

Pengembangan Lembar Kegiatan Mahasiswa (LKM) Alat Perangkap Lalat untuk Memfasilitasi Pengalaman Belajar STEM

Setiono¹, Sistiana Windyariani²

^{1,2}Muhammadiyah Sukabumi, Sukabumi, Indonesia

setionoase@gmail.com

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan produk berupa Lembar Kegiatan Mahasiswa (LKM) alat perangkap lalat untuk memfasilitasi pengalaman belajar STEM bagi mahasiswa calon guru yang layak ditinjau dari kevalidan produk dan keefektifan. Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian pengembangan (RnD) dengan menggunakan model ADDIE yang meliputi 5 tahapan yaitu *Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*. Subjek yang digunakan dalam penelitian ini adalah mahasiswa yang mengontrak mata kuliah STEM di program studi Pendidikan Biologi Universitas Muhammadiyah Sukabumi. Instrumen yang digunakan berupa angket validasi ahli, angket respon mahasiswa, dan lembar observasi kreativitas mahasiswa. Data hasil penelitian diperoleh dari saran validator ahli dosen, dan mahasiswa dan kelayakan produk. Efektifitas produk yang dikembangkan dilihat berdasarkan hasil lembar observasi kreativitas mahasiswa. Pengujian efektifitas menggunakan uji *one sample t-test* terhadap data kreativitas mahasiswa. Hasil pengembangan LKM alat perangkap lalat untuk memfasilitasi pengalaman belajar STEM dinyatakan layak untuk digunakan dan berdasarkan hasil uji efektifitas LKM yang dikembangkan efektif dalam meningkatkan kreatifitas mahasiswa.

Kata kunci: STEM (*science, technology, engineering, dan mathematics*) dan LKM

1. Pendahuluan

Pendidikan calon guru harus diorientasikan untuk menghasilkan generasi yang siap menghadapi persaingan di abad 21. Perkembangan pendidikan perlu disesuaikan dengan *trend* pendidikan saat ini agar menghasilkan lulusan calon guru dengan kompetensi adaptif yang relevan dengan kebutuhan zaman. Saat ini Pendidikan harus diorientasikan pada pembekalan kompetensi mutidisiplin sehingga lulusan memiliki kompetensi yang paripurna (Ruhana et al., 2024; Septiadevana & Abdullah, 2024). Tujuan dari pendidikan nasional selain mengharapkan peserta didik memiliki ilmu pengetahuan, juga mengharapkan peserta didik untuk memperoleh keterampilan, sikap, serta pengalaman belajar agar mampu berpikir secara logis, kritis dan kreatif sehingga dapat mengaplikasikannya pada kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu sangat dibutuhkan sebuah sarana pembelajaran yang mampu memfasilitasi mahasiswa calon guru untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik, salah satunya yaitu LKM (Triastuti, 2020). Lembar kegiatan merupakan lembaran-lembaran berisi tugas yang harus dikerjakan peserta mahasiswa dan bisa memfasilitasi komunikasi dosen dan mahasiswa dalam upaya mengakuisisi kompetensi yang dibutuhkan oleh mahasiswa khususnya mahasiswa calon guru. LKM dapat berupa lembaran yang bertujuan untuk memacu dan membantu mahasiswa melakukan kegiatan belajar dalam rangka menguasai berbagai kompetensi yang dibutuhkan.

LKM perlu dikembangkan sedemikian rupa agar kegiatan yang dilakukan dapat mencapai tujuan tertentu. Misalnya LKM dapat dikembangkan untuk memfasilitasi mahasiswa mendapatkan pengalaman belajar STEM yang dapat melatih berbagai kompetensi.

Pengalaman belajar STEM menjadi pengalaman belajar penting bagi mahasiswa calon guru. Pengalaman belajar STEM memungkinkan mahasiswa mendapatkan pengalaman beragam dan multidisiplin yang melatih keterampilan berpikir mahasiswa. Pendekatan STEM merupakan perpaduan antara sains, teknologi, teknik, dan matematika yang mulai dikembangkan di negara maju dan berkembang. STEM merupakan pembelajaran dengan menggunakan pendekatan konsep-konsep antara *science*, *technology*, *engineering*, dan *mathematics* sehingga siswa dituntut agar dapat mengaplikasikan konsep STEM yang berkaitan dengan masalah yang ada dalam kehidupan sehari-hari (Mahanan et al., 2022; Omar & Awang, 2022). Pembelajaran dengan menggunakan pendekatan STEM dapat diintegrasikan dengan berbagai model pembelajaran. Pembelajaran STEM mempunyai berbagai keunggulan, diantaranya memberikan kesempatan pada mahasiswa melakukan serangkaian proses ilmiah dan mendesain produk (*engineering design process*) untuk memecahkan suatu permasalahan, sehingga pengalaman belajar STEM dapat membuat mahasiswa menguasai konsep secara mendalam dan mendapatkan berbagai kemampuan seperti kreativitas, kreativitas dan kolaborasi.

Pendidikan STEM menjadi salah satu pengalaman belajar penting untuk membekalkan berbagai kemampuan (Dare et al., 2018; Leung, 2020). Pendidikan STEM memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk mendapatkan sejumlah kompetensi penting abad 21 khususnya kreativitas (Zein et al., 2022) dan kompetensi penting lain yang dibutuhkan dimasa yang akan datang seperti: *complex problem solving*, *critical thinking*, *creativity*, *people management*, *coordinating with other*, *emotional intelligence*, *system skills*, *service orientation*, *negotiation*, *cognitive ability* (Yata et al., 2020). Pendidikan STEM juga memungkinkan mahasiswa menggunakan pengetahuan dan keterampilan yang terkait dengan 4 domain STEM untuk menyelesaikan permasalahan (McClure et al., 2022). Potensi dari pembelajaran STEM ini memberikan peluang bagi dosen khususnya untuk mengembangkan sarana pembelajaran berupa LKM yang dirancang sedemikian rupa sehingga dapat memfasilitasi pembelajaran STEM yang adaptif dan mudah dilaksanakan.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian dan pengembangan ADDIE. Berdasarkan *Instructional design: The ADDIE approach* tahapan ADDIE terdiri atas lima tahap utama yaitu *Analyze*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation* (Septiadevana & Abdullah, 2024). **Tahap Analisis (*Analyze*)** Tahapan analisis yang dilakukan oleh peneliti mencakup analisis kebutuhan dan studi literatur. Pada analisis kebutuhan dilakukan penyebaran angket untuk mengidentifikasi kebutuhan dan masalah yang dialami oleh mahasiswa ketika mengembangkan lembar kegiatan untuk memfasilitasi pengalaman belajar STEM. **Tahap Desain (*Design*)** Pada tahap ini akan dilakukan desain atau perancangan dalam pengembangan LKM yang dapat memfasilitasi pengalaman belajar STEM. **Tahap Pengembangan (*Development*)** Pada tahap ini mulai melakukan realisasi produk berupa LKM yang dapat memfasilitasi pengalaman belajar STEM. Proses pengembangan produk sesuai dengan rancangan yang telah disusun sebelumnya. Setelah itu, LKM akan divalidasi oleh ahli media dan ahli pembelajaran STEM. Pada proses validasi, validator

2577

menggunakan instrumen yang telah disusun pada tahap sebelumnya. Setelah dilakukan validasi maka peneliti akan mengetahui kelebihan dan kekurangan LKM yang telah dikembangkan. **Tahap Implementasi (*Implementation*)** Pada tahap ini akan dilakukan secara terbatas terhadap mahasiswa calon guru biologi yang mengontrak mata kuliah STEM di universitas Muhammadiyah Sukabumi. Untuk menghasilkan produk yang layak tentu perlu diadakan uji coba terhadap produk tersebut. Peserta didik akan menggunakan LKM yang telah dikembangkan sebagai bantuan pembelajaran. **Tahap Evaluasi** Tahap ini merupakan tahap revisi terakhir peneliti terhadap LKM yang telah dikembangkan berdasarkan masukan yang didapat dari angket respon atau catatan lapangan pada lembar observasi. Hasil akhir dari tahap evaluasi ini akan digunakan untuk membuat Kesimpulan mengenai produk yang dikembangkan oleh peneliti.

Analisis data secara garis besar dilakukan dengan menggunakan pendekatan serta hirarki statistik. Analisis statistik diarahkan pada skor perolehan pada setiap indikator kreativitas. Uji statistik dilakukan dengan menggunakan *uji t* satu sampel dengan nilai patokan 70. Data hasil angket dianalisis dianalisis secara kuantitatif kemudian di bandingkan dengan kriteria pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Kriteria Interpretasi Skor

No	Interval Skor (%)	Kategori
1	81-100	Sangat Baik
2	61-80	Baik
3	41-60	Cukup
4	21-40	Kurang
5	0-20	Sangat Kurang

(Kartini & Putra, 2020)

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan produk berupa LKM yang memfasilitasi pengalaman belajar STEM. Hasil studi pendahuluan terhadap sejumlah mahasiswa diketahui bahwa mahasiswa masih kesulitan dalam menciptakan pengalaman belajar STEM untuk peserta didik. Mahasiswa menghendaki pengalaman belajar STEM yang sederhana dan murah sehingga dapat dilaksanakan dengan mudah oleh peserta didik. Berdasarkan kebutuhan tersebut peneliti mencoba membuat LKM alat perangkap lapat sederhana yang dapat memfasilitasi peserta didik melakukan pengalaman belajar STEM. Alat perangkap lalat dipilih karena peserta didik dapat memanfaatkan bahan bekas dan memanfaatkan bahan-bahan yang mudah didapat, sehingga memudahkan peserta didik.

Pengembangan LKM dilakukan berdasarkan analisis kebutuhan yang sebelumnya dilakukan. LKM dikembangkan berdasarkan Langkah-langkah EDP. Isu atau permasalahan kontekstual disajikan di awal sebagai bentuk inisiasi bagi peserta didik melakukan Langkah-langkah EDP. LKM yang dikembangkan dilengkapi dengan sejumlah *task* atau perintah tugas untuk memudahkan peserta didik melakukan langkah-langkah EDP. Langkah EDP menjadi kerangka kerja dalam pengembangan LKM. Langkah EDP yang menjadi kerangka kerja meliputi: (a) *Identify Need or Problem*, Melakukan identifikasi kebutuhan atau permasalahan yang dihadapi; (b) *Research Criteria/Constriatans*, melakukan penyelidikan terkait variable permasalahan yang teridentifikasi sebelumnya; (c) *Brainstrom Possible Solution*, melakukan brainstorm anggota kelompok misalnya untuk menentukan solusi terbaik; (d) *Select Best*

Solution, memilih solusi terbaik (bisa dalam bentuk produk, desain atau yang lainnya); (e) *Contruct Prototype* yaitu membuat rancangan yang sesuai dengan spesifikasi termasuk menentukan alat bahannya dan membuat produknya; (f) *Test* yaitu menguji coba apakah produk yang dibuat sesuai dengan spesifikasi atau tidak; (g) *Present Solution*, mengetahui apakah produk yang dikembangkan dapat menyelesaikan masalah, sekaligus mengidentifikasi keterbatasan produk dan (h) *Redesign* yaitu memperbaiki rancangan produk (Moonis Ali, 2014; Nucci et al., 2014)

Perangkap Lalat

Coba kalian perhatikan cuplikan artikel berikut:

Lalat seringkali menjadi hewan pengganggu di rumah kita karena dapat hinggap Dimana saja terutama makanan yang ada di rumah. Namu tahukan kamu Sebagian besar dari lebih dari 110.000 spesies lalat yang diketahui manusia tidak memiliki gigi, jadi mereka tidak dapat mengunyah makanannya yang padat. Mulut mereka seperti sedotan spons. Begitu mereka mendarat di makanannya, mereka perlu mengeluarkan cairan pencernaan untuk mencairkan makanan menjadi sup yang sudah dicerna dan bisa mereka telan. Singkatnya, beberapa lalat menjalani diet cair. Apakah kamu tahu bahwa lalat dapat merasakan makanannya tanpa menggunakan mulut mereka? Saat mereka hinggap, mereka akan menggunakan reseptor pada kaki mereka untuk mendeteksi apakah mereka berdiri di atas sesuatu bernutrisi. Kamu juga pasti menyadari bahwa lalat menggosokkan kedua tangannya, seperti orang yang mempersiapkan dirinya untuk melahap makanan. Hal ini disebut sebagai grooming (mempersiapkan diri) – lalat membersihkan dirinya sendiri, dan aktivitas itu juga membersihkan sensor pengecap pada bulu dan rambutnya yang terletak di atas kakinya agar dapat mengetahui makanan macam apa yang ia hinggapi Untuk menghindari makan dari lalat anda dapat membuat alat perangkap lalat sederhana coba saudara lihat video berikut: <https://www.youtube.com/watch?v=dd1f1v-P2Ni> Dari video tersebut coba saudara buat formulasi cairan/bahan yang efektif dapat menarik lalat kedalam perangkap tersebut.

Sebelum nya silahkan saudara pelajari konsep dasar: karakteristik lalat, perilaku lalat, bahan aktif yang dapat menarik lalat, dan konsep relevan lainnya.

Berdasarkan konteks di atas coba saudara rancang formulasi bahan yang dapat menarik lalat ke perangkap lalat seperti di video.

Kemukakan sebanyak-banyaknya tentang ide yang akan saudara buat untuk mengatasi masalah di atas dengan menjawab pertanyaan berikut:

Buatlah formulasi bahan untuk mengatasi masalah di atas? Formula harus disertai rasionalitasnya. Sajikan formulasinya dalam bentuk info grafis.

Buatlah formulasi bahan untuk menarik lalat masuk ke alat perangkap (sajikan proses pembuatan bahan tersebut melalui video)

Ujilah formulasi bahan tersebut apakah efektif atau tidak untuk memerangkap lalat

Perbaiki formulasi apabila selama pengujian didapati sejumlah kekurangan

Deskripsikan formulasi bahan pengusir semut berdasarkan hasil pengujian

Daftar Putaka (rasional yang dibuat harus didasarkan pada literatur yang sah, sampaikan dapus literatur yang digunakan)

Gambar 1. Cuplikan LKM Alat Perangkap Lalat untuk Memfasilitasi Pengalaman Belajar STEM

Gambar cuplikan LKM di atas menggambarkan langkah-langkan EDP. *Task* atau tugas yang disampaikan di lembar kegiatan diharapkan dapat membantu mahasiswa melakukan setiap langkah EDP. Langkah EDP ini apabila dilaksanakan secara optimal akan membantu mahasiswa menghasilkan produk yang diinginkan dan dapat membantu mahasiswa berfikir secara komprehensif sehingga secara tidak langsung dapat mengembangkan kemampuan mahasiswa.



Gambar 2 Alat Perangkap lalat yang Dibuat melalui Langkah EDP
Gambar 2 menunjukkan contoh alat perangkap lalat yang dibuat oleh mahasiswa berdasarkan Lembar kegiatan yang dikembangkan. Mahasiswa diarahkan untuk mendesain alat perangkap lalat dan memformulasi bahan yang dapat menarik lalat masuk kedalam alat perangkap lalat. Dari hasil angket respon mahasiswa diketahui bahwa mahasiswa merasa tertantang untuk mengembangkan formulasi bahan yang dapat menarik lalat untuk masuk kedalam alat perangkap lalat.

Tabel 2 Hasil Validasi Ahli

No	Indikator Validasi	Saran
1.	Kesesuaian antara tujuan dengan kegiatan pada LKM	Sudah sesuai
2	Kesesuaian task pada LKM dengan EDP	Task LKPD perlu diperjelas Kembali agar tidak membingungkan peserta didik
3.	Kesesuaian kegiatan LKM dengan Langkah-langkah EDP	Sudah sesuai
4.	Kesesuaian antara Kegiatan LKM dengan Langkah STEM	Sudah sesuai

Hasil validasi ahli menunjukkan bahwa LKM yang dikembangkan sudah sesuai dengan sintak STEM dan EDP. Penyesuaian dilakukan terhadap task yang dikembangkan dalam LKM. Task perlu dibuat dengan jelas dan rinci sehingga akan membantu mengarahkan mahasiswa dalam melakukan kegiatan.

Tabel 3. Hasil Validasi Produk

No	Aspek Penilaian	Validitas Rata-rata (%)	Kategori
1	Isi Lembar Kegiatan	90.00	Sangat Baik
2	Didaktik Lembar Kegiatan	70.45	Baik
3	Bahasa yang digunakan dalam Lembar kegiatan	92,50	Sangat Baik
4	Tampilan Lembar kegiatan	70,00	Baik
	Rata-rata	84,06	Sangat Baik

Hasil validasi produk menunjukkan bahwa produk LKM alat perangkap lalat yang dapat memfasilitasi pengalaman belajar STEM sudah cukup baik. Penyesuaian dilakukan dalam hal didaktik dan tampilan lembar kegiatan agar lebih menarik dan memotivasi mahasiswa dalam menggunakannya.

Tabel 4 One-Sample Test

N= 8 Test Value = 70						
95% Confidence Interval of the Difference						
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Lower	Upper
Fluency	4.762	6	.000	12.323	6.99	17.65
Flexibility	4.624	6	.000	11.673	6.47	16.87
Originality	4.712	6	.000	11.962	6.73	17.19
Elaboration	4.875	6	.000	12.923	7.46	18.38

Tabel 4 menunjukkan hasil uji t satu sampel skor kreativitas mahasiswa dengan nilai patokan 70, Hasil perhitungan uji t menunjukkan bahwa perolehan skor pada setiap indikator kreativitas berbeda signifikan dari nilai patokan 70. Hal ini menunjukkan efektifitas lembar kegiatan yang dikembangkan. Pengalaman belajar STEM yang didalamnya ada pengalaman EDP dapat membekalkan proses sasantifik serta mendorong kratifitas peserta didik karena ada pengalaman menghasilkan dan mengembangkan produk (Lidi et al., 2021). Selain itu pengalaman belajar STEM juga dapat melatih banyak kemampuan seperti kemampuan berfikir kreatif, kritis, *problem solving*, *computational thinking* dan kolaborasi (Chiang et al., 2022) . Pengalaman belajar STEM juga dapat mengembangkan sejumlah keterampilan penting seperti kreativitas. (Mclure et al., 2022). Pengalaman STEM memberikan kesempatan pada mahasiswa untuk berfikir kritis dan kreatif dalam merancang produk untuk menyelesaikan permasalahan yang diajukan dalam pembelajaran. Misalnya mahasiswa ditantang untuk mengembangkan alat perangkap lalat untuk mengatasi permasalahan lalat yang sering mengganggu manusia. Mahasiswa ditantang untuk merancang alat perangkap lalat dengan menggunakan bahan bekas dan menggunakan bahan-bahan yang mudah didapatkan. Pengalaman ini memberikan kesempatan peserta didik untuk berfikir kritis, kreatif dan menyelesaikan permasalahan. Keterlibatan siswa dalam pengalaman belajar yang menantang dapat memotivasi mahasiswa untuk belajar lebih mendalam (Mclure et al., 2022). Selain itu motivasi untuk belajar di mata kuliah STEM juga dapat meningkat. Ada banyak faktor yang dapat mempengaruhi keberhasilan pembelajaran STEM diantaranya faktor sosial, motivasi, strategi pembelajaran dan *selfefficacy* (Han et al., 2021). Faktor tersebut harus menjadi perhatian guru terutama dalam pembelajaran STEM.

4. Simpulan dan Saran

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan LKM alat perangkap lalat berhasil memenuhi kriteria Kelayakan,kevalidan dan keefektifan. LKM yang dikembangkan dapat digunakan sebagai alat bantu dalam pembelajaran yang mengintegrasikan model pembelajaran STEM, sehingga memberikan pengalaman belajar yang komprehensif dan praktis bagi mahasiswa. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan materi pembelajaran inovatif yang dapat meningkatkan kualitas pendidikan STEM di tingkat perguruan tinggi, khususnya dalam bidang pendidikan mahasiswa calon guru.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Kemendikbudristek sebagai penyandang dana dalam penelitian ini dan LPPM Universitas Muhammadiyah Sukabumi yang membantu peneliti dalam melakukan penelitian.

Daftar Pustaka

- Chiang, F. K., Zhang, Y., Zhu, D., Shang, X., & Jiang, Z. (2022). The Influence of Online STEM Education Camps on Students' Self-Efficacy, Computational Thinking, and Task Value. *Journal of Science Education and Technology*, 31(4), 461–472. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09967-y>
- Dare, E. A., Ellis, J. A., & Roehrig, G. H. (2018). Understanding science teachers' implementations of integrated STEM curricular units through a phenomenological multiple case study. *International Journal of STEM Education*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0101-z>
- Han, J., Kelley, T., & Knowles, J. G. (2021). Factors Influencing Student STEM Learning: Self-Efficacy and Outcome Expectancy, 21st Century Skills, and Career Awareness. *Journal for STEM Education Research*, 4(2), 117–137. <https://doi.org/10.1007/s41979-021-00053-3>
- Kartini, K. S., & Putra, I. N. T. A. (2020). Respon Siswa Terhadap Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Android. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 4(1), 12. <https://doi.org/10.23887/jpk.v4i1.24981>
- Leung, A. (2020). Boundary crossing pedagogy in STEM education. *International Journal of STEM Education*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00212-9>
- Li, Y., & Xiao, Y. (2022). Authorship and topic trends in STEM education research. *International Journal of STEM Education*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00378-4>
- Lidi, M. W., Daud, M. H., & Program, E. S. (2021). Project-based learning based on local wisdom through google classroom to improve process skills in pandemic times. *Bioedukatika*, 9(3), 169–178.
- Mahanan, M. S., Ibrahim, N. H., Surif, J., Ismail, N., Hanri, C., Ahamad, M. K. A., & Serman, N. S. (2022). Home fertilizer teaching module for Aborigine people. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 11(2), 972–976. <https://doi.org/10.11591/ijere.v11i2.22118>
- Mclure, F. I., Tang, K. S., & Williams, P. J. (2022). What do integrated STEM projects look like in middle school and high school classrooms? A systematic literature review of empirical studies of iSTEM projects. *International Journal of STEM Education*. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00390-8>
- Moonis Ali, J.-S. P. S.-M. C. and M.-F. H. eds. (2014). *An Educator 's Guide to the Engineering Design Process Grades 6-8*. 1–547.
- Nucci, L., Narvaez, D., & Krettenauer, T. (2014). Second Edition Second Edition. In *Dairy Science & Technology*, CRC Taylor & Francis Group (Issue June).
- Omar, M. S., & Awang, M. I. (2022). Meta-Analysis study : The influence of STEM education on student attitudes. *Journal of Metrics Studies and Social Science*, 2022, 94–100.
- Ruhana, F., Rochmah, E. Y., Pada, A., Suryani, Y., & Rizki, A. M. (2024). Developing Creativity And Innovation In STEM Curriculum: Project-Based Approach In Secondary Education. *Theory and Practice*, 2024(5), 7188–7195. <https://doi.org/10.53555/kuey.v30i5.4123>
- Septiadevana, R., & Abdullah, N. (2024). Developing STEM project-based learning module for primary school teachers: a need analysis. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 13(4), 2585. <https://doi.org/10.11591/ijere.v13i4.28894>
- Triastuti, E. (2020). Model Pembelajaran Stem Pjbl Pada Pembuatan Ice Cream Melatih Keterampilan Berfikir Kreatif Dan Wirausaha. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 5(2). <https://doi.org/10.51169/ideguru.v5i2.159>
- Yata, C., Ohtani, T., & Isobe, M. (2020). Conceptual framework of STEM based on Japanese subject principles. *International Journal of STEM Education*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00212-9>

00205-8

Zein, L. S. H., Setiono, S., & Windyariani, S. (2022). Pengaruh Pendekatan STEMA Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Peserta Didik Kelas VIII SMP Pada Materi Sistem Pencernaan. *Biodik*, 8(2), 90–102. <https://doi.org/10.22437/bio.v8i2.16990>

Kartini, K. S., & Putra, I. N. T. A. (2020). Respon Siswa Terhadap Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Android. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 4(1), 12. <https://doi.org/10.23887/jpk.v4i1.24981>

Dare, E. A., Ellis, J. A., & Roehrig, G. H. (2018). Understanding science teachers' implementations of integrated STEM curricular units through a phenomenological multiple case study. *International Journal of STEM Education*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0101-z>

Leung, A. (2020). Boundary crossing pedagogy in STEM education. *International Journal of STEM Education*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00212-9>

McLure, F. I., Tang, K. S., & Williams, P. J. (2022). What do integrated STEM projects look like in middle school and high school classrooms? A systematic literature review of empirical studies of iSTEM projects. *International Journal of STEM Education*. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00390-8>

Han, J., Kelley, T., & Knowles, J. G. (2021). Factors Influencing Student STEM Learning: Self-Efficacy and Outcome Expectancy, 21st Century Skills, and Career Awareness. *Journal for STEM Education Research*, 4(2), 117–137. <https://doi.org/10.1007/s41979-021-00053-3>

Chiang, F. K., Zhang, Y., Zhu, D., Shang, X., & Jiang, Z. (2022). The Influence of Online STEM Education Camps on Students' Self-Efficacy, Computational Thinking, and Task Value. *Journal of Science Education and Technology*, 31(4), 461–472. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09967-y>