

Peningkatan Keterampilan Ilmiah Peserta Didik dalam Pembelajaran Fisika Melalui Penerapan Pendekatan STEM dan E-Learning

I Gusti Agung Wisnu Wibowo*

SMA Negeri Bali Mandara

ARTICLE INFO

Article history:

Received 19 May 2018
Received in revised form
25 July 2018
Accepted 10 October 2018
Available online 29
November 2018

Kata Kunci:

STEM, E-Learning,
Pembelajaran Fisika,
Keterampilan Ilmiah Siswa

Keywords:

STEM, E-Learning, Physics
Learning, Student's
Scientific Skills

ABSTRAK

Penelitian tindakan ini bertujuan untuk meningkatkan keterampilan ilmiah siswa melalui penerapan STEM dan e-learning dalam pembelajaran fisika. Penelitian ini dilakukan mulai 4 hingga 26 September 2018 dan melibatkan 27 siswa kelas XI MIPA3 SMA Negeri Bali Mandara tahun akademik 2018/2019. Penelitian ini terdiri dari dua siklus belajar yang masing-masing siklus memiliki empat tahap: perencanaan, tindakan, observasi, dan refleksi. Keahlian ilmiah siswa adalah nilai yang dicapai oleh siswa setelah melakukan beberapa kegiatan ilmiah di kelas dan diamati dengan menggunakan lembar penilaian keterampilan ilmiah siswa. Hasilnya mengatakan bahwa skor keterampilan ilmiah setiap siswa melebihi kriteria keberhasilan penelitian. Pada siklus pembelajaran pertama, ada 66% keterampilan ilmiah siswa dalam kategori sangat baik, 33% dalam kategori baik, dan 11% dalam kategori cukup. Selain itu, pada siklus belajar kedua, ada 44% dalam kategori sangat baik dan 56% dalam kategori baik. Para siswa juga memberikan respon positif terhadap implementasi STEM dan e-learning dalam pembelajaran fisika.

ABSTRACT

This action research aimed to improve student's scientific skills through implementation STEM and e-learning in physics learning. This research was conducted from 4 to 26 September 2018 and involving 27 students XI MIPA3 class of SMA Negeri Bali Mandara academic year 2018/2019. This research consist of two learning cycles which each cycle has four stages: planning, action, observation, and reflection. Student's scientific skills is the score achieved by the student after did some scientific activities in the class and observed by using student's scientific skills assessment sheet. The result said that the score of each student's scientific skill exceeded the research success criteria. On first learning cycles, there were 66% of the student's scientific skill in the excellent category, 33% were in good category, and 11% were in enough category. Moreover, on second learning cycle, there were 44% in excellent category and 56% were in good category. The students also give a positive response to the implementation STEM and e-learning in physics learning.

1. Pendahuluan

Revolusi industri keempat telah muncul sebagai era baru dalam perkembangan peradaban. Revolusi industri keempat ditandai dengan dikembangkannya artificial intelligence (AI) yang membawa dampak digitalisasi dan otomatisasi dalam berbagai sektor dalam kehidupan seperti dalam perdagangan, industri, pertambangan, pariwisata, pendidikan, hingga pada penggunaan uang digital dalam perdagangan (Butler & Adam, 2018). Perkembangan berbagai situs seperti Traveloka, Airy Rooms, Bukalapak, Blibli, Shopee, Go-Jek, Grab, dan Elevania merupakan beberapa bentuk perkembangan digitalisasi dan otomatisasi di era revolusi industri keempat.

Digitalisasi dan otomatisasi dalam berbagai sektor ini ternyata membawa dampak munculnya berbagai pekerjaan baru terkait dengan pengembangan AI dan sekaligus menghilangkan banyak pekerjaan yang telah ada (Liao et al, 2018). Misalnya, orang tidak perlu lagi harus berbelanja langsung ke toko karena sudah tersedia situs untuk pemasaran produk sehingga pekerjaan buruh penjaga toko akan semakin sedikit diperlukan di masa mendatang. Data serupa juga disampaikan oleh Habibi (2018) bahwa kompetensi lulusan kini masih belum memenuhi tuntutan dalam revolusi industri keempat sehingga perlu diadakan revolusi terhadap pendidikan agar dapat menghasilkan outcome yang sesuai.

Butler dan Adam (2018) menegaskan bahwa perkembangan AI sendiri membawa dua implikasi utama dalam pendidikan. Pertama, penelitian pendidikan perlu diadakan mencakup berbagai bidang yang relevan untuk pengembangan AI agar dapat memberikan pelayanan yang cepat kepada publik. Kedua, revolusi dalam kurikulum dan pembelajaran perlu segera dilakukan. Terkait dengan implikasi kedua, Liao et al. (2018) menerangkan bahwa pembelajaran harus lebih mengedepankan pada literasi dan pemahaman mendalam mengenai cara kerja berbagai sistem di dunia dibandingkan hanya belajar melalui tutor robotic. Berdasarkan pendapat tersebut, implikasi besar revolusi industri keempat terhadap pendidikan akan memerlukan perubahan tata kelola pendidikan mulai dari sarana dan prasarana, kualitas guru, kurikulum, serta sistem pembelajaran sehingga mampu dihasilkan outcome yang sesuai dengan kebutuhan dunia kerja.

Selain revolusi pendidikan, pemahaman mendalam mengenai karakteristik khusus peserta didik sebagai input dalam pendidikan tentunya juga menentukan kualitas outcome pendidikan. Berkup (2014) memaparkan bahwa peserta didik sekarang termasuk dalam kelompok generasi z yang merupakan generasi yang dilahirkan setelah tahun 1995. Generasi ini memiliki karakter cenderung bebas, individualis, dan ketergantungan tinggi pada teknologi dan kecepatan memperoleh informasi melalui media digital dan internet. Karakter ini tentunya harus difasilitasi dalam proses pendidikan sehingga peserta didik memperoleh pendidikan yang sesuai dengan kebutuhannya.

Untuk menjawab tantangan revolusi industri keempat serta memfasilitasi pendidikan bagi generasi z, pemerintah telah menetapkan kebijakan penerapan kurikulum 2013 yang berbasis kompetensi (sikap, pengetahuan, dan keterampilan) yang mengedepankan pendidikan karakter, literasi, dan keterampilan abad 21 (berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi). Pelatihan dan pendampingan pelaksanaan kurikulum 2013 telah menysasar hampir seluruh sekolah di Indonesia guna mememeratakan kualitas pendidikan yang diterima peserta didik. Melalui penerapan kurikulum 2013 ini diharapkan mampu memfasilitasi peserta didik untuk memperoleh kompetensi sesuai dengan keperluan era revolusi industri keempat.

SMAN Bali Mandara sebagai salah satu unit pendidikan formal telah menerapkan kurikulum 2013 dengan sistem SKS sejak tahun pelajaran 2016/2017 yang bertekad memberikan pelayanan pendidikan berkualitas. Kegiatan pembelajaran telah dilaksanakan mengacu pada Permendikbud No. 22 Tahun 2016 tentang standar proses dengan sistem pembelajaran berbasis e-learning. Kegiatan pembelajaran sudah menggunakan bantuan berbagai media pendukung dan bisa dilaksanakan di kelas maupun di luar kelas. Jumlah peserta didik dalam tiap rombongan belajar cukup ideal karena masih kurang dari 30 orang. Melalui pemenuhan standar nasional pendidikan ini diharapkan mampu menghasilkan output yang berkualitas dan sesuai dengan kebutuhan era revolusi industri keempat.

Melalui proses pembelajaran yang terstandar, ternyata ouput yang dihasilkan masih perlu ditingkatkan. Dalam kegiatan pembelajaran fisika di kelas XI MIPA3 SMAN Bali Mandara pada ditemukan bahwa hanya sebanyak 37 % peserta didik yang mampu mencapai ketuntasan belajar minimal (KBM) keterampilan ilmiah peserta didik sebesar 75 dan hanya sebanyak 1% dari peserta didik yang tuntas yang berhasil mencapai kategori baik. Hasil ini tentunya harus segera dievaluasi lebih lanjut.

Berdasarkan hasil wawancara secara mendalam dengan peserta didik kelas XI MIPA3 SMAN Bali Mandara, ditemukan bahwa keterampilan ilmiah peserta didik masih perlu ditingkatkan terutama dalam merencanakan kegiatan dan mengkomunikasikan hasil kegiatan baik secara lisan maupun secara tertulis. Hasil wawancara juga memaparkan bahwa peserta didik merasa jemu saat mengerjakan kegiatan pembelajaran mandiri baik yang dilaksanakan secara daring maupun secara tertulis karena pelibatan

aktivitas fisik masih kurang. Pembelajaran berlangsung secara daring tetapi belum diberikan arahan mengenai aktivitas keterampilan yang akan dilaksanakan. Selain itu, banyaknya aktivitas di luar pembelajaran yang cukup mengganggu waktu belajar di kelas maupun mandiri juga menjadi faktor keterampilan ilmiah peserta didik masih rendah.

Jika hasil wawancara dianalisis lebih lanjut, ditemukan dua akar masalah yang menyebabkan keterampilan ilmiah peserta didik masih kurang. Pertama, kegiatan pembelajaran fisika belum memberikan penekanan yang cukup dalam pengembangan keterampilan ilmiah pada aspek perencanaan kegiatan dan pengkomunikasian hasil kegiatan. Pada dasarnya, kegiatan pembelajaran fisika yang dilaksanakan telah disesuaikan dengan model pembelajaran inovatif tetapi belum ada kontrol yang baik dalam implementasinya terkait dengan pengembangan keterampilan ilmiah.

Kedua, kegiatan pembelajaran belum memfasilitasi kebutuhan peserta didik yang termasuk dalam generasi z di mana aktifitas fisik saling terkait dengan media digital. Seperti yang telah dipaparkan sebelumnya, generasi z adalah generasi yang aktivitas fisiknya tidak lepas dari media digital dan internet. Dengan demikian, perlu adanya kegiatan pembelajaran yang mampu memfasilitasi kebutuhan peserta didik ini sehingga peserta didik dapat melaksanakan kegiatan pembelajaran dengan nyaman.

Bertolak dari dua akar permasalahan tersebut, kegiatan pembelajaran fisika perlu dibenahi di mana kegiatan pembelajaran harus dirancang di samping mampu memberikan kontrol yang baik terhadap pengembangan keterampilan ilmiah juga mampu memberikan aktifitas fisik secara digital. Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) dan e-learning dalam kegiatan pembelajaran dapat menjadi sebuah solusi untuk permasalahan ini. Evans (2011) menerangkan bahwa pendekatan STEM dengan keterampilan praktek sains dan teknik dapat memfasilitasi pengembangan keterampilan ilmiah sesuai dengan kebutuhan peserta didik dalam pemecahan permasalahan.

STEM merupakan disiplin ilmu yang berkaitan erat satu sama lain. Sains memerlukan matematika sebagai alat dalam mengolah data, sedangkan teknologi dan teknik merupakan aplikasi dari sains. Pendekatan STEM dalam pembelajaran diharapkan dapat menghasilkan pembelajaran yang bermakna bagi siswa melalui integrasi pengetahuan, konsep, dan keterampilan secara sistematis. Beberapa manfaat dari pendekatan STEM membuat siswa mampu memecahkan masalah menjadi lebih baik, inovator, inventors, mandiri, pemikir logis, dan literasi teknologi (Morrison dalam Stohlmann, Moore, & Roehrig, 2012, p. 29). Melalui pembelajaran STEM, siswa memiliki literasi sains dan teknologi yang nampak dari membaca, menulis, mengamati, serta melakukan sains sehingga dapat dijadikan bekal untuk hidup bermasyarakat dan memecahkan permasalahan yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari yang terkait dengan bidang ilmu STEM (Mayasari et al., 2014, p.376).

Praktek sains dan teknik dalam pendekatan STEM dibagi menjadi 8 komponen yang dapat dipilih dalam pemecahan permasalahan dalam pembelajaran (Evans, 2011). Kedelapan komponen tersebut terdiri dari membuat pertanyaan dan mendefinisikan masalah, mengembangkan dan menggunakan model, merencanakan dan melakukan investigasi, menganalisis dan menginterpretasikan data, menggunakan pemikiran matematika dan komputasi, mengkonstruksi penjelasan dan merancang solusi, melibatkan dalam argumentasi dan pembuktian, serta mengumpulkan, mengevaluasi, dan mengkomunikasikan informasi. Pemilihan komponen yang akan digunakan dalam pembelajaran bergantung pada keterampilan yang ingin dikembangkan pada peserta didik serta masalah yang ingin dipecahkan.

E-learning merupakan pembelajaran yang memanfaatkan media elektronik (Somayeh et al, 2016). Media elektronik yang dimanfaatkan dapat mencakup proyektor, papan tulis elektronik, laptop, internet, dan semua perlengkapan elektronik lain yang dimanfaatkan dalam pembelajaran. Somayeh et al. (2016) juga membedakan definisi antara pembelajaran jarak jauh dengan e-learning di mana pembelajaran jarak jauh lebih pada pemanfaatan media internet untuk bertatap muka dan berinteraksi dalam pembelajaran sedangkan dalam e-learning tetap mensyaratkan terjadinya tatap muka dengan variasi penggunaan media elektronik. Penggunaan pendekatan e-learning dalam pembelajaran fisika dapat memfasilitasi kebutuhan peserta didik generasi z akan media digital dengan tanpa meninggalkan aktivitas fisik.

Berdasarkan pemaparan tersebut, pendekatan STEM akan memberikan kontrol terhadap pengembangan keterampilan ilmiah dan pendekatan e-learning akan memfasilitasi kebutuhan peserta didik akan pemanfaatan media digital dalam pembelajaran. Oleh karena itu, pendekatan STEM dan e-learning dapat menjadi alternatif solusi dalam memfasilitasi perkembangan keterampilan ilmiah peserta didik dalam pembelajaran fisika kelas XI MIPA3 di SMAN Bali Mandara.

2. Metode

Penelitian ini merupakan penelitian tindakan kelas dengan penerapan pendekatan STEM dan *e-learning* dalam pembelajaran fisika yang diberikan kepada peserta didik kelas XI MIPA3 SMAN Bali

Mandara Tahun Pelajaran 2018/2019 yang berjumlah 27 orang. Kegiatan ini dilaksanakan dari tanggal 4 sampai dengan 26 September 2018 yang dibagi menjadi 2 siklus. Rincian kompetensi dasar pada tiap siklus disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rincian Kompetensi Dasar Pada Tiap Siklus Penelitian

No	Siklus	Kompetensi Dasar
1	I	3.3 Menerapkan hukum-hukum fluida statik dalam kehidupan sehari-hari. 4.3 Merancang dan melakukan percobaan yang memanfaatkan sifat-sifat fluida statik, berikut presentasi hasil percobaan dan pemanfaatannya.
2	II	3.4 Menerapkan prinsip fluida dinamik dalam teknologi. 4.4 Membuat dan menguji proyek sederhana yang menerapkan prinsip dinamika fluida.

Penelitian ini diawali dengan studi kasus permasalahan yang dialami di kelas XI MIPA3 pada pembelajaran fisika dengan melaksanakan wawancara secara mendalam dengan peserta didik dan pengamatan data keterampilan ilmiah peserta didik. Selanjutnya, berdasarkan hasil studi kasus dibuat perencanaan kegiatan penelitian yang terdiri dari 2 siklus. Tiap siklus pada penelitian dibagi menjadi 4 tahapan yaitu membuat perencanaan berdasarkan permasalahan, melaksanakan penelitian sesuai perencanaan, melaksanakan pengamatan, dan melaksanakan refleksi terhadap hasil penelitian.

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini berupa data keterampilan ilmiah peserta didik yang merupakan skor yang diperoleh peserta didik setelah melaksanakan aktivitas ilmiah dan ilaidikumpulkan dengan metode observasi menggunakan lembar observasi keterampilan ilmiah. Data keterampilan ilmiah ini kemudian dianalisis secara kuantitatif berdasarkan kriteria pada Tabel 2 dan secara kualitatif untuk mengetahui intepretasi data keterampilan ilmiah peserta didik. Penelitian ini akan dikatakan berhasil jika keterampilan ilmiah peserta didik lebih dari atau sama dengan ketuntasan belajar minimal (KBM) mata pelajaran fisika yaitu 75.

Tabel 2. Kategori Keterampilan Ilmiah Peserta Didik

No	Rentang Skor Keterampilan Ilmiah	Kategori
1	$91,8 \leq x \leq 100$	Sangat Baik
2	$83,4 \leq x \leq 91,7$	Baik
3	$75 \leq x \leq 83,3$	Cukup
4	< 75	Kurang

Selain data keterampilan ilmiah, wawancara secara mendalam juga dilaksanakan untuk mengetahui respon serta tanggapan peserta didik mengenai kegiatan pembelajaran yang telah dilaksanakan. Respon dan tanggapan peserta didik ini kemudian akan dianalisis secara kualitatif untuk mengetahui hambatan yang dihadapi peserta didik dalam melaksanakan pembelajaran fisika dengan pendekatan STEM dan *e-learning* sehingga dapat diputuskan tindak lanjut terhadap penerapan pembelajaran ini pada kompetensi dasar selanjutnya. Selain itu, hasil analisis ini juga digunakan untuk mengetahui inovasi lebih lanjut yang perlu dilakukan dalam pembelajaran untuk memfasilitasi kebutuhan peserta didik.

3. Hasil dan Pembahasan

Distribusi persentase (%) pencapaian keterampilan ilmiah peserta didik pada masing-masing kategori tiap siklus disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi Pencapaian Keterampilan Ilmiah Peserta Didik

No	Kategori	Siklus 1 (%)	Siklus 2 (%)
1	Sangat Baik	56	44
2	Baik	33	56
3	Cukup	11	0
4	Kurang	0	0

Tabel 3 menunjukkan bahwa tidak terdapat peserta didik yang mencapai skor keterampilan ilmiah di bawah 75 pada kedua siklus sehingga keterampilan ilmiah peserta didik sudah melampaui kriteria

keberhasilan penelitian. Tabel 3 juga menunjukkan bahwa jumlah peserta didik yang mencapai kategori sangat baik mengalami penurunan dari 56% pada siklus I menjadi 44 % pada siklus II. Akan tetapi, pada siklus II tidak terdapat peserta didik yang berada pada kategori cukup. Namun, secara keseluruhan hasil penelitian ini telah memenuhi kriteria keberhasilan.

Dalam pelaksanaan kegiatan penelitian terdapat perbedaan perlakuan kepada peserta didik pada siklus I dan II di mana pada siklus II penguatan literasi digital diberikan pada level yang lebih tinggi dibandingkan dengan siklus I. Pada siklus I, level literasi digital yang dilaksanakan oleh peserta didik adalah pada tahap mengumpulkan berbagai informasi dari berbagai sumber di internet, literasi multimoda melalui analisis video, serta melaksanakan forum diskusi melalui *Learning Manajemen System* (LMS). Pada siklus II, selain melaksanakan kegiatan literasi digital seperti pada siklus I juga ditambahkan dengan pembuatan dan pengunggahan video kegiatan praktikum berkelompok. Kegiatan ini tentunya memerlukan keterampilan literasi digital yang lebih tinggi yaitu pengeditan dan pengunggahan video yang harus dipelajari dulu oleh peserta didik sebagai pemula. Hal ini tentunya berpengaruh terhadap pencapaian keterampilan ilmiah peserta didik.

Pendampingan kegiatan praktikum pada siklus I dan siklus II juga memiliki perbedaan. Pada siklus I, peserta didik melaksanakan kegiatan praktikum mulai dari perencanaan, pelaksanaan, dan mengkomunikasikan hasil praktikum dilaksanakan secara terbimbing. Pada siklus II, pembimbingan hanya ditekankan pada saat perencanaan praktikum sedangkan kegiatan pelaksanaan dan mengkomunikasikan hasil praktikum dilaksanakan secara mandiri di mana penilaian dilakukan berdasarkan video yang telah diunggah. Perbedaan perlakuan ini dapat mengakibatkan perbedaan hasil pada siklus I dan siklus II.

Pelaksanaan penelitian ini tidak terlepas dari beberapa kendala. Pada siklus I, peneliti mengalami kendala dalam menyediakan cairan yang digunakan dalam praktikum koefisien kekentalan zat cair. Selain itu, peneliti juga kesulitan dalam memilih bola yang akan digunakan dalam percobaan tersebut. Untuk mengatasi kendala ini, peneliti mengajak peserta didik berdiskusi dalam menentukan cairan dan bola yang sesuai untuk digunakan. Akhirnya, diputuskan untuk menggunakan beberapa cairan pembersih lantai yang ada di asrama peserta didik sebagai objek yang akan ditentukan kekentalannya melalui percobaan dan bola kelereng sebagai media ujinya. Dengan pemilihan bahan ini, kegiatan praktikum telah terlaksana sesuai dengan perencanaan.

Pada siklus II, peserta didik mengalami kendala dalam merencanakan kegiatan praktikum yang sesuai, pengeditan video praktikum, dan pengunggahan video praktikum. Dalam merencanakan praktikum, peneliti melaksanakan kegiatan diskusi dengan peserta didik di mana peneliti memberikan beberapa contoh praktikum yang relevan dengan kompetensi dasar sehingga peserta didik dapat menyelesaikan perencanaan praktikum. Dalam pengeditan video, peserta didik belum memiliki pengetahuan yang cukup dalam mengoperasikan beberapa perangkat lunak yang dapat digunakan. Peneliti melaksanakan pemodelan cara pengeditan video dengan beberapa perangkat lunak sederhana sehingga peserta didik memiliki pengetahuan mengenai pengeditan video. Kesulitan peserta didik dalam pengunggahan video juga difasilitasi dengan memberikan contoh cara pengunggahan video ke *channel youtube*.

Berdasarkan wawancara mendalam dengan peserta didik kelas XI MIPA3, dapat diketahui bahwa respon peserta didik terhadap pembelajaran dengan pendekatan STEM dan *e-learning* sangat baik. Menurut mereka, pembelajaran menjadi lebih nyaman karena dirancang menggunakan berbagai sumber belajar termasuk media digital dan melibatkan berbagai aktivitas fisik tidak sekadar menonton tutor *robotic*. Peserta didik juga merasa senang karena telah dilibatkan dalam aktivitas fisik yang baru dalam pengeditan dan pengunggahan video pada siklus II. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat respon positif dari peserta didik terhadap penerapan pendekatan STEM dan *e-learning* dalam pembelajaran fisika.

Penelitian serupa yang dilaksanakan oleh Noesgaard dan Ørngreen (2015) dan Pangesti (2017) juga menemukan bahwa melalui pendampingan, pelaksanaan *e-learning* dalam pembelajaran dapat meningkatkan motivasi peserta didik dalam mengikuti pembelajaran. Pembelajaran dengan *e-learning* meningkatkan pelayanan pembelajaran kepada peserta didik karena sesuai dengan kebutuhan mereka. Somayeh et al. (2016) juga memberikan rekomendasi serupa bahwa penerapan *e-learning* dapat meningkatkan kemenarikan pembelajaran, kemandirian pembelajar, dan tingkat kepuasan peserta didik. Chien dan Lajium (2016) menemukan bahwa penerapan STEM dalam pembelajaran dapat memfasilitasi perkembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik melalui berbagai aktivitas pemecahan masalah ilmiah. Pemaparan tersebut sejalan dengan hasil yang diperoleh di mana respon peserta didik kelas XI MIPA3 terhadap pembelajaran fisika dengan pendekatan STEM dan *e-learning* sangat positif dan mampu meningkatkan keterampilan ilmiah peserta didik. Penelitian oleh Afriana (2016) menunjukkan hampir seluruh siswa menyatakan senang dengan pembelajaran PjBL STEM dan memperoleh pengalaman

yang sangat berkesan mengikuti tahapan pembelajaran sehingga menimbulkan motivasi dan minat dalam belajar.

4. Simpulan Dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penerapan pendekatan STEM dan e-learning dalam pembelajaran fisika mampu meningkatkan keterampilan ilmiah peserta didik. Respon peserta didik terhadap pembelajaran fisika dengan pendekatan STEM dan e-learning sangat positif. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan pendekatan STEM dan e-learning dalam pembelajaran fisika dapat menjadi salah satu alternatif dalam memfasilitasi perkembangan keterampilan ilmiah peserta didik.

Penerapan pendekatan STEM dan e-learning dapat memperhatikan beberapa hal berikut yaitu (1) Pemilihan praktek sains dan teknologi dalam penerapan STEM dalam pembelajaran dilaksanakan secara luwes mengikuti kebutuhan peserta didik dalam pembelajaran. Dengan kata lain penerapan pendekatan STEM dalam pembelajaran harus diawali dengan studi awal untuk mengetahui kebutuhan peserta didik dalam pembelajaran; (2) Penerapan e-learning dalam pembelajaran lebih diarahkan pada aktivitas fisik dan literasi multimoda sehingga aktivitas e-learning yang dilakukan peserta didik tidak sekedar aktivitas menonton tutor robotic; (3) Perlu dilaksanakan pendampingan kepada peserta didik saat penerapan STEM dan e-learning dalam pembelajaran untuk memberikan kontrol terhadap pelaksanaan pembelajaran; (4) Pelibatan peserta didik dalam persiapan perlengkapan pembelajaran sangat baik dalam meningkatkan partisipasi aktif peserta didik dalam melaksanakan aktivitas pembelajaran selanjutnya.

Dengan memperhatikan dampak positif dari penelitian ini, dapat diuraikan beberapa rekomendasi terhadap penerapan pendekatan STEM dan e-learning dalam meningkatkan kualitas pembelajaran yaitu (1) Perlu diadakan pengembangan perangkat pembelajaran dengan pendekatan STEM dan e-learning yang memberikan berbagai aktivitas fisik sekaligus literasi digital kepada peserta didik, (2) Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai penerapan pendekatan STEM dan e-learning dalam pembelajaran untuk mengetahui cara terbaik dalam menerapkan pendekatan ini dalam pembelajaran; (3) Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai penerapan pendekatan STEM dan e-learning dalam pembelajaran berbagai disiplin ilmu lainnya untuk mengetahui keefektifan pendekatan ini pada disiplin ilmu yang berbeda; (4) Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai penerapan pendekatan STEM dan e-learning dalam pembelajaran dalam hubungannya dengan aspek lain yang dimiliki peserta didik seperti aspek pengetahuan, keterampilan berpikir kritis dan kreatif, kemandirian belajar, kepercayaan diri, sikap, dan lain sebagainya.

Daftar Rujukan

- Afriana, Jaka Anna Permanasari, Any Fitriani. 2016. Penerapan Project Based Learning Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Ditinjau dari Gender Jurnal Inovasi Pendidikan IPA, 2 (2), 2016 - 203
- Berkup, S. B. (2014). Working With Generations X And Y In Generation Z Period: Management Of Different Generations In Business Life. *Mediterranean Journal of Social Sciences* Vol. 5 No 19.
- Butler, J. & Adam. (2018). The Fourth Industrial Revolution and Education. *South African Journal of Science* Vol. 114 No 5/6.
- Chien, P. L. K. & Lajium, D. A. D. (2016). The Effectiveness Of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Learning Approach Among Secondary School Students. Diakses dari <https://www.researchgate.net/publication/310651088> pada tanggal 6 Desember 2018.
- Evans, D. (2018). Science and Engineering Practices. National Science Teachers Association. Diakses dari <https://ngss.nsta.org/PracticesFull.aspx> pada tanggal 6 Desember 2018.
- Habibi, I. A. (2018). Towards Indonesia 4.0. Dipresentasikan dalam International Symposium on Open, Distance, and e-Learning pada tanggal 3-5 December 2018 di Bali, Indonesia
- Han, S., Capraro, R., & Capraro, M. M. 2015. How Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Project-Based Learning (PBL) Affects High, Middle, and Low Achievers Differently: The Impact of Student Factors on Achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, Volume 13, Nomor 5.

- Ismayani, Ani. 2016. Pengaruh Penerapan Stem Project Based Learning Terhadap Kreativitas Matematis Siswa SMK. Indonesian Digital Journal of Mathematics and Education Volume 3 Nomor 4.
- Lestari, Diah Ayu Budi. 2018. Implementasi Lks Dengan Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, And Mathematics) Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi, Vol 4, No 2.
- Liao, Y., Loures, E. R., Deschamp, F., Brezinsky, G., & Venâncio, A. (2018). The Impact of The Fourth Industrial revolution: A Cross-Country/Region Comparison. Production Vol 28 ISSN 1980-5411.
- Mayasari, T., Kadorahman, A., & Rusdiana, D. (2014). Pengaruh pembelajaran terintegrasi science, technology, engineering, and mathematics (STEM) pada hasil belajar peserta didik: Studi meta analisis, Prosiding Semnas Pensa VI "Peran Literasi Sains" (p.371-377). Surabaya: UNESA
- Noesgaard S. S. and Ørngreen R. (2015). The Effectiveness of E-Learning: An Explorative and Integrative Review of the Definitions, Methodologies and Factors that Promote e-Learning Effectiveness". The Electronic Journal of e-Learning Vol. 13 Issue 4. Diakses dari <https://www.ejel.com> pada tanggal 6 Desember 2018.
- Pangesti, K I, D. Yulianti & Sugianto. 2017. Bahan Ajar Berbasiss STEM Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Siswa SMA. Unnes Phisiscs Education Journal. Volume 6, Nomor 3.
- Rahmiza, S., Adlim, & Mursal. 2015. Pengembangan LKS STEM (Science, Technology, Engineering, And Mathematics) dalam Meningkatkan Motivasi dan Aktivitas Belajar Siswa SMA NEGERI 1 BEUTONG pada Materi Induksi Elektromagnetik. Jurnal Pendidikan Sains Indonesia. Volume 3, Nomor 1.
- Somayeh, M., Dehghani, M., Mozaffari, F., Ghasemnegad, S. M., Hakimi, H., & Samaneh, B. (2016). The effectiveness of E- Learning in Learning: A Review of The Literature. International Journal of Medical Research & Health Sciences Vol. 5 No 2.
- Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. Journal of Pre-College Engineering Education Research Journal of Pre-College Engineering Education ResearchJ-PEER) Journal of Pre-College Engineering Education Research, 2(2), 1–28. <http://doi.org/10.5703/1288284314653>