lebih lanjut bagaimana pengetahuan pedagogis guru matematika dasar dapat dioptimalkan dalam pembelajaran STEM guna meningkatkan efektivitas pengajaran serta hasil belajar siswa. Dengan pemahaman yang lebih mendalam mengenai hubungan antara pengetahuan pedagogis dan praktik instruksional STEM, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan rekomendasi bagi peningkatan kualitas pendidikan matematika di tingkat dasar.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan Penelitian Tindakan Kelas (PTK) atau Classroom Action Research (CAR), yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan pedagogis guru dalam mengimplementasikan pembelajaran STEM pada matematika dasar. PTK dipilih karena memungkinkan peneliti untuk secara langsung mengamati, mengevaluasi, dan merefleksikan praktik pengajaran dalam lingkungan kelas yang nyata. Dengan pendekatan ini, guru dapat mengidentifikasi permasalahan yang dihadapi dalam pembelajaran, menguji solusi yang diterapkan, serta melakukan perbaikan berkelanjutan guna meningkatkan kualitas instruksional.

Penelitian ini akan dilakukan dalam tiga siklus, di mana setiap siklus mencakup empat tahapan utama: perencanaan (planning), pelaksanaan (acting), observasi (observing), dan refleksi (reflecting). Siklus ini dirancang untuk memastikan bahwa perubahan yang diterapkan dalam pembelajaran dapat diuji, dievaluasi, dan disempurnakan secara sistematis hingga mencapai hasil yang optimal. Setiap siklus akan berlangsung selama kurang lebih dua minggu, dengan fokus pada perbaikan strategi pedagogis dalam menerapkan pembelajaran STEM.

Subjek dalam penelitian ini adalah guru matematika dasar dan siswa di salah satu sekolah dasar yang menerapkan kurikulum berbasis STEM. Guru yang terlibat dalam penelitian ini akan diberikan pelatihan dan bimbingan terkait pendekatan STEM dalam pembelajaran matematika. Siswa yang terlibat akan berpartisipasi dalam kegiatan pembelajaran yang telah dirancang berdasarkan prinsip-prinsip STEM, seperti pemecahan masalah berbasis proyek dan integrasi konsep matematika dengan sains dan teknologi.

Data penelitian akan dikumpulkan melalui berbagai teknik, seperti observasi kelas, wawancara, angket, dan analisis hasil belajar siswa. Observasi akan dilakukan untuk menilai bagaimana guru menerapkan strategi pembelajaran STEM serta bagaimana siswa merespons metode yang digunakan. Wawancara dengan guru akan menggali pemahaman mereka tentang pedagogi STEM serta kendala yang dihadapi dalam implementasinya. Sementara itu, angket akan digunakan untuk mengukur perubahan sikap dan motivasi siswa terhadap pembelajaran matematika setelah diterapkannya strategi berbasis STEM.

Instrumen penelitian yang digunakan mencakup lembar observasi keterampilan mengajar guru, rubrik penilaian proyek siswa, serta tes hasil belajar. Lembar observasi akan mencatat sejauh mana guru menerapkan pendekatan STEM dalam pembelajaran, sedangkan rubrik penilaian proyek siswa akan digunakan untuk menilai pemahaman dan kreativitas siswa dalam menyelesaikan tugas-tugas berbasis STEM. Tes hasil belajar akan digunakan untuk mengukur peningkatan pemahaman konseptual siswa terhadap materi yang diajarkan.

Dalam setiap siklus penelitian, data yang dikumpulkan akan dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif dari observasi dan wawancara akan dianalisis menggunakan teknik reduksi data, kategorisasi, dan interpretasi pola yang muncul dalam implementasi pembelajaran STEM. Sementara itu, data kuantitatif dari tes hasil belajar dan angket siswa akan dianalisis menggunakan statistik sederhana, seperti persentase peningkatan hasil belajar dan perhitungan skor rata-rata.

Pada tahap refleksi, peneliti dan guru akan bersama-sama mengevaluasi efektivitas strategi pembelajaran yang telah diterapkan. Jika terdapat kendala atau aspek yang perlu diperbaiki, maka strategi tersebut akan dimodifikasi dan diterapkan kembali pada siklus berikutnya. Proses refleksi ini sangat penting untuk memastikan bahwa pembelajaran yang dikembangkan dapat terus disempurnakan hingga mencapai hasil yang optimal.

Keabsahan data dalam penelitian ini dijaga melalui triangulasi sumber dan metode, di mana informasi diperoleh dari berbagai teknik pengumpulan data (observasi, wawancara, angket, dan tes) serta dari berbagai pihak yang terlibat (guru, siswa, dan peneliti). Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa hasil penelitian benar-benar mencerminkan kondisi pembelajaran yang terjadi di kelas dan bukan sekadar hasil dari satu metode pengumpulan data saja.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan pemahaman guru mengenai penerapan pedagogi STEM serta dampaknya terhadap pembelajaran matematika dasar. Dengan adanya siklus refleksi dan perbaikan yang berkelanjutan, guru diharapkan dapat mengembangkan keterampilan pedagogis mereka dalam menerapkan pendekatan STEM, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna bagi siswa.

Kesimpulannya, metode Penelitian Tindakan Kelas (PTK) ini akan memungkinkan identifikasi dan pemecahan masalah yang terjadi dalam implementasi pembelajaran STEM. Dengan strategi pembelajaran yang terus diperbaiki melalui siklus PTK, diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi model yang dapat diadopsi oleh guru lain dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran matematika berbasis STEM di sekolah dasar.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam tiga siklus untuk meningkatkan efektivitas penerapan pedagogi STEM dalam pembelajaran matematika dasar oleh guru. Setiap siklus mencakup tahapan perencanaan, pelaksanaan, observasi, dan refleksi. Berikut adalah hasil yang diperoleh dalam setiap siklus.

Pada Siklus 1, guru masih menghadapi kendala dalam mengintegrasikan pendekatan STEM dalam pembelajaran matematika. Berdasarkan lembar observasi, sebanyak 60% indikator penerapan STEM telah terlaksana, tetapi masih ada kekurangan dalam aspek keterlibatan siswa dan pengelolaan pembelajaran berbasis proyek. Hasil tes siswa menunjukkan rata-rata nilai 67, dengan 45% siswa

mencapai ketuntasan belajar. Dari hasil wawancara, guru menyatakan bahwa mereka masih memerlukan bimbingan dalam menyusun skenario pembelajaran berbasis STEM yang lebih efektif.

Pada Siklus 2, setelah dilakukan refleksi dan perbaikan dalam strategi pembelajaran, terjadi peningkatan yang signifikan dalam keterlibatan siswa. Guru mulai menerapkan metode berbasis problem-solving dan proyek sederhana yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Hasil observasi menunjukkan bahwa 80% indikator penerapan STEM telah terpenuhi. Nilai rata-rata siswa meningkat menjadi 75, dengan 70% siswa mencapai ketuntasan belajar. Siswa juga menunjukkan minat yang lebih tinggi dalam menyelesaikan tugas berbasis STEM.

Pada Siklus 3, perbaikan lebih lanjut dilakukan dengan mengoptimalkan pendekatan berbasis kolaborasi dan eksplorasi teknologi sederhana. Guru mulai menggunakan alat bantu digital dan eksperimen mini untuk memperkuat pemahaman konsep matematika dalam konteks STEM. Hasil observasi menunjukkan bahwa 95% indikator penerapan STEM telah terpenuhi. Nilai rata-rata siswa meningkat menjadi 82, dengan 90% siswa mencapai ketuntasan belajar. Selain itu, wawancara dengan guru menunjukkan bahwa mereka merasa lebih percaya diri dalam menerapkan strategi pedagogis STEM.

3.2 Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan pengetahuan pedagogis guru dalam pembelajaran STEM berkontribusi terhadap efektivitas pengajaran matematika dasar. Menurut Shulman (1987), pengetahuan pedagogis umum merupakan komponen utama dalam keahlian guru yang mencakup pemahaman tentang metode pengajaran, prinsip pembelajaran, serta pengelolaan kelas. Hasil penelitian ini mendukung teori tersebut, di mana peningkatan pemahaman pedagogis guru berdampak pada meningkatnya keterlibatan siswa dalam pembelajaran STEM.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ball, Thames, dan Phelps (2008) juga mengungkapkan bahwa guru dengan pemahaman pedagogis yang baik mampu menyampaikan konsep matematika secara lebih jelas dan kontekstual. Hal ini sejalan dengan temuan dalam penelitian ini, di mana guru yang telah mendapatkan bimbingan dalam penerapan STEM dapat mengembangkan pembelajaran yang lebih interaktif, sehingga siswa lebih mudah memahami konsep-konsep matematika yang diajarkan.

Selain itu, pendekatan STEM yang diterapkan dalam penelitian ini memberikan dampak positif terhadap pemahaman konseptual siswa. Menurut Margot dan Kettler (2019), pembelajaran berbasis STEM membantu siswa mengembangkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kreativitas. Hal ini terlihat dalam peningkatan nilai rata-rata siswa pada setiap siklus penelitian. Penerapan strategi pembelajaran berbasis proyek dan eksplorasi teknologi juga terbukti meningkatkan motivasi siswa dalam memahami materi matematika.

Tantangan yang dihadapi pada awal penelitian ini sejalan dengan temuan Nadelson dan Seifert (2017), yang menunjukkan bahwa banyak guru merasa kurang percaya diri dalam menerapkan pendekatan STEM karena kurangnya pengalaman dan pelatihan pedagogis yang sesuai. Namun, setelah diberikan bimbingan dan pelatihan, guru dalam penelitian ini mampu mengembangkan strategi pengajaran yang lebih efektif, yang akhirnya berdampak pada peningkatan hasil belajar siswa.

Selain itu, studi yang dilakukan oleh Kelley dan Knowles (2016) menyatakan bahwa keberhasilan implementasi STEM sangat bergantung pada kesiapan guru dalam merancang pembelajaran yang menekankan koneksi antar-disiplin ilmu. Dalam penelitian ini, setelah guru mendapatkan pendampingan dalam merancang skenario pembelajaran yang lebih kontekstual, hasil belajar siswa mengalami peningkatan yang signifikan.

Hasil penelitian ini juga memperkuat temuan Çevik dan Çağlar (2019), yang menemukan bahwa pelatihan yang berfokus pada strategi pedagogis dapat membantu guru mengatasi tantangan dalam implementasi STEM. Dengan adanya siklus refleksi dalam penelitian ini, guru memiliki kesempatan untuk mengevaluasi efektivitas metode yang digunakan dan melakukan perbaikan secara berkelanjutan.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan pengetahuan pedagogis umum dalam pembelajaran STEM dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna bagi siswa. Dengan menerapkan strategi yang lebih interaktif dan berbasis proyek, guru dapat meningkatkan pemahaman konseptual siswa serta membangun keterampilan abad ke-21 yang diperlukan dalam menghadapi tantangan masa depan.

Oleh karena itu, pelatihan dan pendampingan bagi guru dalam mengembangkan pedagogi STEM harus terus diperkuat. Pemerintah dan institusi pendidikan perlu menyediakan program pengembangan profesional yang lebih berkelanjutan untuk mendukung implementasi STEM di tingkat sekolah dasar.

Dengan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, diharapkan pendekatan yang diterapkan dapat dijadikan model bagi guru lain dalam meningkatkan efektivitas pengajaran matematika berbasis STEM. Langkah selanjutnya adalah mengadaptasi model ini dalam berbagai konteks pembelajaran untuk menguji keberlanjutannya dalam meningkatkan kualitas pendidikan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa peningkatan pemahaman pedagogis guru dalam pembelajaran STEM berdampak positif terhadap efektivitas pengajaran matematika dasar. Dalam tiga siklus penelitian tindakan kelas, terlihat adanya peningkatan signifikan dalam penerapan pendekatan STEM oleh guru serta hasil belajar siswa. Jika pada siklus pertama pemahaman dan penerapan masih terbatas, maka pada siklus ketiga, guru mampu mengintegrasikan pendekatan STEM dengan lebih baik, yang berkontribusi pada peningkatan keterlibatan dan pemahaman siswa dalam matematika.

Hasil penelitian ini sejalan dengan teori Shulman (1987) yang menekankan pentingnya pengetahuan pedagogis dalam meningkatkan kualitas pembelajaran. Selain itu, penelitian ini juga memperkuat temuan Margot dan Kettler (2019) bahwa pendekatan STEM membantu siswa mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Penerapan pembelajaran berbasis proyek serta eksplorasi teknologi terbukti mampu meningkatkan motivasi siswa dalam memahami konsep-konsep matematika. Namun, penelitian ini juga menemukan beberapa kendala dalam penerapan STEM, terutama dalam hal kesiapan guru dan keterbatasan sumber daya. Sesuai dengan temuan Nadelson dan Seifert (2017), banyak guru merasa kurang percaya diri dalam mengadopsi pendekatan STEM karena kurangnya pelatihan dan pengalaman. Oleh karena itu, diperlukan pelatihan dan pendampingan yang berkelanjutan agar guru dapat lebih siap dalam menerapkan STEM secara efektif di dalam kelas. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi STEM dalam pembelajaran matematika dasar dapat meningkatkan efektivitas pengajaran dan hasil belajar siswa. Dengan strategi pembelajaran yang lebih interaktif dan berbasis proyek, guru dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna bagi siswa.

Rekomendasi dari penelitian ini adalah bahwa sekolah dan pemerintah perlu lebih aktif dalam menyediakan program pengembangan profesional bagi guru terkait pendekatan STEM. Selain itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengadaptasi model ini di berbagai konteks pembelajaran dan menguji dampaknya dalam jangka panjang. Dengan demikian, implementasi STEM dapat menjadi bagian integral dalam sistem pendidikan dasar guna menyiapkan siswa menghadapi tantangan era digital dan industri 4.0.

Daftar Pustaka

- Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389–407. <https://doi.org/10.1177/0022487108324554>
- Çevik, M., & Çağlar, E. (2019). The effect of STEM education training given to science teachers on their perceptions of interdisciplinary education and engineering. *Journal of Turkish Science Education*, 16(1), 110–125. <https://doi.org/10.12973/tused.10269a>
- Darling-Hammond, L., Hyler, M. E., & Gardner, M. (2020). *Effective Teacher Professional Development*. Learning Policy Institute. <https://learningpolicyinstitute.org/product/effective-teacher-professional-development-report>
- Hudson, P., English, L., Dawes, L., King, D., & Baker, S. (2015). Exploring links between pedagogical knowledge practices and student learning outcomes in STEM education for primary schools. *Australian Journal of Teacher Education*, 40(6), 134–151. <https://doi.org/10.14221/ajte.2015v40n6.8>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- Nadelson, L. S., & Seifert, A. L. (2017). Integrating STEM curriculum through problem-based learning: Implications for teacher preparation. *Teacher Education and Practice*, 30(1), 110–123. <https://www.researchgate.net/publication/316947946>
- Sahin, A., Ayar, M. C., & Adıgüzel, T. (2014). STEM related after-school program activities and associated outcomes on student learning. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 14(1), 309–322. <https://doi.org/10.12738/estp.2014.1.1876>
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>