

# Autonomy Based STEM Learning: Peluang dan Hambatan Implementasinya di Era Industri 4.0

S Suyidno<sup>1\*</sup>, S Mahtari<sup>1</sup> J Siswanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Lambung Mangkurat, Jl. Brigjend H. Hasan Basry Kayutangi Banjarmasin, Kalimantan Selatan, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Pendidikan Fisika Universitas PGRI Semarang, Jl. Sidodadi Timur No 24 Semarang, Indonesia

\*Corresponding Author: suyidno\_pfis@ulm.ac.id

**Abstrak.** Di era industri 4.0; pengembangan *STEM learning* menjadi kebijakan utama bagi dunia pendidikan di berbagai negara, termasuk Indonesia. Namun, implementasinya dalam pembelajaran abad 21 adalah tidak mudah. Oleh karena itu, penelitian ini akan menganalisis peluang implementasi *Autonomy Based STEM Learning (A-STEM Learning)* di era industri 4.0 beserta hambatannya. Penelitian ini menggunakan *one group pre-test posttest design*. Subyek penelitian adalah 29 mahasiswa pendidikan fisika yang memprogram mata kuliah dasar-dasar pendidikan fisika, yang terbagi dalam 2 kelompok. Pengumpulan data menggunakan tes literasi *STEM* dan wawancara. Hasil penelitian menunjukkan implementasi *A-STEM learning* mampu meningkatkan rerata nilai literasi S-T-E-M yang awalnya cukup baik menjadi baik. Sayangnya, beberapa mahasiswa kurang memahami konten dan pedagogis *STEM*, kesulitan melakukan rekayasa produk, serta kurang kerja keras, pantang menyerah, dan tanggung jawab mahasiswa juga mempengaruhi kesuksesan dalam belajar. Namun demikian, hasil uji n-gain menunjukkan bahwa peningkatan literasi *STEM* pada kedua kelompok dalam kriteria sedang. Diperoleh simpulan bahwa *A-STEM learning* berpeluang sebagai alternatif pendekatan pembelajaran di era industri 4.0.

*Kata kunci: Autonomy, STEM learning, hambatan*

**Abstract.** The development of *STEM learning* is an important policy for the world of education in various countries according to the industrial era 4.0, including Indonesia. However, its implementation in 21st-century learning is not easy. Therefore, this study will analyze the opportunities for implementing *Autonomy Based STEM Learning (A-STEM Learning)* in the industrial era 4.0 and its obstacles. This study uses a one-group pretest-posttest design. The research subjects were 29 physics education students who programmed the basics of physics education, divided into 2 groups. Collecting data using *STEM* literacy tests and interviews. The results showed that the implementation of *A-STEM learning* increased the average literacy value of S-T-E-M which was initially good enough to be good. However, some students do not understand *STEM* content and pedagogy, have difficulty in product engineering, and lack hard work, but never give up. Student responsibility also affects success in learning. However, the results of the n-gain test showed that the increase in *STEM* literacy in both groups was within moderate criteria. It was concluded that *A-STEM learning* has the opportunity as an alternative learning approach in the industrial era 4.0.

*Keywords: Autonomy, literacy, STEM learning, barriers*

## 1. Pendahuluan

Di era industri 4.0; inovasi sains dan teknologi mempengaruhi perkembangan di berbagai bidang kehidupan manusia [1], termasuk bidang pendidikan. Menurut beberapa penelitian [2][3][4][5]; kemajuan teknologi diyakini akan menggantikan beberapa peran dosen dengan asumsi fungsinya yang

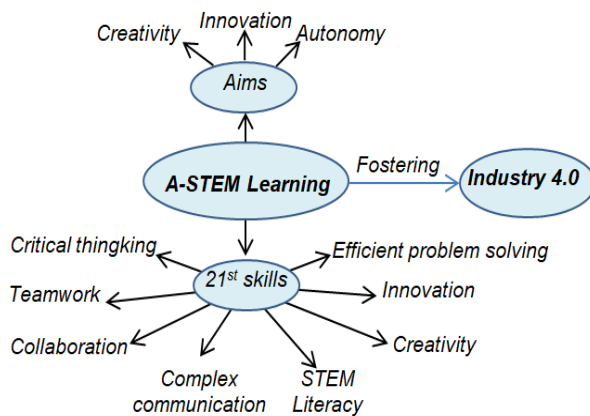
terbatas pada transfer pengetahuan kepada mahasiswa. Selain itu, tuntutan revolusi industri 4.0 mempengaruhi kompetensi dosen, seperti seperangkat pengetahuan, keterampilan, dan perilaku dalam menjalankan tugas profesionalnya [6]. Kompetensi ini bersifat pedagogik, personal, profesional, dan sosial. Oleh karena itu, mahasiswa pendidikan fisika perlu menguasai kompetensi tersebut agar menjadi guru fisika yang profesional di masa depan [7]. Dalam hal ini, mahasiswa harus menguasai berbagai kompetensi abad 21, diantaranya literasi sains, teknologi, enjiniring, dan matematika, serta berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi, dan kreativitas [6][8]. Melalui kompetensi tersebut, mahasiswa tidak hanya mengonstruksi pengetahuan sains, namun juga memanfaatkan teknologi dan membuat produk teknologi untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari.

Inovasi sains dan produk teknologi memiliki kontribusi signifikan bagi pembangunan peradapan bangsa [9]. Kompetensi tersebut sering kali melibatkan integrasi bidang sains, teknologi, enjiniring, dan matematika atau yang dikenal dengan istilah STEM [10][11]. *STEM* pertama kali diperkenalkan di Amerika Serikat dan saat ini telah menjadi trend pendidikan diberbagai belahan dunia, termasuk di Indonesia [12][13]. *STEM learning* dapat dimaknai sebagai suatu pendekatan belajar mengajar yang mengintegrasikan bidang keilmuan sains, teknologi, enjiniring, dan matematika untuk memecahkan masalah kehidupan sehari-hari [12][14]. Melalui *STEM Learning*, mahasiswa dibekali berbagai kompetensi abad 21 untuk menghadapi tantangan dan peluang kehidupan di masa depan [15].

Pengembangan *STEM learning* menjadi komitmen pemangku kepentingan di bidang pendidikan dalam beberapa tahun terakhir ini, termasuk di Indonesia [12]. Kenyataannya, implementasinya dalam pembelajaran abad 21 adalah tidak mudah [16][17]. Masih banyak pendidik yang belum menerapkan *STEM learning* sehingga pemahaman pembelajaran dan literasi *STEM* mahasiswa masih rendah. Hasil penelitian sebelumnya [18][19][20][21] menunjukkan bahwa implementasi *STEM learning* sering diintegrasikan dengan *problem/project based learning*. Kedua model tersebut terbukti sangat efektif untuk meningkatkan kreativitas, produktivitas, dan kemandirian mahasiswa. Sayangnya kesuksesan tersebut hanya bisa dinikmati oleh individu yang berbakat (pintar), bagi yang tidak berbakat akan mengalami hambatan dalam belajar fisika dan tidak mengalami kemajuan belajar secara signifikan.

Beberapa penelitian sebelumnya [22][23][24][25] merekomendasikan agar *STEM learning* bisa dinikmati oleh setiap individu, maka implementasinya dalam pembelajaran perlu mempertimbangkan tingkatan otonomi. Otonomi adalah kemampuan mahasiswa dalam memanipulasi perilakunya sendiri dalam situasi tertentu, sementara 'otonomi pembelajar' adalah kemampuan untuk melakukan perilaku mahasiswa dalam proses pembelajaran [26]. Otonomi ini memungkinkan mahasiswa untuk belajar mandiri secara efektif dan memperoleh keterampilan tersebut untuk pengalaman belajar sepanjang hayat. Berdasarkan uraian di atas; *Autonomy Based STEM Learning (A-STEM Learning)* merupakan pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan bidang keilmuan sains, teknologi, enjiniring, dan matematika untuk mencetak generasi kreatif, inovatif, dan mandiri [17][25].

Seperti *STEM Learning*; tujuan *A-STEM Learning* adalah meningkatkan kompetensi abad 21 mahasiswa yang mendukung pengembangan era industri 4.0. Secara ringkas, tujuan *A-STEM Learning* disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Tujuan *A-STEM learning* [17][Adaptasi 27])

ig adalah membekali mahasiswa dengan berbagai kompetensi abad 21. Mahasiswa disiapkan menjadi pribadi yang kreatif, inovatif, dan mandiri dalam menyelesaikan masalah kehidupan nyata [15][27][28]. Kesiapan kompetensi abad 21 diperlukan untuk mendukung Sistem Industri 4.0 yang berkualitas tinggi [27]. Dalam penelitian ini, kompetensi abad 21

ditekankan pada literasi STEM. Kompetensi ini dipilih karena mendasari semua kompetensi abad 21. Dosen bisa memfasilitasi pemikiran STEM mahasiswa dalam berinovasi sains, menerapkan teknologi dan rekayasa produk untuk menemukan solusi masalah [13][23][29]. Sepertinya *STEM learning*, implementasi *A-STEM learning* dalam pembelajaran di era industri 4.0 juga dirasakan tidaklah mudah [17]. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah menganalisis peluang implementasi *A-STEM Learning* di era industri 4.0 beserta hambatan.

## 2. Metode

Jenis penelitian ini adalah quasi eksperimen. Sampel penelitian ditetapkan 29 mahasiswa program studi pendidikan fisika, FKIP Universitas Lambung Mangkurat, Indonesia yang memprogram mata kuliah dasar-dasar pendidikan fisika. Mahasiswa dibagi 2 kelompok, yaitu kelompok I adalah 16 mahasiswa pendidikan fisika kelas A dan kelompok II adalah 13 mahasiswa pendidikan fisika kelas B. Dalam penelitian ini, variabel manipulasinya adalah buku *A-STEM Learning*. Buku tersebut telah divalidasi oleh tiga pakar *STEM learning* dan hasilnya memenuhi kriteria valid pada aspek materi, format, kebahasaan, maupun mutu dan inovasi pembelajarannya [25]. Sedangkan variabel responnya adalah kompetensi abad 21 terutama literasi *STEM* beserta hambatan.

Uji coba penelitian menggunakan *one group pre-test post-test design* ( $O_1 X O_2$ ). Pada awalnya, mahasiswa pada kedua kelompok diminta mengerjakan tes literasi *STEM* ( $O_1$ ). Tes ini berupa soal esai untuk mengukur capaian literasi sains, teknologi, enjiniring, dan matematika. Selanjutnya, Peneliti menggunakan buku "*A-STEM Learning* [17]" pada mata kuliah dasar-dasar pendidikan fisika selama 3 pertemuan. Mahasiswa dibimbing dalam berdiskusi dan mengkaji: (1) konsep dasar *STEM*; keterkaitan literasi sains, teknologi, enjiniring, dan matematika beserta contohnya; dimensi dan pendekatan *STEM*; tujuan dan manfaat, hambatan dan rekomendasi; (2) konsep dan tujuan *A-STEM Learning*, keterkaitannya dengan pembelajaran abad 21, perencanaan dan pelaksanaan pembelajarannya; (3) *A-STEM Learning* tingkat I (integrasi *STEM* melalui pengajaran langsung dan inkuiri terstruktur); tingkat II (integrasi *STEM* melalui inkuiri terbimbing, penemuan terbimbing, dan pembelajaran kooperatif); tingkat III (integrasi *STEM* dalam *problem based learning*, *project based learning*, dan *Creative Responsibility Based learning*). Pada akhir pembelajaran, mahasiswa mengerjakan kembali tes literasi *STEM* dan dilanjutkan wawancara untuk mengetahui hambatan selama proses pembelajaran.

Hasil tes literasi *STEM* dianalisis secara deskriptif kuantitatif, yaitu skor jawaban mahasiswa dihitung dengan menggunakan rubrik penilaian. Jumlah skor yang diperoleh dibagi jumlah skor maksimal dikalikan 100, kemudian disesuaikan dengan kriteria penilaian:  $100 \geq$  sangat baik  $> 85$ ,  $85 \geq$  baik  $> 70$ ,  $70 \geq$  cukup baik  $> 55$ , dan  $55 \geq$  kurang baik  $> 40$ , dan  $40 \geq$  tidak baik  $> 0$ . Selain itu, untuk mengetahui level peningkatannya dihitung menggunakan persamaan N-Gain dan disesuaikan dengan kriteria tinggi, sedang, atau rendah [30]. Sementara itu, hasil wawancara dianalisis secara deskriptif kualitatif, yaitu pengumpulan data, kemudian direduksi, diolah, dan dipaparkan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

*A-STEM learning* didesain untuk membekali kompetensi abad 21 (di antaranya literasi *STEM*). Kompetensi tersebut diperlukan untuk mencetak lulusan yang kreatif, inovatif, dan mandiri dalam mendukung pengembangan era industri 4.0 [25][27]. Hasil analisis data literasi *STEM* mahasiswa sebelum dan sesudah diterapkan *A-STEM learning* disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil analisis literasi *STEM* mahasiswa

Literasi STEM	Kelompok 1				Kelompok 2			
	Tes Awal		Tes Akhir		Tes Awal		Tes Akhir	
	Nilai	Ket	Nilai	Ket	Nilai	ket	Nilai	ket
Literasi sains	50,6	KB	80,4	B	52,0	KB	78,6	B
Literasi teknologi	62,5	CB	76,5	B	60,4	CB	75,6	B
Literasi matematika	58,4	CB	70,2	B	55,6	CB	72,4	B
Literasi enjiniring	28,6	KB	62,4	CB	30,5	KB	64,6	CB

Keterangan: KB = Kurang Baik, CB = Cukup Baik, B = Baik

Berdasarkan Tabel 1; literasi *STEM* mahasiswa pada kelompok I dan II awalnya dalam kriteria cukup/kurang baik. Berarti, mahasiswa kurang menguasai literasi sains, teknologi, enjiniring, dan matematika. Sebaliknya; setelah diterapkan *A-STEM Learning*; literasi *STEM* mahasiswa meningkat dalam kriteria baik, kecuali literasi enjiniring dalam kriteria cukup baik. Ternyata, masih ada beberapa mahasiswa yang kurang memahami literasi enjiniring. Mahasiswa masih memerlukan pembiasaan dan latihan lebih untuk menguasai literasi enjiniring; karena enjiniring melibatkan aspek kognitif, fisik motorik dan sosial untuk menyelesaikan masalah [31][32]. Selain itu, enjiniring ini berhubungan dengan aplikasi konsep sains dan matematika untuk membuat kehidupan manusia lebih baik dan bermanfaat. Lebih lanjut [31] menjelaskan enjiniring mampu meningkatkan motivasi, terlibat aktif dalam belajar, bertanggung jawab, dan belajar mandiri. Mahasiswa dilibatkan dalam proyek-proyek *STEM* yang relevan, bermakna, dan terbuka [33][34]. Selain itu, mereka bisa belajar lebih mendalam ketika bisa berpartisipasi dalam menerapkan dan meningkatkan pengetahuan sains dan matematikanya melalui proyek rekayasa [35][36]. Beberapa kendala mahasiswa dalam mengikuti *A-STEM learning* disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hambatan implementasi *A-STEM Learning*

<b>Kendala-kendala mengikuti STEM Learning</b>	
1.	Sulitnya menemukan ide dan kurang pandai berkomunikasi dengan teman
2.	Sifat yang pasif dan kurang aktif serta kurangnya komunikasi antar sesama
3.	Kesulitan melatih tanggung jawab kreatif dalam belajar STEM: (a) adanya sifat individualisme (sehingga susah kerja kolaboratif akibat trauma dengan teman dekat,(b) susah saat ingin menyampaikan ide kepada teman apalagi di saat kuliah online seperti sekarang, (c) suka gagal fokus jika diajak bicara oleh teman, 4) merasa diri belum pantas berada dikelompok tersebut, dan (d) takut jika mengecewakan kelompok.
4.	Terlalu berfokus pada satu masalah yang menyita waktu
5.	Kurangnya fasilitas yang saya punya, contoh kuota internet yang kurang memadai kemudian laptop saya kadang-kadang bisa error.
6.	Kebiasaan yang buruk atau kurang bagus sehingga sulit dihilangkan.
7.	Belum bisa manajemen waktu, antara belajar, mengerjakan tugas, dan bersosialisasi
8.	Saya biasanya bisa berpikir kreatif jika pikiran tenang atau tidak banyak hal yang dipikirkan. Tetapi jika saya saat itu sedang mengalami masalah, banyak hal yang dipikirkan, dimarahi karena suatu hal atau sedang sakit kepala saya sangat sulit untuk fokus kembali dan berpikir kreati.
9.	Saya bisa berpikir kreatif tetapi saya berpikirnya lambat dan membutuhkan waktu agak lama. Oleh karena itu kadang saya tertinggal dengan teman yang lain dan juga kurang disukai teman yang lain karena lambat memutuskan suatu hal.
10.	Kurang punya motivasi melakukan suatu hal, biasanya melakukan suatu hal karena itu tugas atau wajib. Mahasiswa merasa harus dipaksa/diberi rangsanganbaru bisa keluar ide kreatif
11.	Materi yang sedikit abstrak
12.	Keterbatasan dalam pembelajaran daring
13.	Kurang tahu teknologi terkini, kurang tahu keadaan sosial sekarang, tidak peka dan mudah putus asa
14.	Faktor-faktor itu datang dari diri sendiri yang belum terbiasa berpikir secara kreatif dan masih kurang bertanggung jawab terhadap diri saya sendiri
15.	Kurang kolaborasi penelitian bidang <i>STEM</i> , minimnya pengalaman dan investasi dalam <i>STEM learning</i>
16.	Kurang referensi dan latihan saat mempelajari stem lebih lanjut.
17.	Karena belum memahami sepenuhnya unsur-unsur <i>STEM</i> dalam setiap bagian mata pelajaran, sehingga saya masih kaku dalam menerapkan <i>STEM</i> .
18.	Kurang percaya diri, dan kurangnya motivasi
19.	Kurangnya motivasi dari pendidik bagi para peserta didik dalam pembelajaran
20.	Kurangnya minat dari dirinya pribadi dalam melatih tanggung jawab kreatif dalam belajar <i>STEM</i>
21.	Tidak adanya kerjasama ketika berkegiatan tim antara peserta didik yang satu dengan yang lain, ketika pembelajaran <i>STEM</i> berlangsung.
22.	Memiliki kekurangan dalam pengetahuan sehingga kesulitan belajar <i>A-STEM learning</i>
23.	memadai dan kurangnya pengasahan kreatifitas mandiri.
24.	Kurangnya fasilitas yang mendukung, sehingga terkendala dan malas
25.	Faktor waktu dan tuntutan yang saya rasa, selalu menjadi beban bagi saya, serta juga kurang tertariknya dengan suatu hal yang membuat saya menjadi tidak bersemangat untuk melakukan sesuatu hal.

26. Mungkin untuk saat ini kurangnya fasilitas di sekolah dan mungkin masih ada guru yg mengajar dalam sistem hanya menjelaskan tanpa memperhatikan dan menggunakan prinsip STEM.
27. Kemungkinan terdistraksi dengan masalah lain, komunikasi yang terjalin kurang erat, makna kolaboratif yang kurang terasa.
28. Kemungkinan terdistraksi dengan masalah lain, komunikasi kurang erat, makna kolaboratif kurang terasa.
29. Fasilitas kurang mendukung dan kurangnya rasa percaya diri dalam menyampaikan pendapat.
30. Masih kurang pengetahuan yang lebih luas
31. Kesulitan melatih tanggung jawab dan kreatif dalam belajar STEM adalah tidak percaya diri dengan ide-ide dari diri sendiri karena terlalu memikirkan hasil karena takut salah
32. Kerja otak yang lambat dalam mentransfer dan merespon segala informasi yang masuk ke otak saya. Saya perlu waktu sedikit lebih lama dalam memproses informasi.
33. Lambat dalam menghasilkan ide/pendapat. Ketika diskusi, saya terkadang bingung mau menyampaikan apa, tapi setelah selesai biasanya baru muncul pendapat/ide.
34. Masih minder dalam memberikan pendapat dalam berdiskusi kelompok
35. Kurang bahan bacaan, fasilitas, kemampuan diri yg kurang

Berdasarkan Tabel 2; beberapa mahasiswa kesulitan memahami *A-STEM learning*, diantaranya konten dan pedagogis *STEM*. Dalam hal ini, konten *STEM* melibatkan pengetahuan dan keterampilan mengenai sains, teknologi, enjiniring, dan matematika [37]. Sedangkan, pedagogis *STEM* berkaitan dengan perencanaan dan pelaksanaan *STEM learning* di kelas [38]. Mahasiswa merasa memerlukan lebih banyak waktu untuk memahami konten dan pedagogis *STEM* tersebut [37][37]. Selain itu, kerja keras, tanggung jawab, dan pantang menyerah diyakini sangat mempengaruhi kesuksesan mahasiswa [12]. Namun demikian, hasil analisis N-gain menunjukkan ada peningkatan literasi *STEM* mahasiswa seperti disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** N-gain literasi *STEM* mahasiswa

Kelompok	Literasi <i>STEM</i>				N-Gain	
	Tes Awal		Tes Akhir		<g>	Kriteria
I	50,50	Cukup	74,98	Baik	0,49	Sedang
II	49,63	Cukup	74,05	Baik	0,48	Sedang

Berdasarkan Tabel 3; rerata nilai literasi *STEM* mahasiswa pada kelompok I maupun II pada awalnya dalam kriteria cukup baik. Setelah diterapkan *A-STEM Learning*, rerata nilai literasi *STEM* mahasiswa meningkat dalam kriteria baik. Selain itu, hasil uji n-gain menunjukkan peningkatannya dalam kriteria sedang. Berarti, *A-STEM learning* berpeluang digunakan untuk meningkatkan literasi *STEM* mahasiswa. Sejalan dengan pandangan John Dewey [39]; kelas mencerminkan laboratorium pemecahan masalah kehidupan nyata. Mahasiswa dilibatkan aktif dalam inkuiri, diskusi ilmiah, tugas proyek, atau tugas-tugas kreatif untuk menyelesaikan masalah [40]. Sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya [41] bahwa setiap komponen *STEM* memberikan kontribusi berharga bagi pendidikan secara menyeluruh. Dalam hal ini, sains memberikan pemahaman mendalam mengenai dunia sekitar sehingga mahasiswa bisa menjaga, melestarikan, dan memanfaatkannya untuk kebaikan. Teknologi mempersiapkan mahasiswa untuk bekerja di lingkungan yang penuh dengan inovasi teknologi tinggi. Teknik memungkinkan mahasiswa untuk meningkatkan keterampilan memecahkan masalah dan menerapkan pengetahuan dalam proyek baru. Matematika memungkinkan mahasiswa menganalisis informasi, menghindari kesalahan, dan membuat keputusan yang tepat ketika merancang solusi. Selain itu, pertimbangan otonomi juga menjadi faktor kunci keberhasilan pembelajaran sesuai tingkatan kemandirian mahasiswa dalam belajar [23][26][42][43]. Dengan demikian; meskipun masih ada beberapa hambatan selama proses pembelajarannya, implementasi *A-STEM Learning* diyakini termasuk efektif untuk meningkatkan kompetensi abad 21 terutama literasi *STEM* mahasiswa.

#### 4. Simpulan

Implementasi *A-STEM Learning* memiliki peluang sebagai alternatif pendekatan pembelajaran di era industri 4.0. Beberapa hambatan selama pembelajaran diantaranya mahasiswa kurang memahami konten dan pedagogis *STEM*, kesulitan melakukan rekayasa produk, serta kurang bekerja keras, pantang menyerah, dan tanggung jawab dalam menyelesaikan tugas-tugas *STEM*. Namun demikian, literasi *STEM* mahasiswa mengalami peningkatan dalam kriteria sedang. Mahasiswa dilibatkan aktif dalam proyek-proyek *STEM* yang relevan, bermakna, dan terbuka untuk menyelesaikan masalah kehidupan nyata. Penelitian selanjutnya diperlukan untuk mengetahui keefektifan *A-STEM learning* pada kompetensi abad 21 selain literasi *STEM*.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Lambung Mangkurat (ULM) dan Prodi Pendidikan Fisika FKIP ULM yang telah membiayai dan memfasilitasi penelitian ini.

#### Daftar Pustaka

- [1] Sima V, Gheorghe I G, Subić J and Nancu D 2020 Influences of the industry 4.0 revolution on the human capital development and consumer behavior: A systematic review *Sustainability* **12**(10) 4035
- [2] Atman Uslu N and Usluel Y K 2019 Predicting technology integration based on a conceptual framework for ICT use in education *Technology, Pedagogy and Education*, **28**(5) 517-531
- [3] Gjelaj M, Buza K, Shatri K and Zabeli N 2020 Digital technologies in early childhood: attitudes and practices of parents and teachers in Kosovo *International Journal of Instruction* **13**(1) 165-184
- [4] Hermanto Y B and Srimulyani V A 2021 The challenges of online learning during the covid-19 pandemic *Jurnal Pendidikan Dan Pengajaran* **54**(1) 46-57
- [5] Nazari M and Seyri H 2021 Coidentity: examining transitions in teacher identity construction from personal to online classes *European Journal of Teacher Education* 1-20
- [6] Maknun J, Barliana M S, Rahmawati Y and Wahyudin D 2021 Teacher competency of vocational high school (SMK) in the era of industrial revolution 4.0. *6th UPI Int. Conf. on TVET 2020* (Atlantis Press) p 168
- [7] Alghamdi A K and Al-Ghamdi N A 2021 Elementary teachers' thoughts about distance education and learning 21st-century skills during COVID pandemic *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research* **20**(3) 33-50
- [8] Xie K, Nelson M J, Cheng S L and Jiang Z 2021 Examining changes in teachers' perceptions of external and internal barriers in their integration of educational digital resources in K-12 classrooms *Journal of Research on Technology in Education* 1-26
- [9] Rahmatullah A S, Mulyasa E, Syahrani S, Pongpalilu F and Putri R E 2022 Digital era 4.0: The contribution to education and student psychology *Linguistics and Culture Review* **6** 89-107
- [10] González-Pérez L I and Ramírez-Montoya M S 2022 Components of education 4.0 in 21st century skills frameworks: Systematic review *Sustainability* **14**(3) 1493
- [11] Sołtysik-Piorunkiewicz A and Zdonek I 2021 How society 5.0 and industry 4.0 ideas shape the open data performance expectancy *Sustainability* **13**(2) 917
- [12] Permanasari A, Rubini B and 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
- [13] Nivera G C, Limjap A A, Paderna E E S and Pastor C J M 2021 STEM teacher education in the Philippines *STEM Education from Asia* (Routledge) p 69
- [14] Nugroho O F, Permanasari A, Firman H and Riandi R 2021 The importance of stem based education in indonesia curriculum *Pedagogal: Jurnal Ilmiah Pendidikan* **5**(2) 56-61
- [15] Irwanto I, Saputro A D, Ramadhan M F and Lukman I R 2022 Research trends in STEM education from 2011 to 2020: A systematic review of publications in selected journals *International Journal of Interactive Mobile Technologies* **16**(5)

- [16] Rusydiyah E F, Indarwati D, Jazil S, Susilawati S and Gusniwati G 2021 STEM learning environment: Perceptions and implementation skills in prospective science teachers *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia* **10**(1) 138-148
- [17] Suyidno, Mahtari S and Siswanto J 2021 Autonomy based STEM learning (Banjarmasin: Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Lambung Mangkurat)
- [18] Arifin N 2020 Efektivitas pembelajaran stem problem based learning ditinjau dari daya juang dan kemampuan pemecahan masalah matematis mahasiswa PGSD *Jurnal Pendidikan Matematika Indonesia* **5**(1) 31
- [19] Samsudin N, Hashim Y Z H Y, Salleh H M and Ariffin A 2021 Proliferation of rat amniotic stem cell (AFSC) on modified surface microcarrier. In *Multifaceted Protocols in Biotechnology* vol 2 (Cham: Springer) p 63
- [20] Sari U, Duygu E, Şen Ö F and Kirindi T 2020 The effects of STEM education on scientific process skills and STEM awareness in simulation based inquiry learning environment *Journal of Turkish Science Education* **17**(3) 387-405
- [21] Wahono B, Lin P L and Chang C Y 2020 Evidence of STEM enactment effectiveness in Asian student learning outcomes *International Journal of STEM Education* **7**(1) 1-18
- [22] Fadzil H M, Saat R M, Awang K and Adli D S H 2019 Students' perception of learning stem-related subjects through scientist-teacher-student partnership (STSP) *Journal of Baltic Science Education* **18**(4) 537-548
- [23] Mahasneh A, Al-Zou'bi Z and Gazo A 2020 Engineering and science faculty students perceptions regarding learner autonomy *Journal of Turkish Science Education* **17**(3) 342-350
- [24] Ülger B B and Çepni S 2020 Gifted education and STEM: A thematic review *Journal of Turkish Science Education* **17**(3) 443-467
- [25] Suyidno, Mahtari S, Arifuddin M, Fatona N and Fitriyani 2022 Autonomy based STEM learning: Buku referensi bagi pendidik kreatif dan inovatif di era industri 4.0. Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah 7(3) (Banjarmasin: LPPM Universitas Lambung Mangkurat) p 7
- [26] Iamudom T and Tangkiengsirisin S 2020 A comparison study of learner autonomy and language learning strategies among Thai EFL learners *International Journal of Instruction* **13**(2) 199-212
- [27] Idin S 2020 *Research highlights in education and science 2020* (Istanbul: ISRES Publishing)
- [28] Ariana Y, Pudjiastuti A, Bestary R and Zamroni 2018 *Buku pegangan pembelajaran berorientasi pada keterampilan berpikir tingkat tinggi* (Jakarta: Direktorat Jendera Guru dan Tenaga Kependidikan, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan)
- [29] Capobianco B M, Radloff J and Lehman J D 2021 Elementary science teachers' sense-making with learning to implement engineering design and its impact on students' science achievement *Journal of Science Teacher Education* **32**(1) 39-61
- [30] Hake R R 1998 Interactive-engagement versus traditional methode: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory *Physics Course*, p 6
- [31] Cunningham C M, Lachapelle C P and Davis M E 2018 Engineering concepts, practices, and trajectories for early childhood education *In Early engineering learning* (Singapore:Springer) p 135
- [32] Lestari H, Rahmawati I, Siskandar R and Dafenta H 2021 Implementation of blended learning with a stem approach to improve student scientific literacy skills during the covid-19 pandemic *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA* **7**(2) 224-231
- [33] Hadiyanti N F D, Prihandoko A C, Murtikusuma R P, Khasanah N and Maharani P 2021 Development of mathematics e-module with STEM-collaborative project based learning to improve mathematical literacy ability of vocational high school students *Journal of Physics: Conference Series* **1839**(1) p 012031
- [34] Heliawati L, Afakillah I I and Pursitasari I D 2021 Creative problem-solving learning through open-ended experiment for students' understanding and scientific work using online learning *International Journal of Instruction* **14**(4) 321-336
- [35] Sumarni W and Kadarwati S 2020 Ethno-stem project-based learning: Its impact to critical and creative thinking skills *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia* **9**(1) 11-21

- [36] Hanif S, Wijaya A F C and Winarno N 2019 Enhancing students' creativity through stem project-based learning *Journal of science Learning* **2**(2) 50-57
- [37] Banila L, Lestari H and Siskandar R 2021 Penerapan blended learning dengan pendekatan STEM untuk meningkatkan kemampuan literasi sains siswa pada pembelajaran biologi di masa pandemi covid-19 *Journal of Biology Learning* **3**(1) 25-33
- [38] Nuragnia B and Usman H 2021 Pembelajaran STEAM di sekolah dasar: Implementasi dan tantangan *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan* **6**(2) 187-197
- [39] Widodo E 2021 The effect of virtual laboratory application of problem-based learning model to improve science literacy and problem-solving skills *7th International Conference on Research, Implementation, and Education of Mathematics and Sciences* (Atlantis Press) p 633
- [40] Heliawati L, Afakillah I I and Pursitasari I D 2021 Creative problem-solving learning through open-ended experiment for students' understanding and scientific work using online learning *International Journal of Instruction* **14**(4) 321-336
- [41] Mystakidis S, Christopoulos A and Pellas N 2021 A systematic mapping review of augmented reality applications to support STEM learning in higher education *Education and Information Technologies* 1-45
- [42] Melvina M and Julia J 2021 Learner autonomy and English proficiency of Indonesian undergraduate students *Cypriot Journal of Educational Sciences* **16**(2) 803-818
- [43] Saeed M A 2021 Learner autonomy: Learners' perceptions on strategies to achieve autonomy in an EFL classroom *International Journal of Linguistics Literature and Translation* **4**(3) 150-158