

## **AUTONOMY BASED STEM LEARNING: BUKU REFERENSI BAGI PENDIDIK KREATIF DAN INOVATIF DI ERA INDUSTRI 4.0**

**Suyidno<sup>1\*</sup>, Saiyidah Mahtari<sup>1</sup>, Muhammad Arifuddin<sup>1</sup>, Nurannisa Fatona<sup>1</sup>, dan Fitriyani<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Pendidikan Fisika, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, Indonesia

\*Penulis korespondensi: suyidno\_pfis@ulm.ac.id

**Abstrak.** Di era industri 4.0; pembelajaran *STEM* diyakini menjadi trend dunia pendidikan terkini untuk menyiapkan generasi masa depan yang unggul dan kompetitif. Namun, masih banyak pendidik IPA yang kurang menguasai konten dan pedagogis pembelajaran *STEM*. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah menghasilkan buku "*Autonomy Based STEM Learning*" yang layak sebagai referensi bagi pendidik kreatif di era industri 4.0. Penelitian ini menggunakan desain penelitian dan pengembangan 4D, namun masih di tahap *define*, *design*, dan *develop*. Teknik pengumpulan data menggunakan instrumen validasi buku ilmiah yang ditekankan pada aspek materi, format, kebahasaan, mutu dan inovasi pembelajaran. Validasi melibatkan 3 pakar pembelajaran *STEM* dan data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kualitatif. Hasil validasi menunjukkan para pakar sepakat bahwa buku yang dikembangkan dapat digunakan sebagai referensi bagi pendidik IPA yang kreatif dan inovatif di era industri 4.0.

**Kata kunci:** buku ilmiah, pembelajaran *STEM*, otonomi

### **1. PENDAHULUAN**

Di era globalisasi; produk sains dan teknologi telah menjadi bagian penting di berbagai bidang kehidupan manusia (de Roock & Baildon, 2019; Zubaidah, 2018). Perubahan mendasar yang harus menjadi perhatian untuk mendorong inovasi sains dan teknologi adalah menyiapkan sistem pembelajaran yang lebih kreatif dan inovatif, serta mampu meningkatkan kompetensi lulusan yang menguasai kompetensi abad ke-21. Pembelajaran abad 21 harus mampu membentuk generasi masa depan dengan penekanan pembelajaran *STEM*, yang merujuk pada pembelajaran berbasis TIK, *internet of things*, *big data*, kewirausahaan dan magang (Astuti *et al.*, 2021; Lase, 2019; Ufa *et al.*, 2021). Dalam hal ini, pendidik kreatif harus memiliki kompetensi mengajar dan mendidik, literasi media, *competence in globalization*, *competence in future strategies*, dan konseling; memiliki sikap ramah teknologi, kolaborasi, kreatif dan berani mengambil risiko, memiliki selera humor yang baik, serta mengajar secara holistik. Pembelajaran *STEM* mampu mendorong pendidik kreatif agar lebih banyak menggerakkan dan membimbing kolaborasi peserta didik, serta memimpin diskusi kelas yang mengarah pada pembelajaran pengetahuan konseptual lebih mendalam (Kranzfelder *et al.*, 2019). Melalui pembelajaran *STEM*, pendidik kreatif dapat menyiapkan generasi masa depan yang kreatif dan inovatif dalam menyelesaikan masalah kehidupan sehari-hari (Andaresta & Rachmadiarti, 2021; Ibda, 2018; Subekti *et al.*, 2018). Selain itu, pembelajaran *STEM* mampu menyiapkan kompetensi abad 21 untuk membantu mengatasi berbagai masalah global, mendukung pertumbuhan industri dan perekonomian suatu bangsa (de Roock & Baildon, 2019).

Kenyataannya hingga saat ini, penerapan pembelajaran *STEM* masih mengalami banyak hambatan. Hasil penelitian Hasanah & Tsutaoka (2019) menemukan bahwa beberapa hambatan pembelajaran *STEM* melibatkan 38% untuk intrinsik, 33% untuk kelembagaan, dan 29% untuk ekstrinsik. Faktor intrinsik diyakini sebagai penghalang utama dalam pembelajaran *STEM*. Selain itu, Diana & Turmudi (2021) menemukan bahwa pendidik pada umumnya belum memiliki pengetahuan konten dan pedagogis yang memadai tentang pembelajaran *STEM*. Akibatnya, belum banyak guru yang menerapkan pembelajaran *STEM* di sekolah (Permanasari *et al.*, 2021). Permasalahan lainnya; pembelajaran *STEM* selama ini sering kali diintegrasikan dengan pembelajaran berbasis masalah/proyek (Anggraini *et al.*, 2021; Astuti *et al.*, 2021; Dischino *et al.*, 2011; Rahman *et al.*, 2021; Satriana, 2021; Sumarmi *et al.*, 2019; Wicaksono, 2020; Widowati *et al.*, 2021). Akibatnya; pembelajaran *STEM* hanya bisa dinikmati peserta didik yang berbakat, namun bagi mereka yang kurang berbakat akan menimbulkan masalah tersendiri. Oleh karena itu, Subekti *et al.* (2018) merekomendasikan pentingnya penelitian mendalam mengenai konten dan pedagogis pembelajaran *STEM* untuk menyiapkan pendidik kreatif yang siap menghadapi tantangan revolusi industri 4.0. Praktik pedagogis berbasis bukti memiliki potensi untuk meningkatkan kelulusan dan kesuksesan di bidang *STEM* (Bego *et al.*, 2021). Strategi pedagogik utama di era industri 4.0 diantaranya adalah pemanfaatan literasi *STEM* untuk mencipta lingkungan belajar yang kreatif dan inovatif (Zubaidah, 2018).



Dalam hal ini, pembelajaran melibatkan literasi digital, pemikiran yang intensif, komunikasi efektif, produktifitas tinggi dan nilai spiritual dan moral dapat tercapai melalui latihan-latihan yang berkelanjutan di dalam proses pembelajaran STEM. Peserta didik dilibatkan dalam lingkungan belajar STEM yang autentik dan bermakna yang memperdalam pembelajaran konten STEM sambil memberikan kesempatan dan akses ke konten, pengaturan, dan materi STEM (Roberts *et al.*, 2018). Berdasarkan rekomendasi di atas; penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan buku "*autonomy based STEM learning*" sebagai referensi bagi pendidik kreatif dan inovatif di era industri 4.0.

Pengembangan buku "*Autonomy Based STEM Learning*" merupakan salah satu bentuk kontribusi Penulis dalam upaya meningkatkan kualitas pendidikan, terutama menyiapkan generasi masa kreatif, inovatif, dan mandiri di era industri 4.0. Otonomi berarti berdiri sendiri (KBBI, 2021). Peserta didik dikatakan otonom ketika memiliki kemandirian dalam belajar atau pembelajaran mandiri (Bastari, 2021; Susilawati, 2021; Triatmojo *et al.*, 2021). Dalam buku yang dikembangkan; *Autonomy Based STEM Learning* dimaknai sebagai suatu pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan bidang sains, teknologi, enjiniring, dan matematika untuk menyiapkan generasi kreatif, inovatif, dan mandiri di era industri 4.0. Buku ini akan ditulis dengan bahasa sederhana dan lebih mengandalkan pengalaman penulis dalam mengajar mata kuliah inovasi pembelajaran sains dan pendidikan IPA terpadu, serta pengalaman dalam penelitian/pengabdian tentang pembelajaran STEM dan *learner autonomy*, kompetensi abad 21 dan industri 4.0. Buku ini diharapkan dapat menjadi alternatif referensi bagi pendidik kreatif untuk memahami konten dan pedagogis pembelajaran STEM.

## 2. METODE

Penelitian ini menggunakan desain penelitian dan pengembangan 4D, namun masin dibatasi pada tahap define, design, dan develop. Pada tahap *define*, tim peneliti telah mengkaji berbagai hasil-hasil penelitian sebelumnya, di antaranya *autonomy learning* (Febriyanti, 2021; Kim *et al.*, 2021; Shih, 2021) dan *STEM Learning* (Anggraini *et al.*, 2021; Astuti *et al.*, 2021; Dischino *et al.*, 2011; Lase, 2019; Rahman *et al.*, 2021; Satriana, 2021; Sumarmi *et al.*, 2019; Ulfa *et al.*, 2021; Wicaksono, 2020; Widowati *et al.*, 202), serta kaitannya pembelajaran kreatif dan inovatif di abad 21. Tahap design, yaitu dikembangkan tujuan dan desain *autonomy based STEM learning*. Desain ini meliputi Sampul Depan, Prakata, Kata Pengantar, Daftar Isi; Pembelajaran STEM di Sekolah: Hambatan dan Peluang; *Autonomy Based STEM Learning*: Pendekatan Pembelajaran Abad 21; *Autonomy Based STEM Learning*: Tingkat Otonomi 1, 2, dan 3; Glosarium, Daftar Pustaka, dan Sampul Belakang. Selanjutnya tahap *develop*, peneliti mengembangkan draf buku. Setelah ditelaah oleh tim dan direvisi, selanjutnya dilakukan uji validasi untuk mengukur kualitas buku ilmiah yang ditekankan pada aspek desain, format, materi, kebahasaan, inovasi dan mutu buku tersebut. Peneliti menyerahkan draf buku dan instrumen validasi model kepada 3 pakar pembelajaran STEM dari universitas Syah Kuala Aceh, Universitas Negeri Surabaya, dan Universitas Tadulako Palu. Selanjutnya, melalui *Focus Group Discussion*, dilakukan diskusi tanya jawab mengenai isi dan kualitas buku beserta saran-saran perbaikannya.

Kualitas buku "*Autonomy Based STEM Learning*" ini dilihat dari nilai rerata skor yang diberikan oleh ketiga validator dibagi dengan skor maksimal dikalikan 100; kemudian disesuaikan dengan kriteria validitas:  $4,0 \geq x > 3,4$  (sangat valid);  $3,4 \geq x > 2,8$  (valid);  $2,8 \geq x > 2,2$  (cukup valid);  $2,2 \geq x > 1,6$  (kurang valid); dan  $1,6 \geq x > 1,0$  (tidak valid). Nilai reliabilitas dihitung dengan menggunakan persamaan *Cronbach Alpha* berbantuan SPSS 16.0, kemudian disesuaikan dengan kriteria sangat tinggi, tinggi, sedang, dan rendah. Selain, saran-saran validator sebagai pertimbangan peneliti untuk memperbaiki kualitas buku yang dikembangkan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

*Autonomy Based STEM Learning* bukan sebuah model pembelajaran; namun pendekatan pembelajaran inovatif yang mengintegrasikan bidang kajian STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematic*) dengan mempertimbangkan tingkat otonomi siswa. Buku ini ditujukan bagi pendidik kreatif dan inovatif maupun calon pendidik agar memiliki wawasan tentang konten dan pedagogis STEM sebagai trend pembelajaran di abad 21. Adapun garis besar buku ini disajikan pada pada Tabel 1.

Tabel 1. Garis besar materi buku *autonomy based STEM learning*

Halaman depan	Sampul Depan Prakata Kata Pengantar Daftar Isi Daftar Tabel Daftar Gambar
Bab 1 <i>STEM Learning</i> di Sekolah: Hambatan dan Peluang	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>STEM Learning</i> di Sekolah (Pengertian <i>STEM</i>, Literasi <i>STEM</i>, Dimensi <i>STEM</i>, Pendekatan <i>STEM</i>)</li> <li>▪ Hambatan Pembelajaran <i>STEM</i> di Sekolah</li> <li>▪ Tujuan dan Manfaat Pembelajaran <i>STEM</i></li> <li>▪ Rekomendasi Pembelajaran <i>STEM</i> di Sekolah</li> </ul>
Bab 2 <i>Autonomy Based STEM Learning</i> : Pendekatan Pembelajaran Abad 21	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Konsep <i>Autonomy Based STEM Learning</i></li> <li>▪ Tujuan Pembelajaran</li> <li>▪ Perencanaan Pembelajaran</li> <li>▪ Pertimbangan dalam Mengajar</li> <li>▪ Merencanakan Pembelajaran</li> <li>▪ Pelaksanaan Pembelajaran</li> </ul>
BAB 3 <i>Autonomy Based STEM Learning</i> : Tingkat Otonomi I	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pengajaran Langsung Dipadu <i>STEM</i></li> <li>▪ Tujuan Hasil Belajar</li> <li>▪ Perencanaan dan Pelaksanaan Pengajaran</li> <li>▪ Lingkungan Belajar</li> <li>▪ Pengajaran Inkuiri Terstruktur Dipadu <i>STEM</i></li> <li>▪ Tujuan Hasil Belajar</li> <li>▪ Perencanaan dan Pelaksanaan Pengajaran</li> <li>▪ Lingkungan Belajar</li> </ul>
BAB 4 <i>Autonomy Based STEM Learning</i> : Tingkat Otonomi II	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Dipadu <i>STEM</i></li> <li>▪ Tujuan Hasil Belajar</li> <li>▪ Perencanaan dan Pelaksanaan Pembelajaran</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pembelajaran Penemuan Terbimbing Dipadu <i>STEM</i></li> <li>▪ Tujuan Hasil Belajar</li> <li>▪ Perencanaan dan Pelaksanaan Pembelajaran</li> </ul>
BAB 5 <i>Autonomy Based STEM Learning</i> : Tingkat Otonomi III	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pembelajaran Berbasis Masalah Dipadu <i>STEM</i></li> <li>▪ Tujuan Hasil Belajar</li> <li>▪ Perencanaan dan Pelaksanaan Pembelajaran</li> <li>▪ Lingkungan Belajar</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Creative Responsibility Based Learning</i> Dipadu <i>STEM</i></li> <li>▪ Tujuan Hasil Belajar</li> <li>▪ Perencanaan dan Pelaksanaan Pembelajaran</li> <li>▪ Lingkungan Belajar</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pembelajaran Berbasis Proyek Dipadu <i>STEM</i></li> <li>▪ Tujuan Hasil Belajar</li> <li>▪ Perencanaan dan Pelaksanaan Pembelajaran</li> <li>▪ Lingkungan Belajar</li> </ul>
Halaman	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Glosarium</li> <li>▪ Daftar Pustaka</li> </ul>

- Biodata Penulis
- Sampul Belakang

Berdasarkan Tabel 1; seperti buku pada umumnya, buku ini diawali dengan sampul depan, prakata, kata pengantar, daftar isi, tabel dan gambar. Buku ini didesain secara sistematis dalam 5 Bab. **Bab 1** membahas konsep dasar *STEM* dan keterkaitan antara empat disiplin *STEM*; keterkaitan literasi sains, literasi teknologi, literasi enjiniring, dan literasi matematika beserta contohnya; dimensi dan pendekatan *STEM*. Selain itu, juga membahas hambatan *STEM Learning* di sekolah, tujuan dan manfaat *STEM Learning*, serta rekomendasi para peneliti agar implementasi *STEM Learning* berlangsung efektif di sekolah. **Bab 2** membahas tentang konsep dan tujuan *Autonomy Based STEM Learning* dan kaitannya dengan pembelajaran abad 21, beserta perencanaan dan pelaksanaan pembelajarannya. **Bab 3** membahas alternatif *STEM learning* untuk siswa yang bekal literasi *STEM* awalnya masih rendah. Dalam hal ini, pendidik dapat memadukan *STEM* melalui pengajaran langsung atau inkuiri terstruktur untuk melatih pengetahuan dan prosedur dasar *STEM* secara tahap demi tahap. **Bab 4** membahas alternatif *STEM Learning* untuk peserta didik yang bekal literasi *STEM* awalnya cukup baik. Dalam kondisi ini, pendidik mulai menerapkan pembelajaran berpusat pada peserta didik. Pendidik dapat memadukan *STEM* dalam pembelajaran inkuiri terbimbing, penemuan terbimbing, atau pembelajaran kooperatif. Peserta didik dibimbing dalam mengerjakan tugas-tugas *STEM* berdasarkan pengalaman sendiri dan belajar bekerja dengan orang lain. Prosedur *STEM* dibuat lebih otomatis dan peserta didik belajar berdasarkan pengalaman langsung dan menerapkan standar perilaku sendiri. Selanjutnya, **Bab 5** sebagai realisasi pandangan pembelajaran konstruktivisme, akan membahas alternatif *STEM Learning* untuk peserta didik yang bekal literasi *STEM* awalnya adalah sudah sangat baik. Pendidik dapat mengintegrasikan *STEM* dengan pembelajaran berbasis masalah, pembelajaran berbasis proyek, maupun *Creative Responsibility Based Learning*. Dalam hal ini, peserta didik bertindak sebagai pebelajar yang kreatif, inovatif, dan mandiri dalam mengembangkan inkuiri dan rekayasa produk untuk memecahkan masalah kehidupan (Putra *et al.*, 2022). Hasil validasi buku disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil validasi buku *autonomy based STEM learning*

	Aspek Penilaian Konstruk Buku Ilmiah	Validitas		Reliabilitas	
		Nilai	Kriteria	$\alpha$	Kriteria
Materi	Pendahuluan	3,58	SV	0,69	Sedang
	<i>Autonomy Based STEM Learning</i> : Pendekatan Pembelajaran Abad 21	3,50	SV		
	<i>Autonomy Based STEM Learning</i> : Tingkat Otonomi 1	3,40	SV		
	<i>Autonomy Based STEM Learning</i> : Tingkat Otonomi 2	3,58	SV		
	<i>Autonomy Based STEM Learning</i> : Tingkat Otonomi 3	3,78	SV		
Format	Setiap bagian teridentifikasi secara jelas	3,67	SV	0,77	Tinggi
	Setiap paragraf minimal 2 kalimat	3,67	SV		
	Materi kegiatan relevan dengan tujuan	3,33	SV		
	Sistem penomoran jelas dan menarik	3,67	SV		
	Teks dan ilustrasi berimbang	3,67	SV		
	Penulisan (huruf arial, font 11, spasi 1,5) dibaca jelas	3,33	SV		
	Kepantasan ukuran fisik untuk guru dan mahasiswa	3,67	SV		
	Tingkat kemenarikan buku secara visual	3,33	SV		
Kebahasaan	Keterbacaan sesuai peserta didik dan pendidik	3,67	SV	0,55	sedang
	Memakai Bahasa Indonesia baik dan benar	3,33	SV		
	Istilah tepat dan mudah dipahami	3,67	SV		
	Menggunakan istilah yang ajeg	3,67	SV		
	Bahasa komunikatif dan efektif	3,67	SV		



Mutu dan inovasi pembelajaran	Kesesuaian dengan kurikulum LPTK dan sekolah	3,67	SV	0,64	Sedang
	Fokus penerapan pendidikan dunia nyata.	3,67	SV		
	Dapat digunakan melatih keterampilan pembelajaran dan inovasi (4C)	3,33	SV		
	Dapat digunakan melatih keterampilan hidup dan berkarir (religius, karakter)	3,67	SV		
	Dapat melatih penggunaan TIK	3,67	SV		
	Menunjang KBM diwarnai belajar mengetahui, belajar melakukan, belajar menjadi diri sendiri, dan belajar hidup dalam kebersamaan	3,33	SV		

Tabel 2 memperlihatkan buku ilmiah telah memenuhi kriteria validitas dari aspek desain, format, isi materi, kebahasaan, inovasi dan mutu KBM. Hal ini dikarenakan buku ini merupakan hasil refleksi pengalaman penulis dalam kegiatan penelitian/pengabdian masyarakat berkaitan dengan *STEM Learning*, pembelajaran kreatif berbasis otonomi, dan tanggung jawab kreatif peserta didik. Selain itu, buku ilmiah ini ditulis dalam bahasa populer atau dengan bahasa sederhana agar mudah dipahami oleh masyarakat umum. Buku ini termasuk valid, berarti ada konsistensi antar kelima bab yang dikembangkan. Antar bab didesain sistematis agar memudahkan para pendidik/calon pendidik dalam berusaha memahami *STEM Learning* dengan mempertimbangkan tingkatan otonomi peserta didik. Ditinjau dari pendekatan sistem pembelajaran; buku ilmiah ini memiliki konsistensi makna: (1) didesain untuk mengembangkan keterampilan abad 21 yang menunjang pertumbuhan industri 4.0; (2) mampu mengarahkan pendidik agar mampu berpikir lebih logis dan sistematis, yaitu memahami dan melaksanakan *STEM Learning* secara tahap demi tahap untuk mencapai hasil pembelajaran secara maksimal; dan (4) dapat dilakukan umpan balik untuk mengukur capaian tujuan pembelajaran (Chuseri *et al.*, 2021; Fatmawati, 2021; Rahayu, 2021; Santika, 2021; Santosa *et al.*, 2021).

Berdasarkan Tabel 2; kelebihan buku ini diantaranya mampu menyajikan beberapa pertimbangan pada pendidik kreatif yang ingin mengintegrasikan pendekatan *STEM* dalam model-model pembelajaran inovatif dengan mempertimbangkan tingkatan otonomi peserta didik. Selain itu, buku ini menyajikan integrasi pendekatan *STEM* dalam pengajaran langsung dan inkuiri terstruktur yang belum pernah/jarang ditemukan di berbagai sumber referensi buku maupun jurnal. Pembekalan informasi dan prosedur dasar *STEM* melalui pengajaran langsung sangat diperlukan untuk kesiapan pembelajaran *STEM* berpusat pada peserta didik (Subagio, 2021). Adapun **kelebihan utama** buku ini adalah integrasi pendekatan *STEM* dalam model-model pembelajaran inovatif dibingkai secara menarik dan logis dalam bentuk *Autonomy Based STEM Learning*. Namun, buku ini masih dikembangkan pada tahap define, design, dan develop. Meskipun para pakar sepakat bahwa buku ini telah memenuhi kriteria valid secara isi maupun konstruksinya. Namun, penelitian lanjutan diperlukan untuk menguji kepraktisan dan keefektifan buku ini dalam pembelajaran lingkup sains maupun non sains. Mengingat *STEM learning* saat ini menjadi trend pendidikan abad 21 (Astuti *et al.*, 2021; de Roock & Baildon, 2019; Lase, 2019; Ulfa *et al.*, 2021; Zubaidah, 2018); maka implikasi fundamental hasil penelitian ini adalah *autonomy based STEM learning* layak sebagai alternatif referensi bagi pendidik kreatif dan inovatif di era industri 4.0.

#### 4. SIMPULAN

Penelitian ini telah menghasilkan buku "*Autonomy Based STEM Learning*" yang valid digunakan sebagai alternatif buku pegangan pendidik kreatif dan inovatif di era industry 4.0. Peserta didik dapat lebih kreatif dan inovatif dalam mengintegrasikan *STEM learning* dalam model-model pembelajaran IPA inovatif dengan memperhatikan tingkatan otonomi. Apapun karakteristik peserta didiknya; pendidik kreatif mampu memilih *STEM learning* dan membelajarkannya dengan baik. Penelitian selanjutnya perlu menguji kepraktisan dan keefektifan *autonomy based STEM learning* dalam pembelajaran IPA di kelas.



## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Lambung Mangkurat yang membiayai penelitian ini dengan nomor kontrak: SP DIPA-023.17.2.677518/2021 Tanggal 23 November 2020. Selain itu, ucapan terima kasih juga Penulis sampaikan kepada FKIP ULM dan Program Pascasarjana yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian ini.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Andaresta, N., & Rachmadiarti, F. (2021). Pengembangan e-book berbasis stem pada materi ekosistem untuk melatih kemampuan literasi sains siswa. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 10(3), 635-646.
- Anggraini, R. T., Hidayat, A., Fauziyah, S., Pramono, N. A., Supriana, E., & Ali, M. (2021, March). The building of students' problem solving skills through STEM approach with virtual simulation media. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1842, No. 1, p. 012073). IOP Publishing.
- Astuti, N. H., Rusilowati, A., & Subali, B. (2021). STEM-based learning analysis to improve students' problem solving abilities in science subject: A literature review. *Journal of Innovative Science Education*, 10(1), 79-86
- Bego, C. R., Lyle, K. B., Immekus, J. C., & Ralston, P. A. (2021, October). Introducing desirable difficulty in STEM barrier courses with spaced retrieval practice. In *2021 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-6). IEEE.
- de Roock, R. S., & Baidon, M. (2019). My skills future for students, STEM learning, and the design of neoliberal citizenship in Singapore. *Cognition and Instruction*, 37(3), 285-305.
- Diana, N., & Turmudi, T. (2021). Kesiapan guru dalam mengembangkan modul berbasis STEM untuk mendukung pembelajaran di abad 21. *Edumatica: Jurnal Pendidikan Matematika*, 11(02), 1-8.
- Febriyanti, R. H. (2021). Autonomy learning in the praxis of language education: A systematic review. *Hortatori: Jurnal Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia*, 5(2), 155-165.
- Hasanah, U., & Tsutaoka, T. (2019). An outline of worldwide barriers in science, technology, engineering and mathematics (STEM) education. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(2), 193-200.
- Ibda, H., & Rahmadi, E. (2018). Penguatan literasi baru pada guru madrasah ibtidaiyah dalam menjawab tantangan era revolusi industri 4.0. *JRTIE: Journal of Research and Thought of Islamic Education*, 1(1), 1-21.
- Judy Shih, H. C. (2021). The use of individual and collaborative learning logs and their impact on the development of learner autonomy in the EFL classroom in Taiwan. *Innovation in Language Learning and Teaching*, 15(3), 195-209.
- Kranzfelder, P., Lo, A. T., Melloy, M. P., Walker, L. E., & Warfa, A. R. M. (2019). Instructional practices in reformed undergraduate STEM learning environments: A study of instructor and student behaviors in biology courses. *International Journal of Science Education*, 41(14), 1944-1961.
- Permanasari, A., Rubini, B., & Nugroho, O. F. (2021). STEM education in Indonesia: Science teachers' and students' perspectives. *Journal of Innovation in Educational and Cultural Research*, 2(1), 7-16.
- Rahman, N. A., Rosli, R., Rambely, A. S., & Halim, L. (2021). Mathematics teachers' practices of stem education: A systematic literature review. *European Journal of Educational Research*, 10(3), 1541-1559.
- Roberts, T., Jackson, C., Mohr-Schroeder, M. J., Bush, S. B., Maiorca, C., Cavalcanti, M., & Cremeans, C. (2018). Students' perceptions of STEM learning after participating in a summer informal learning experience. *International journal of STEM education*, 5(1), 1-14.
- Satriana, A. (2021). Best practise meningkatkan literasi teknologi dan sains peserta didik melalui pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan STEM. *TEACHING: Jurnal Inovasi Keguruan dan Ilmu Pendidikan*, 1(3), 184-193.
- Subekti, H., Taufiq, M., Susilo, H., Ibrohim, I., & Suwono, H. (2018). Mengembangkan literasi informasi melalui belajar berbasis kehidupan terintegrasi stem untuk menyiapkan calon guru sains dalam menghadapi era revolusi industri 4.0: review literatur. *Education and Human Development Journal*, 3(1), 81-90.
- Sumarni, W., Wijayati, N., & Supanti, S. (2019). Analisis kemampuan kognitif dan berpikir kreatif siswa melalui pembelajaran berbasis proyek berpendekatan STEM. *J-PEK (Jurnal Pembelajaran Kimia)*, 4(1), 18-30.
- Ulfa, E. M., Subiki, S., & Nuraini, L. (2021). Efektivitas penggunaan modul fisika terintegrasi STEM (science, technology, engineering, and mathematics) materi usaha dan energi di SMA. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 10(4), 136-142.
- Wicaksono, A. G. (2020). Penyelenggaraan pembelajaran IPA berbasis pendekatan STEM dalam menyongsong era revolusi industri 4.0. *LENSA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 10(1), 54-62.
- Widowati, C., Purwanto, A., & Akbar, Z. (2021). Problem-based learning integration in STEM education to improve environmental literacy. *International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding*, 8(7), 374-381.
- Zubaidah, S. (2018, October). Mengenal 4C: Learning and innovation skills untuk menghadapi era revolusi industri 4.0. In *2nd Science Education National Conference* (Vol. 13), 1-18.

