

Pengaruh Pembelajaran Biologi Berbasis STEM terhadap Literasi Teknologi dan Keterampilan Pengambilan Keputusan Siswa SMA (Effect of STEM-Based Biology Learning towards Technological Literacy and Students' Decision Making Skills)

Siti Halimatusya'diyah Luthfiyani*, Ari Widodo, Diana Rochintaniawati

Departemen Pendidikan Biologi FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi No. 229 Bandung, Indonesia

*Corresponding author: fanni.sitihalimatusya@gmail.com

Received: 12 August 2019 - Accepted: 27 September 2019 - Published: 30 September 2019

ABSTRACT This study aims to analyze the effect of STEM-based biology learning on technological literacy and students' decision making skills in senior high school. The sample used in this study were X grade students from two classes in one of the senior high school in Bandung. Determination of the research subject was carried out as a convenience sampling technique from recommendation teachers and studying the activities of students who had not learned about environmental pollution material. This study used a quasi-experimental method through a non-equivalent control group design. Student's technological literacy in this study was measured by using several aspects of technological literacy while student's decision making was measured by using open-ended questions that are relevant to socio-scientific issues. Student's decision making analyzed based on the basic categories of decision making and the level of argumentation as a reasoning process in decision making. This study shows that STEM-based biology learning does not affect technological literacy and decision making in high school students. This was done on statistical tests on technological literacy and decision making skills tests results that showed no significant difference between students in STEM classes with non-STEM classes.

Keywords technological literacy, decision making skills, socio-saintific issue, STEM-based learning

ABSTRAK Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pembelajaran biologi berbasis STEM terhadap literasi teknologi dan keterampilan pengambilan keputusan pada siswa SMA. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu siswa kelas X dari dua kelas di salah satu SMA negeri di Kota Bandung. Penentuan subjek penelitian dilakukan dengan teknik convenience sampling dengan berdasarkan rekomendasi guru dan mempertimbangkan kondisi siswa yang belum belajar tentang materi pencemaran lingkungan. Metode penelitian yang digunakan yaitu quasi experimental dengan desain penelitian non-equivalent control group design. Literasi teknologi siswa dalam penelitian ini diukur dengan menggunakan tes pilihan ganda yang disusun berdasarkan empat aspek literasi teknologi sedangkan pengambilan keputusan siswa diukur menggunakan soal uraian terbuka terkait isu sosiosaintifik. Pengambilan keputusan siswa dianalisis berdasarkan kategori dasar pengambilan dan tingkatan argumentasi sebagai proses penalaran dalam pengambilan keputusan. Penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran biologi berbasis STEM tidak berpengaruh terhadap literasi teknologi dan pengambilan keputusan pada siswa SMA. Hal tersebut didasarkan pada uji statistik yang menunjukkan hasil bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara literasi teknologi dan keterampilan pengambilan keputusan siswa di kelas STEM dengan kelas non-STEM.

Kata kunci literasi teknologi, keterampilan pengambilan keputusan, isu sosio-saintifik, pembelajaran berbasis STEM

© 2019 Department of Biology Education, Universitas Pendidikan Indonesia

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pesat dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi di abad 21 berdampak pada kebutuhan hidup dan jenis pekerjaan yang tersedia pada masa kini. Menurut *International Technology Education Association (ITEA)* (2000), seiring dengan berjalannya waktu, teknologi membentuk lingkungan tempat manusia hidup dan menjadi bagian yang semakin besar dalam kehidupan manusia. Literasi teknologi mencakup pemahaman tentang teknologi, bagaimana teknologi itu dikembangkan,

bagaimana cara kerja sebuah teknologi, bagaimana teknologi memengaruhi masyarakat, dan bagaimana masyarakat menentukan arah perkembangan teknologi (Krupczak & Disney, 2013).

Informasi yang diperoleh mengenai literasi teknologi masih sangat kurang dibandingkan dengan jumlah informasi tentang literasi di bidang lainnya. Banyak sekolah yang belum mencoba untuk mengukur literasi teknologi siswa. Upaya untuk meningkatkan literasi teknologi akan menunjukkan bahwa tingkat literasi teknologi saat ini terlalu rendah. Oleh karena itu, titik awal untuk

meningkatkan literasi teknologi harus dimulai dengan menentukan tingkat pemahaman dan kemampuan teknologi saat ini, aspek mana yang memerlukan perbaikan terlebih dahulu, dan bagaimana variasi literasi teknologi di antara populasi yang berbeda (NAE & NRC, 2006).

National Research Council (NRC) (2009) menyatakan berbagai klaim tentang manfaat dari pembelajaran yang melibatkan proses rekayasa (*engineering*), salah satunya yaitu peningkatan literasi teknologi. Sains, rekayasa, dan teknologi memberikan pengaruh yang menembus setiap aspek dalam kehidupan modern. Tentu saja pengetahuan tentang sains dan rekayasa perlu dikaitkan dengan isu-isu permasalahan di masyarakat untuk menentukan pengambilan keputusan dalam kehidupan sehari-hari (NRC, 2012).

Pengambilan keputusan didefinisikan sebagai pilihan bagi seseorang untuk memilih yang paling tepat di antara alternatif atau mengambil tindakan yang mungkin untuk solusi dari suatu masalah (Sadler & Zeidler, 2005). Peran warga negara dalam lingkungan masyarakat yaitu terlibat dalam menyelesaikan permasalahan kontroversial terkait isu-isu kemasyarakatan yang diciptakan oleh perubahan hubungan antara sains, teknologi, dan masyarakat (Patronis *et al.*, 1999). Pembelajaran dengan pendekatan STEM memfasilitasi siswa untuk mempelajari konsep-konsep *science, technology, engineering, dan mathematics* dengan mengaplikasikannya dalam kegiatan pembelajaran yang berkaitan dengan masalah di kehidupan sehari-hari (Stansell *et al.*, 2016). Pendidikan STEM menjadi semakin penting mengingat masalah ekonomi dan sosial yang dihadapi di abad 21 (Asunda, 2011). Menyadari hal tersebut, sistem pendidikan yang ada di Indonesia perlu untuk menyiapkan generasi mendatang yang memiliki keterampilan yang dibutuhkan di abad 21 sehingga dapat sintas dalam menghadapi tantangan global yang semakin nyata (Mayasari *et al.*, 2016).

Kehidupan di abad 21 menuntut setiap individu untuk memiliki kecakapan dalam bidang ilmu pengetahuan yang mendalam sehingga dapat diterapkan untuk memecahkan masalah sehari-hari (Krajcik & Delen, 2017). Penyelesaian masalah merupakan jantung dari sebuah proses teknologi (Mawson, 2004). Pendidikan STEM merupakan sebuah pendekatan yang mengintegrasikan keempat disiplin ilmu STEM dan memfokuskan proses pendidikan pada penyelesaian masalah sehari-hari. Melalui pendidikan STEM siswa senantiasa dapat memberikan ilmu pengetahuan dan teknologi baru yang dibutuhkan di masyarakat (Suprpto, 2016). Walaupun gagasan tentang pendidikan STEM telah diperbincangkan sejak tahun 1990 di USA, namun para guru baru mengetahui untuk mengoperasikan pendidikan STEM dalam dekade terakhir ini (Kelley & Knowles, 2016).

Mengacu pada pentingnya kemampuan siswa untuk menghadapi persaingan global terutama dalam memecahkan masalah yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari, maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pembelajaran berbasis STEM terhadap literasi teknologi dan pengambilan keputusan pada siswa SMA.

2. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuasi-eksperimental dengan menggunakan desain *non equivalent (pre-test and post-test) control-group design* yang dikemukakan oleh Creswell (2014). Terdapat satu kelas eksperimen yang kegiatan pembelajarannya menggunakan pendekatan STEM, sedangkan kegiatan pembelajaran pada satu kelas lainnya sebagai kelompok kontrol, yang kegiatan pembelajarannya tidak menggunakan pendekatan STEM.

Pada pembelajaran dengan pendekatan STEM, siswa diminta membuat alat penjernih air sederhana untuk mengatasi masalah kelangkaan air bersih akibat pencemaran air menggunakan disiplin ilmu sains, teknologi, rekayasa, dan matematika yang saling terintegrasi. Selama kegiatan pembelajaran siswa juga dibimbing dan diarahkan oleh guru untuk selalu mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika. Pada pembelajaran yang dilakukan di kelas kontrol (kelas non-STEM) siswa tidak diminta untuk mengintegrasikan antara sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam membuat alat penjernih air. Pembelajaran dilakukan bukan oleh peneliti melainkan oleh guru profesional yang diberi arahan oleh peneliti terlebih dahulu.

Penelitian ini melibatkan 54 orang siswa dari salah satu sekolah menengah atas negeri di Kota Bandung yang terdiri dari 28 orang siswa pada kelas eksperimen dan 26 orang siswa pada kelas kontrol sebagai partisipan. Pada penelitian ini teknik pengambilan sampel yang digunakan yaitu *convenience sampling*. Instrumen penelitian terdiri dari dua jenis tes yaitu menggunakan soal pilihan ganda untuk memperoleh data literasi teknologi siswa dan soal uraian terbuka untuk memperoleh data pengambilan keputusan siswa. Kedua instrumen penelitian ini digunakan pada sebelum pembelajaran untuk menjangkau data pre-test dan setelah pembelajaran untuk menjangkau data post-test.

Data literasi teknologi siswa dan pengambilan keputusan dikonversikan menjadi nilai dengan skala 0 – 100. Nilai literasi teknologi dan pengambilan keputusan siswa dari kedua kelas diuji menggunakan serangkaian uji statistika untuk mengetahui signifikansi perbedaan terhadap hasil perlakuan antara kelas eksperimen dengan kelas kontrol.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Literasi Teknologi Siswa Pada Kelas STEM dan Kelas non-STEM

Hasil pengujian pada nilai *post-test* menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara literasi teknologi siswa di kelas yang pembelajarannya menggunakan pendekatan STEM dengan kelas non-STEM. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil uji perbedaan Mann-Whitney pada nilai post-test yang menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,143 yang lebih besar dari $\alpha = 0,05$ (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil Uji Statistik pada Nilai Tes Literasi Teknologi

Tipe Data		Pre-test		Post-test	
Kelas		STEM	Non-STEM	STEM	Non-STEM
N		28	26	28	26
Rata-rata		54,1	55,9	61,7	56,4
Standar Deviasi		14,1	13,6	12,3	13,1
Shapiro-Wilk Test	Sig.	0,028	0,460	0,179	0,009
	Int.	Tidak normal	Normal	Normal	Tidak normal
Levene's test	Sig.	0,797		0,995	
	Int.	Homogen		Homogen	
Mann-Whitney (U-test)	Sig.	0,792		0,143	
	Int.	Tidak berbeda signifikan		Tidak berbeda signifikan	

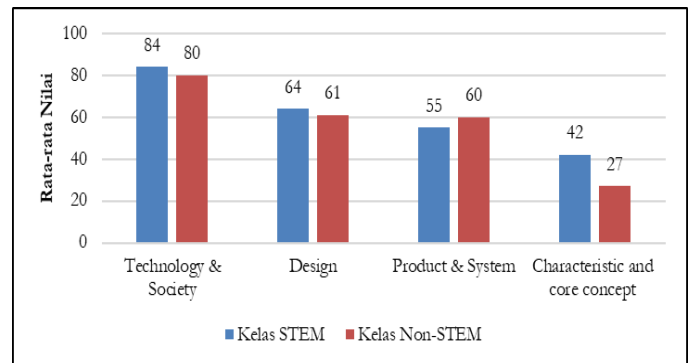
Dengan demikian, literasi teknologi siswa di kelas yang melakukan pembelajaran berbasis STEM berbeda signifikan dengan kelas non-STEM ditolak. Tidak adanya perbedaan yang signifikan pada nilai post-test tersebut mengungkapkan temuan bahwa pembelajaran berbasis STEM yang dilaksanakan tidak memberikan pengaruh secara signifikan terhadap literasi teknologi siswa. Padahal, menurut rekomendasi ITEA (2000), salah satu hal yang dapat dilakukan untuk meningkatkan literasi teknologi siswa yaitu dengan mengintegrasikan konsep-konsep teknologi dan proses rekayasa desain dalam kurikulum pendidikan.

Literasi teknologi antara siswa kelas STEM dengan siswa kelas non-STEM yang tidak berbeda secara signifikan tersebut dapat terjadi karena pada penelitian ini proses pembelajaran dilaksanakan dalam waktu yang terbatas yaitu hanya dua kali pertemuan. Kondisi tersebut diduga mengakibatkan kurangnya waktu untuk membentuk literasi teknologi siswa, karena untuk membentuk literasi teknologi dibutuhkan waktu yang tidak singkat. Untuk melaksanakan proses pembelajaran teknologi yang sesungguhnya diperlukan alokasi waktu yang masuk akal karena elemen kunci dari suatu teknologi adalah proses (Mawson, 2004). Lebih jauh dijabarkan bahwa waktu yang tidak singkat tersebut dibutuhkan karena proses yang terjadi dalam menciptakan atau mengembangkan suatu teknologi melibatkan proses memahami masalah dan mengeksplorasi berbagai solusi yang mungkin sehingga dapat menghasilkan solusi yang tepat. Selain itu, tes literasi teknologi juga merupakan hal yang baru bagi siswa sehingga hasilnya masih rendah karena siswa belum terbiasa. Kondisi ini relevan dengan yang diungkapkan oleh NAE dan NRC (2006) bahwa sekolah belum mencoba untuk mengukur literasi teknologi siswa sehingga melakukan suatu hal untuk meningkatkan literasi teknologi akan menunjukkan bahwa tingkat literasi teknologi saat ini terlalu rendah.

Di sisi lain secara umum, penerapan STEM dalam perkuliahan/pembelajaran dapat mendorong siswa untuk mendesain, mengembangkan dan memanfaatkan teknologi, mengasah kognitif, manipulatif dan afektif, serta mengaplikasikan pengetahuan (Kapila & Iskander, 2014). Dengan demikian, mungkin saja literasi teknologi siswa

masih rendah karena siswa belum memahami masalah yang harus diselesaikan di lingkungannya.

Literasi teknologi siswa dalam penelitian ini mencakup empat aspek literasi teknologi berdasarkan NAE & NRC (2006) yang terdiri dari *technology and society*; *design*; *products and systems*; dan *characteristics, core concepts and connections*. Hasil capaian literasi teknologi siswa berdasarkan hasil post-test pada setiap aspek literasi teknologi disajikan dalam Gambar 1.

**Gambar 1.** Rata-rata Nilai Siswa di Kelas STEM dan Non-STEM pada Setiap Aspek Literasi Teknologi

Berdasarkan Gambar 1, capaian literasi teknologi siswa berbeda-beda pada setiap aspek. Literasi teknologi siswa baik di kelas STEM maupun kelas non-STEM menunjukkan hasil tertinggi pada aspek *technology and society*. Hal ini dapat terjadi karena aspek tersebut berhubungan erat dengan siswa sebagai manusia yang dekat dengan penggunaan teknologi dalam kehidupan sehari-hari di era modern ini. Aspek *technology and society* menyangkut hubungan antara manusia dengan teknologi, termasuk isu-isu seperti etika dan tanggung jawab sebagai warga negara serta sejarah dan perkembangan teknologi (Krupczak & Disney, 2013). Dengan demikian, siswa mampu mengambil keputusan yang bijaksana dalam penggunaan teknologi dan hubungannya dengan dampak yang ditimbulkan di masyarakat karena cakupan literasi teknologi pada aspek ini sangat dekat dengan kehidupan sehari-hari yang tidak terlepas dari teknologi. Hal ini relevan dengan pernyataan NAE & NRC (2006) bahwa hampir semua orang di masyarakat modern sangat dipengaruhi oleh teknologi. Kebergantungan manusia terhadap penggunaan teknologi dalam kehidupannya disebabkan oleh adanya kebutuhan dan keinginan manusia itu sendiri yang harus dipenuhi dan senantiasa berkembang seiring dengan berjalannya waktu. Seperti yang terdapat dalam *Technically Speaking: Why All Americans need to know more about Technology* bahwa dalam arti luasnya teknologi didefinisikan sebagai proses yang dilakukan oleh manusia dalam memodifikasi alam untuk memenuhi kebutuhan dan keinginan mereka (NAE & NRC, 2002).

Walaupun demikian, nilai literasi teknologi siswa baik di kelas STEM maupun kelas non-STEM menunjukkan hasil paling rendah pada aspek *characteristics, core concepts and connections*. Hal tersebut menunjukkan bahwa siswa masih kurang dalam memahami esensi dari teknologi. Kondisi ini dapat terjadi karena di kehidupan yang serba modern ini, masih banyak orang yang menganggap bahwa teknologi hanya sebatas pada

komputer dan barang elektronik lainnya. Padahal, proses rekayasa yang dilakukan oleh manusia bahkan dalam hal yang paling sederhana untuk memecahkan suatu masalah juga disebut dengan teknologi. Seperti yang dikemukakan oleh NAE & NRC (2006) bahwa teknologi adalah segala sesuatu yang dilakukan atau dibuat manusia untuk mengubah lingkungan alam agar sesuai dengan kebutuhan (NAE & NRC, 2006). Di sisi lain, implementasi pembelajaran berbasis STEM pada materi pencemaran lingkungan yang dilakukan oleh Afriana, et.al (2016) dapat meningkatkan penguasaan konsep siswa, namun masih dalam kategori rendah. Namun, pembelajaran STEM dalam penelitian Afriana, et.al (2016) memiliki hasil yang berbeda mengenai tanggapan siswa yang mengatakan bahwa penerapan PjBL STEM dapat membantu memahami tema pencemaran udara, membentuk sikap kreatif, dan semakin menyadari pentingnya menjaga lingkungan.

Pengambilan Keputusan Siswa Pada Kelas STEM dan Kelas non-STEM

Hasil pengujian pada nilai *post-test* menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara pengambilan keputusan siswa di kelas yang pembelajarannya menggunakan pendekatan STEM dengan kelas non-STEM. Dengan demikian, hipotesis bahwa pengambilan keputusan siswa di kelas yang melakukan pembelajaran berbasis STEM berbeda signifikan dengan kelas non-STEM ditolak.

Tabel 2. Hasil Uji Statistik pada Nilai Tes Pengambilan Keputusan

Tipe data		Pre-test		Post-test	
Kelas		STEM	Non-STEM	STEM	Non-STEM
N		28	26	28	26
Rata-rata		61	59,7	65,8	60,9
Standar Deviasi		10,6	8,2	7,7	12,2
Shapiro-Wilk	Sig.	0,67	0,064	0,20	0,001
	Int.	Normal	Normal	Normal	Tidak normal
Levene's test	Sig.	0,077		0,092	
	Int.	Homogen		Homogen	
Independent sample T-Test	Sig.	0,627		-	
	Int.	Tidak berbeda signifikan		-	
Mann-Whitney (U-Test)	Sig.	-		0,247	
	Int.	-		Tidak berbeda signifikan	

Tidak adanya perbedaan yang signifikan pada nilai *post-test* tersebut mengungkapkan temuan bahwa pembelajaran berbasis STEM yang dilaksanakan tidak memberikan pengaruh secara signifikan terhadap kemampuan pengambilan keputusan siswa. Kondisi tersebut dapat terjadi karena pada penelitian ini proses pembelajaran dilaksanakan dalam waktu yang terbatas yaitu hanya dua kali pertemuan, padahal baik guru maupun siswa baru pertama kali melaksanakan pembelajaran dengan pendekatan STEM. Seluruh elemen dalam lembaga

pendidikan harus beradaptasi terhadap perubahan-perubahan yang terjadi. Bahkan jika kurikulum yang terintegrasi adalah hal yang mungkin, sangat tidak realistis untuk mengharapkan pendekatan STEM yang terintegrasi dapat sukses dalam jangka pendek di sekolah menengah karena implikasi dari staf pendidikan (Williams, 2011).

Tabel 3. Dasar Pengambilan Keputusan Siswa

Dasar pengambilan keputusan	Kelas STEM		Kelas non-STEM	
	Pre-test (%)	Post-test (%)	Pre-test (%)	Post-test (%)
Rasionalistik	48	57	40	50
Emotif	26	32	31	38
Intuitif	26	11	29	12

Dasar pengambilan keputusan yang paling banyak digunakan oleh siswa baik di kelas STEM maupun kelas non-STEM terdapat pada kategori rasionalistik. Kondisi ini dapat terjadi karena siswa pada tingkat SMA sudah mempelajari berbagai konsep sains dan perkembangan usianya menuju dewasa sehingga dalam mengambil keputusan melibatkan akal dan logika. Hal ini sejalan dengan penelitian Widodo *et al.* (2017) tentang perkembangan penalaran ilmiah siswa di berbagai tingkat sekolah yang mengungkapkan bahwa penalaran yang paling umum digunakan oleh siswa di tingkat SMA adalah penalaran pada kategori rasionalistik.

Terdapat kesamaan pola dalam hal perubahan dasar pengambilan keputusan baik pada siswa di kelas STEM maupun non-STEM. Setelah pembelajaran, terjadi penurunan pada kategori intuitif, sedangkan peningkatan persentase terdapat pada kategori emotif dan rasionalistik. Perkembangan penalaran emotif tampaknya berkorelasi negatif dengan penalaran intuitif (Widodo *et al.*, 2017). Selain itu, perubahan tersebut dapat terjadi karena setelah melaksanakan pembelajaran siswa memiliki beberapa pertimbangan, terutama penalaran terkait konsep-konsep sains yang telah dipelajarinya dalam mengambil keputusan untuk menyelesaikan suatu masalah. Perkembangan penalaran siswa adalah sebuah proses dinamis ketika siswa mendapatkan pengetahuan yang lebih banyak (Widodo *et al.*, 2017).

Tabel 4. Tingkatan Argumentasi Siswa

Level Argumentasi	Kelas STEM		Kelas non-STEM	
	Pre-test (%)	Post-test (%)	Pre-test (%)	Post-test (%)
Level 1 (C)	10	1	6	3
Level 2 (C,D/C,D,W)	74	79	81	87
Level 3 (C,D,W,B/C,D,W,Q)	15	19	12	10
Level 4 (C,D,W,B,Q)	0	1	0	1

Berdasarkan Tabel 4, pada setelah pembelajaran terdapat perubahan hasil yang relatif sama antara tingkat argumentasi siswa di kelas STEM dan non-STEM. Setelah pembelajaran, tingkat argumentasi siswa di kedua kelas tersebut berada pada semua tingkatan, yakni level 1, level 2, level 3, dan level 4. Distribusi tingkat argumentasi siswa

yang terbesar di kedua kelas tersebut masih berada pada level 2. Jika hasil pre-test dan post-test dibandingkan, maka terdapat pola perubahan yang sama di antara kelas STEM dan non-STEM. Terjadi penurunan persentase pada level 1 sedangkan persentase level 2 meningkat dan terdapat siswa yang tingkat argumentasinya berada pada level 4 dimana pada saat sebelum pembelajaran siswa hanya mencapai level 3. Seperti halnya pada hasil pre-test, tingkat argumentasi siswa di kelas STEM maupun non-STEM pada post-test menunjukkan perbandingan nilai persentase yang relatif sama pada setiap levelnya.

Berdasarkan hasil penelitian dapat dilihat bahwa tidak terdapat perbedaan pada tingkat argumentasi siswa sebagai proses penalaran dalam pengambilan keputusan antara siswa di kelas STEM dengan non-STEM. Kondisi ini terjadi karena pembelajaran STEM yang dilaksanakan dalam penelitian ini terbatas pada waktu yang tersedia yaitu hanya dua kali pertemuan dan siswa belum terbiasa untuk mengintegrasikan pengetahuannya ketika bernalar untuk mengambil keputusan terhadap isu-isu sosiosintifik. Padahal, pembelajaran STEM menekankan pada pemecahan masalah di kehidupan sehari-hari dengan mengintegrasikan keempat disiplin ilmu STEM. Pengetahuan dalam pembelajaran STEM yang terintegrasi membantu siswa untuk memiliki kualitas kehidupan yang lebih baik karena sangat terkait dengan kondisi di kehidupan sehari-hari (Hwang & Taylor, 2016). Pendidikan STEM memberi pendidik peluang untuk menunjukkan kepada peserta didik betapa konsep, prinsip, dan teknik dari sains, teknologi, rekayasa, dan matematika digunakan secara terintegrasi dalam pengembangan produk, proses, dan sistem yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari mereka (Rustaman, 2016).

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, pembelajaran biologi berbasis STEM dalam penelitian ini tidak berpengaruh terhadap literasi teknologi dan pengambilan keputusan pada siswa SMA. Berikut ini disimpulkan beberapa hal sebagai jawaban dari pertanyaan penelitian.

Pertama, literasi teknologi siswa di kelas yang melaksanakan pembelajaran biologi berbasis STEM tidak berbeda signifikan dengan siswa di kelas non-STEM. Hal ini berarti pembelajaran biologi berbasis STEM dalam penelitian ini tidak berpengaruh terhadap literasi teknologi pada siswa SMA. Hal tersebut terjadi karena dibutuhkan waktu yang tidak singkat untuk membentuk literasi teknologi. Selain itu, tes literasi teknologi juga merupakan hal yang baru bagi siswa sehingga hasilnya masih rendah karena siswa belum terbiasa. Capaian literasi teknologi siswa paling tinggi terdapat pada aspek *technology and society*. Hal tersebut dikarenakan aspek *technology and society* berhubungan erat dengan siswa sebagai manusia yang tidak terlepas dari penggunaan teknologi dalam kehidupan sehari-hari pada era modern ini.

Kedua, pengambilan keputusan siswa di kelas yang melaksanakan pembelajaran biologi berbasis STEM tidak berbeda signifikan dengan siswa di kelas non-STEM. Hal ini berarti pembelajaran biologi berbasis STEM dalam

penelitian ini tidak berpengaruh terhadap pengambilan keputusan pada siswa SMA. Hal tersebut terjadi karena terbatasnya waktu pembelajaran. Padahal penerapan pembelajaran dengan pendekatan STEM merupakan hal yang baru bagi guru dan siswa dalam penelitian ini sehingga membutuhkan waktu untuk beradaptasi agar dapat mengimplementasikannya secara optimal. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan dalam menerapkan pembelajaran biologi berbasis STEM terutama dalam hal waktu agar hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan dari pendidikan STEM.

REFERENSI

- Afriana, J., Anna, P., & Any, F. (2016). Penerapan *project based learning* terintegrasi STEM untuk meningkatkan literasi sains siswa ditinjau dari gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2) 202-212.
- Asunda, P.A. (2011). Open courseware and stem initiatives in career and technical education programs. *Journal of STEM Teacher Education*, 48(2).
- Creswell, J.W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, & Mixed Methods Approaches*. California: SAGE Publications, Inc.
- Hwang, J., & Taylor, J.C. (2016). Stemming on STEM: a stem education framework for students with disabilities. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, 19(1), 39-49.
- ITEA. (2000). *Standards for technology Literacy: Content for the Study of Technology*. Reston, Virginia: ITEA.
- Kapila, V. & Iskander, M. (2014). Lessons learned from conducting a K-12 project to revitalize achievement by using instrumentation in Science Education. *Journal of STEM Education*, 15 (1), pp. 46-51
- Kelley, T.R., & Knowles, J.G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3 (11).
- Krajcik, J., & Delen, I. (2017). How to support learners in developing usable and lasting knowledge of STEM. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(1).
- Krupczak, J., & Disney, K.A. (2013). *Technological literacy: assessment and measurement of learning gains*. Makalah disajikan dalam the 120th American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition.
- Mawson, B. (2004). *Factors affecting children's learning in technology*. Makalah disajikan dalam Australian Association for Research in Education (AARE) Annual Conference, Melbourne.
- Mayasari, T., Kadarohman, A., Rusdiana, D., & Kaniawati, I. (2016). Exploration of student's creativity by integrating stem knowledge into creative products. Makalah disajikan dalam Proceeding of International Seminar on Mathematics, Science, and Computer Science Education (MSCEIS 2015), Bandung, 17 Oktober 2015.
- NAE, & NRC. (2002). *Technically Speaking: Why All Americans Need to Know More About Technology*. Washington, D.C.: National Academies Press.

- NAE & NRC. (2006). *Tech Tally: Approaches to Assessing Technological Literacy*. Washington, D.C.: National Academies Press.
- NRC. (2009). *Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects*. Washington, D.C.: National Academic Press.
- NRC. (2012). *A Framework for K-12 Science Education Practices*. Washington, D.C.: National Academic Press.
- Patronis, T., Potari, D., & Spiliotopoulou, V. (1999). Students' argumentation in decision-making on a socio-scientific issue: implications for teaching. *International Journal of Science Education*, 21(7).
- Rustaman, N.Y. (2016). Pembelajaran sains masa depan berbasis STEM education. Makalah disajikan dalam Prosiding Seminar Nasional Biologi Edukasi 2016. Sekolah Tinggi Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Padang, 30 April 2016.
- Sadler, T.D., & Zeidler, D.L. (2005). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1).
- Stansell, A., Tyler-Wood, T., & Stansell, C. (2016). *Inventing the invented for stem understanding*. Makalah disajikan dalam The 13th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2016).
- Suprpto, N. (2016). Students' attitudes towards stem education: voices from indonesian junior high schools. *Journal of Turkish Science Education*, 13 (Special Issue).
- Widodo, A., Saptarani, D., Riandi, & Rochintaniawati, D. (2017). Development of students' informal reasoning across school level. *Journal of Education and Learning*, 11(3).
- Williams, P. J. (2011). STEM Education: Proceed with caution. *Design and Technology Education: An International Journal*, 16(1).