

EFEKTIFITAS E-MODUL PEMBELAJARAN FISIKA BERBASIS *STEM EDUCATION* TERINTEGRASI MATERI PERUBAHAN IKLIM TERHADAP KOMPETENSI PESERTA DIDIK

¹Azfin Gustria, ^{2*}Ahmad Fauzi

¹ Program Studi Magister Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Padang

² Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Negeri Padang

*email: ahmadfauzi@fmipa.unp.ac.id

Abstrak. Efektivitas e-Modul pembelajaran penting untuk mengetahui pencapaian tujuan pembelajaran. Tujuan penelitian ini adalah menyelidiki efektifitas e-modul pembelajaran fisika berbasis *STEM Education* terintegrasi materi perubahan iklim terhadap kompetensi peserta didik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah quasi eksperimen sedangkan sampelnya adalah siswa kelas XI SMA Negeri. Hasil penelitian menyatakan bahwa e-modul yang digunakan secara signifikan efektif meningkatkan kompetensi pengetahuan dan kompetensi sikap peduli lingkungan peserta didik. Implikasi penelitian adalah e-modul dapat digunakan sebagai bahan ajar peserta didik dalam proses pembelajaran.

Kata Kunci: *E-Modul, STEM Education, Perubahan Iklim, Kompetensi Peserta Didik*

EFFECTIVITY OF STEM EDUCATION-BASED PHYSICS LEARNING E-MODULE INTEGRATED WITH CLIMATE CHANGE TOPIC TOWARDS STUDENTS' COMPETENCE

¹Azfin Gustria, ^{2*}Ahmad Fauzi

^{1,2}Department of Physics Education, Postgraduate, Universitas Negeri Padang

²Department of Physics Education, Universitas Negeri Padang
email: ahmadfauzi@fmipa.unp.ac.id

Abstract. The effectiveness of e-learning modules is important to know the achievement of learning objectives. The aim of this study was investigating the effectivity of *STEM Education* based physics learning e-module integrated with climate change topic towards students' competence. Method that used in this research was quasi experiment whereas the sample's were the eleventh grade students' of SMA N 2 Sungai Penuh. Result of the experiment determined that e-module significantly effectiveness increasing students' competence and environmental care. The implication of this research is e-module can be used as teaching materials on teaching process.

Keywords: *E-Modul, STEM Education, Climate Change, Students' Competence*

PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan fenomena global yang serius dan menarik perhatian dunia, karena dapat menjadi faktor penyebab bencana alam seperti kekeringan, cuaca ekstrim, banjir dan lain sebagainya (IPCC 2014)(Melillo, Terese (T.C.), and Yohe 2014). Mitigasi perubahan iklim

berupa mitigasi untuk keberlanjutan dalam hal ini adalah usaha perbaikan dan penyelamatan lingkungan hidup, salah satunya adalah sikap peduli lingkungan hidup (Badan Pusat Statistik 2014). Untuk itu diperlukan pendidikan kebencanaan sejak dini tentang perubahan iklim dan dampaknya. Berdasarkan UU No 24 tahun 2007

tentang penanggulangan bencana menyatakan bahwa masyarakat berhak mendapatkan pendidikan tentang penanggulangan bencana (Sekretariat Kabinet RI 2007). Permasalahan utama program-program penanggulangan bencana belum berbasis pendidikan (BNPB 2019). Pada hal pendidikan kebencanaan dapat diberikan pada peserta didik di Sekolah Menengah Atas melalui pelajaran Fisika. Hal ini disebabkan ilmu Fisika merupakan ilmu yang mempelajari mengenai fenomena alam dan/ atau aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari (Fauzi 2014). Upaya yang dapat dilakukan adalah mengintegrasikan materi kebencanaan dalam pembelajaran Fisika dimana hal ini sesuai dengan tuntutan kurikulum 2013 karena dapat mempersiapkan manusia Indonesia yang beriman, produktif, kreatif, inovatif, dan berkarakter.

Pesatnya teknologi informasi dan komunikasi termasuk pada aspek pendidikan juga mempengaruhi pembelajaran (Ramdhani and Wulan 2012). Pembelajaran berbasis *STEM* (*Science, Technology, Engineering, and mathematic*) merupakan pendekatan baru dalam perkembangan dunia pendidikan yang mengintegrasikan lebih dari satu disiplin ilmu yang menjadikan generasi yang kreatif dan inovatif di masa mendatang (Cropley 2015)(Roberts 2015), Implementasi *STEM* dalam pendidikan dapat mendorong siswa untuk mendesain, mengembangkan, dan memanfaatkan teknologi dapat mengasah kognitif, manipulatif dan efektif, serta mengaplikasikan pengetahuan (White 2014)..

Penerapan teknologi informasi dalam pembelajaran diyakini dapat meningkatkan kemampuan belajar peserta didik (Mcintyre, Wegener, and Mcgrath 2018). Salah satu bentuk pengintegrasian teknologi adalah menyajikan modul pembelajaran dalam bentuk elektronik yang disebut dengan e-modul atau modul elektronik. Penelitian ini menerapkan e-modul berbasis *STEM Education* terintegrasi materi perubahan iklim yang telah di uji validitas dan praktikalitasnya. E-Modul ini memiliki efek positif terhadap peningkatan sikap siswa dalam pembelajaran (Getuno et al. 2016). Materi yang terdapat pada e-modul disusun dengan memasukkan permasalahan sehari-hari yang berhubungan dengan perubahan iklim. E-modul dirancang sesuai dengan perkembangan teknologi yaitu berbentuk aplikasi *android*. Struktur e-Modul didesain menurut Kemendikbud (Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan 2008) dan juknis pengembangan e-modul (Direktorat Pembinaan SMA 2010) (Direktorat Pembinaan SMA 2017). Penyajian e-modul dapat dilihat pada Gambar 1.

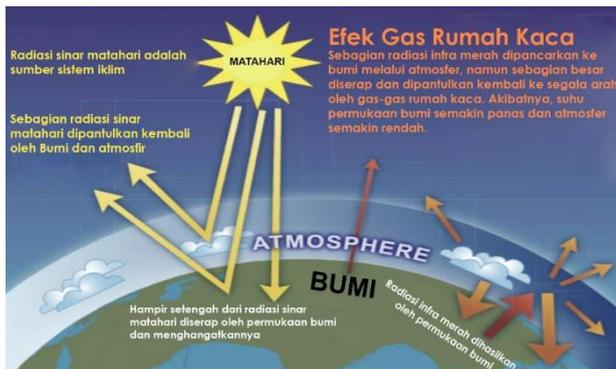


Gambar 1. (a) Cover (b) Home

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat e-modul didesain menarik dan familier oleh pengguna *android* sehingga mudah digunakan oleh peserta didik.

Berdasarkan analisis materi yang telah dilakukan, materi perubahan iklim yang sesuai untuk diintegrasikan kedalam materi fisika adalah materi fisika kelas XI semester 2 pada KD. 3.12 Menganalisis gejala pemanasan global serta dampaknya bagi kehidupan dan lingkungan. Penyebab terjadinya perubahan iklim adalah pemanasan global atau jika pemanasan global tidak terjadi, maka perubahan iklim tidak akan terjadi. Pemanasan global adalah kenaikan suhu rata-rata udara di dekat permukaan Bumi dan lautan yang terjadi sejak pertengahan abad ke-19 dan diproyeksikan terus berlangsung. (Aldrian 2016).

Radiasi matahari yang masuk menerpa atmosfer bumi dalam bentuk cahaya tampak (sekitar 1015 Hz), ultraviolet (1015 Hz - 1016 Hz), dan radiasi infra merah (1011 Hz - 1014 Hz) (*NASA Earth Observatory, ...*). Radiasi UV sebanyak 90% diserap oleh atmosfer dan 80% radiasi cahaya tampak diserap lautan dan permukaan bumi (Hisham 2015). Tetapi banyak yang dipantulkan kembali ke angkasa sebagai radiasi IR energi rendah. Radiasi Ultraviolet (UV) memiliki tingkat energi yang lebih tinggi daripada cahaya tampak, dan radiasi inframerah (IR) memiliki tingkat energi yang lebih lemah. Sinar UV dan radiasi cahaya yang berenergi tinggi yang dipantulkan bumi dapat menembus lapisan gas rumah kaca dan awan, tapi radiasi cahaya dan IR yang lemah tidak mampu melewatinya sehingga sebagian diserap dan sebagian dipantulkan. Radiasi cahaya dan IR yang dipantulkan akan terperangkap, sehingga meningkatkan suhu rata-rata troposfer dan permukaan bumi, akibatnya terjadi pemanasan global (Hisham 2015). Efek ini disebut efek rumah kaca sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Efek rumah kaca
(Sumber: IPCC, 2014)

Pada Gambar 2, gas rumah kaca yang berada di atmosfer itu berfungsi sebagai penyerap energi radiasi Matahari. Setelah itu ia melepaskannya di atmosfer dari yang seharusnya dipancarkan kembali ke ruang angkasa. Fungsi tersebut seringkali dikenal sebagai proses efek rumah kaca dimana terjadi pengumpulan energi terkandung di atmosfer Bumi (IPCC 2014). Suhu permukaan bumi dapat dihitung menggunakan persamaan (Marston 2014).

$$\frac{1}{4}(1 - \alpha)S = \sigma T^4$$

dimana α adalah koefisien refleksi permukaan bumi, S adalah intensitas cahaya matahari, T adalah suhu Bumi dan σ adalah konstanta Planck.

Terjadinya efek rumah kaca di bumi merupakan hasil dari aktivitas manusia lebih dari 250 tahun yang lalu, konsentrasi karbon dioksida telah meningkat lebih dari 35 persen sejak dimulainya revolusi industri pada abad ke-18 (Houghton 1997; IPCC 2014). Kemajuan Ilmu Pengetahuan dan Sains telah menciptakan teknologi ramah lingkungan untuk mengurangi dampak pemanasan global, namun sumber energi ramah lingkungan juga menghasilkan gas rumah kaca walaupun dengan jumlah yang sedikit yang berarti bahwa tidak mungkin bisa menghentikan proses pemanasan global (Aldrian 2016) (Achdiansyah 2017). Apa yang dapat kita lakukan, hanyalah membatasi pemakaian energi dan menghemat sumber bahan bakar dengan meningkatkan sikap peduli lingkungan (Gustria and Fauzi 2018). Setelah peserta didik memahami bahaya perubahan iklim, maka akan berakibat kepada kesadaran peserta didik untuk peduli terhadap lingkungan sebagai bentuk untuk mengurangi dampak perubahan iklim. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektifitas dari penggunaan e-modul berbasis *STEM Education* terintegrasi perubahan iklim terhadap pengetahuan peserta didik dan sikap peduli lingkungan peserta didik.

METODE PENELITIAN

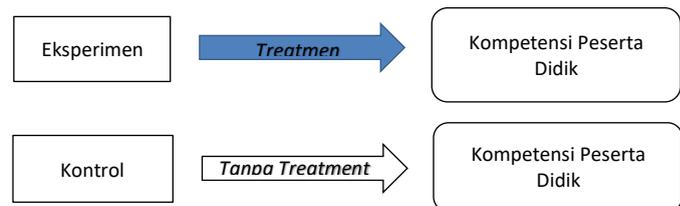
Uji efektifitas merupakan bagian dari tahap pengembangan model plomp yaitu pada tahap *assessment phase* (Akker, J.V.D., Bannan, B., Kelly A.E., Nieveen, N., dan Plomp 2013). Uji efektifitas menggunakan metode kuasi eksperimen dengan teknik pengambilan sampel

adalah *purposive sampling* (Sugiyono 2012). Populasi penelitian ini adalah peserta didik SMAN 2 Sungai Penuh dengan sampel peserta didik kelas XI IPA. *Purposive sampling* mengelompokkan peserta didik menjadi 2 kelas yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol dengan cara melakukan uji homogenitas antara kedua kelas berdasarkan nilai rata-rata ulangan harian dari guru pelajaran fisika yang tidak jauh berbeda. Selanjutnya diperoleh kelas XI IPA 4 sebagai kelas eksperimen dan kelas XI IPA U sebagai kelas kontrol. Waktu pelaksanaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Waktu Pelaksanaan Uji Coba Lapangan

Pertemuan Ke-	Hari, Tanggal	Kelas
1	Kamis, 16 Mei 2019	XI IPA U
2	Jumat, 17 Mei 2019	XI IPA 4
3	Senin, 20 Mei 2019	XI IPA 4
4	Selasa, 21 Mei 2019	XI IPA U
5	Kamis, 23 Mei 2019	XI IPA U
6	Jumat. 24 Mei 2019	XI IPA 4

Desain penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Penelitian

Pada Gambar 3 diperlihatkan bahwa e-modul diberikan pada kelas eksperimen (*treatment*) sedangkan pada kelas kontrol tidak diberikan e-modul.

Instrumen yang digunakan untuk mengukur kompetensi pengetahuan adalah soal sebanyak 15 butir bentuk pilihan ganda sedangkan instrumen yang digunakan untuk mengukur kompetensi sikap peduli lingkungan peserta didik adalah *Environmental Assessment Scale (EAS)*. Asesmen ini mengukur kesadaran peserta didik terhadap lingkungan, sikap untuk memperbaiki lingkungan, sikap untuk mendaur ulang, sikap kekonsistenan peserta didik menjaga lingkungan (Ilker Ugulu, Sahin, and Baslar 2013).

Pengolahan data menggunakan program *SPSS versi 23.0 for windows*. Salah satu aspek yang diuji adalah Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui kondisi data apakah berdistribusi normal atau tidak. Kondisi data berdistribusi normal menjadi syarat menemukan uji-t. yang digunakan. Berdasarkan data pretest hasil belajar diperoleh normalitas distribusi tes akhir (*Posttest*) peserta didik kelas eksperimen dengan kelas kontrol. Acuan pengambilan keputusan dalam uji normalitas *Shapiro-Wilk*: Jika nilai $Sig. > 0.05$, maka data berdistribusi normal. Tes Akhir (*Posttest*) uji hipotesis dilakukan untuk mengetahui apakah

hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini diterima atau ditolak. Pengujian hipotesis dilakukan dengan membandingkan nilai rata-rata kemampuan awal (*pretest*) dan rata-rata kemampuan akhir (*posttest*) peserta didik antara kelas eksperimen dan kelas kontrol yakni dengan uji-t berpasangan. Dasar pengambilan keputusan dalam uji-t adalah jika Nilai Sig. < 0.05, maka H_0 ditolak. Hal ini berarti terdapat efek perlakuan terhadap kelas experiment dibandingkan dengan kelas kontrol. Jika Nilai Sig. > 0.05, maka H_0 diterima. Hal ini berarti tidak terdapat efek perlakuan terhadap kelas eksperimen dibandingkan dengan kelas kontrol (Purnomo 2016)(Syahputra 2016).

Efektifitas e-Modul dinilai berdasarkan ketuntasan dalam pembelajaran. Nilai peserta didik dikategorikan tuntas apabila telah mencapai nilai minimal baik, jika 85% nilai peserta didik telah mencapai nilai baik atau sangat baik, maka pembelajaran yang digunakan dikatakan efektif (Sukmadinata 2009). Kategori kompetensi sikap peserta didik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori Penilaian Sikap Peserta Didik

Kategori	Interval (%)
Tidak Efektif	0 – 20
Kurang Efektif	21 – 40
Cukup Efektif	41 – 60
Efektif	61 – 80
Sangat Efektif	81 – 100

(Sumber : Riduwan 2008)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan e-modul pembelajaran fisika berbasis *STEM Education* terintegrasi perubahan iklim efektif meningkatkan kompetensi peserta didik yang dijabarkan

Pembahasan terhadap hasil penelitian akan dideskripsikan sebagai berikut.

1) Kompetensi Pengetahuan

Tahap pertama yang dilakukan adalah untuk menguji normalitas data. Uji normalitas yang bertujuan untuk menguji data sebelum dan sesudah terdistribusi normal atau tidak, pada tahap ini kesimpulan diambil dari nilai *Shapiro-Wilk*, jika $sig > 0,005$ maka data terdistribusi normal. Hasil uji normalitas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji Normalitas Pengetahuan

Kelas	<i>Shapiro-Wilk</i>			
	Statistic	Df	Sig.	
Hasil Belajar	<i>Pretest</i> Eksperimen	,935	34	,043
	<i>Posttest</i> Eksperimen	,940	34	,062
	<i>Pretest</i> Kontrol	,917	35	,012
	<i>Posttest</i> Kontrol	,946	35	,085

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai sig. *Shapiro-Wilk* dari *pretest* kelas eksperimen yaitu 0,043 yang berarti terdistribusi normal, *posttest* kelas eksperimen yaitu 0,062 yang berarti terdistribusi normal, *pretest* kelas kontrol

yaitu 0,012 yang berarti terdistribusi normal, dan *posttest* kelas eksperimen yaitu 0,085 yang berarti terdistribusi normal.

Selanjutnya melakukan Uji T berpasangan bertujuan untuk mengetahui data sebelum dan data sesudah menggunakan e-modul fisika memiliki pengaruh terhadap kompetensi pengetahuan peserta didik, untuk itu peneliti merumuskan hipotesis:

Hipotesis pasangan 1

H_0 : Tidak terdapat pengaruh e-modul pembelajaran fisika terhadap kompetensi pengetahuan peserta didik

H_a : terdapat pengaruh e-modul pembelajaran fisika terhadap kompetensi pengetahuan peserta didik

Hipotesis pasangan 2

H_0 : Tidak terdapat pengaruh pembelajaran konvensional terhadap kompetensi pengetahuan peserta didik

H_a : terdapat pengaruh pembelajaran terhadap kompetensi pengetahuan peserta didik

Pengambilan kesimpulan mengacu pada nilai *sig.(t tailed)*, jika nilai *sig.(t tailed)*>0,05, maka H_0 diterima dan H_a ditolak. Jika nilai *sig.(t tailed)*<0,05, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Tabel 4. Uji Sampel Berpasangan Pengetahuan

Mean	Std. Deviation	T	df	Sig. (2-tailed)
<i>Pair 1</i>	-32,36147	10,90313	-17,307	33,000
<i>Pair 2</i>	-19,62143	11,07890	-10,478	34,000

Berdasarkan Tabel 4 untuk pasangan 1 diperoleh nilai *sig.(t tailed)*<0,05, maka H_0 ditolak dan H_a diterima, maka terdapat pengaruh e-modul pembelajaran fisika terhadap kompetensi pengetahuan peserta didik dengan nilai ketuntasan klasikal 88,24% dengan kategori efektif. Selanjutnya untuk hasil pasangan 2 diperoleh nilai *sig.(t tailed)*<0,05, maka H_0 ditolak dan H_a diterima yang berarti terdapat pengaruh pembelajaran konvensional terhadap kompetensi pengetahuan peserta didik namun kurang efektif karena nilai ketuntasan peserta didik 47,06%. Sukmadinata (2009) mengatakan bahwa pembelajaran efektif, jika ketuntasan klasikal >85%.

2) Kompetensi Sikap Peduli lingkungan Peserta Didik

Penilaian sikap ini dilakukan untuk melihat sejauh mana pengaruh kompetensi sikap peduli lingkungan peserta didik terhadap lingkungan. Data diperoleh dari lembar angket penilaian sikap peduli lingkungan pada akhir pertemuan. Tahap pertama yang dilakukan adalah uji normalitas.

Tabel 5. Uji Normalitas Sikap

	Kelas	Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
Sikap Peduli	X Eksperimen	,984	4	,923
	Y Eksperimen	,854	4	,238
Lingkungan	X Kontrol	,914	4	,504
	Y Kontrol	,995	4	,983

Keterangan :

X: Nilai sikap peduli lingkungan sebelum diberi perlakuan

Y: Nilai sikap peduli lingkungan setelah diberi perlakuan

Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai *sig. Shapiro-Wilk* dari X kelas eksperimen yaitu 0,923 yang berarti terdistribusi normal, Y kelas eksperimen yaitu 0,238 yang berarti terdistribusi normal, X kelas kontrol yaitu 0,504 yang berarti terdistribusi normal, dan Y kelas eksperimen yaitu 0,983 yang berarti terdistribusi normal. Selanjutnya melakukan uji t berpasangan bertujuan untuk mengetahui data sebelum dan data sesudah menggunakan *e-modul* fisika memiliki pengaruh terhadap kompetensi sikap peduli lingkungan peserta didik, untuk itu peneliti merumuskan hipotesis:

Hipotesis pasangan 1

Ho : Tidak terdapat pengaruh e-modul pembelajaran fisika terhadap Kompetensi peduli lingkungan peserta didik

Ha : terdapat pengaruh e-modul pembelajaran fisika terhadap kompetensi peduli lingkungan peserta didik

Hipotesis pasangan 2

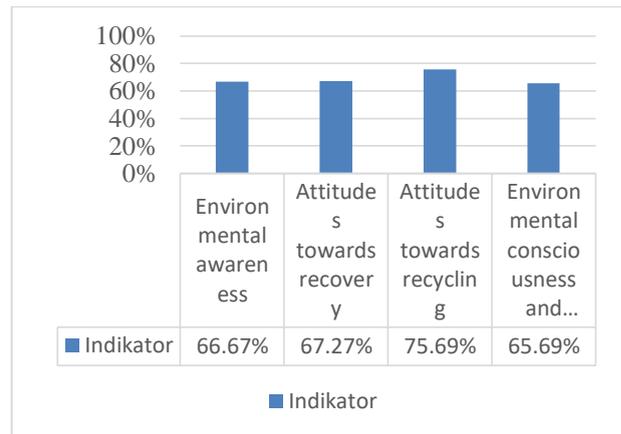
Ho : Tidak terdapat pengaruh pembelajaran konvensional terhadap kompetensi peduli lingkungan peserta didik

Ha : terdapat pengaruh pembelajaran terhadap kompetensi Peduli lingkungan peserta didik.

Tabel 6. Uji Sampel Berpasangan Sikap

	Mean	Std. Deviation	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	-32,92800	6,47585	-10,169	3	,002
Pair 2	-1,70300	1,28123	-2,658	3	,076

Berdasarkan Tabel 6 untuk pasangan 1 diperoleh nilai *sig.(t tailed)* < 0,05, maka Ho ditolak dan Ha diterima, maka terdapat pengaruh e-modul pembelajaran fisika terhadap kompetensi peduli lingkungan peserta didik. Selanjutnya untuk hasil pasangan 2 diperoleh nilai *sig.(t tailed)* < 0,05, maka Ho diterima dan Ha ditolak yang berarti tidak terdapat pengaruh pembelajaran konvensional terhadap kompetensi peduli lingkungan peserta didik. Hasil analisis sikap peduli lingkungan peserta didik kelas eksperimen dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Uji Keefektifan Sikap Peduli Lingkungan Peserta Didik

Berdasarkan Gambar 4 menunjukkan bahwa rata-rata sikap peduli lingkungan sebesar 68,47% dalam kategori efektif yang berarti bahwa e-modul pembelajaran fisika berbasis *STEM* terintegrasi perubahan iklim dalam kategori efektif. Hasil analisis kompetensi sikap peduli lingkungan diperoleh e-modul yang dikembangkan dalam kategori efektif dengan nilai rata-rata persentase 68,47%. Dari 4 dimensi yang diamati persentase tertinggi adalah dimensi *Attitudes towards recovery* diperoleh persentase 75,69%, yang berarti peningkatan yang sangat signifikan pada sikap untuk memperbaiki lingkungan. Pendidikan lingkungan adalah suatu proses yang bertujuan membentuk perilaku, nilai, dan kebiasaan untuk menghargai lingkungan hidup (Wirakusumah 2010).

Berdasarkan hasil penelitian e-modul secara signifikan terbukti efektif digunakan terhadap kompetensi pengetahuan peserta didik dan sikap peduli lingkungan peserta didik. Keterlaksanaan e-modul berbasis *STEM* terintegrasi perubahan iklim dapat membantu peserta didik dalam menemukan konsep-konsep fisika yang ditemukan pada masalah lingkungan serta mampu mengaktifkan imajinasi peserta didik untuk mengatasi masalah lingkungan dengan kemampuan peserta didik sendiri maupun berbantuan teknologi. Peningkatan sikap peduli lingkungan terlihat dari pendapat peserta didik yang menyatakan bahwa penting menjaga lingkungan karena berdampak pada bahayanya perubahan iklim, serta berdampak langsung bagi kesehatan diri sendiri peserta didik. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan (Astuti 2017) efektivitas model *Environmental Learning* pada pembelajaran dapat meningkatkan kepedulian lingkungan peserta didik karena mereka takut akan tersebabnya virus dan bakteri yang menjadi sumber penyakit. Setelah melakukan pembelajaran IPA menggunakan Model *Problem Based Learning* Berbasis Literasi peserta didik mulai menghindari hal-hal yang dapat merusak lingkungan serta memperbaiki kerusakan lingkungan (Badaruddin 2018). Menurut (Beers 2011) *STEM* sangat cocok diaplikasikan untuk meningkatkan kompetensi peserta didik pada sekolah menengah. Implementasi *STEM education* dengan mengkomposisi

pembelajaran geografi, sains, dan matematika dapat meningkatkan kinerja peserta didik pada materi perubahan iklim (Oldakowski and Johnson 2018). Ketertarikan pada perubahan iklim dapat meningkatkan kualitas pembelajaran Biologi (Monroe, Hall, and Li 2016).

Penelitian sebelumnya juga menyatakan keefektifan e-modul dalam meningkatkan kompetensi peserta didik dalam pembelajaran (Liu et al. 2018). Hasil dari beberapa penelitian-penelitian menunjukkan bahwa penerapan bahan ajar dengan menggunakan pendekatan *STEM* pada peserta didik SMA dapat memberikan efek positif (Sadler et al. 2012), (deChambeau and Ramlo 2017) (Shahali et al. 2017). Modul terbukti efektif meningkatkan kompetensi peserta didik (Arif 2016) (Dewi 2016). Implementasi *STEM* dalam pendidikan dapat mendorong peserta didik untuk mendesain, mengembangkan, dan memanfaatkan teknologi dapat mengasah kognitif, manipulatif dan efektif, serta mengaplikasikan pengetahuan (White 2014).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menyimpulkan bahwa e-modul pembelajaran fisika berbasis *STEM Education* terintegrasi perubahan iklim efektif digunakan untuk meningkatkan kompetensi pengetahuan peserta didik dan kompetensi sikap peduli lingkungan peserta didik. Selanjutnya e-modul ini dapat digunakan sebagai bahan ajar fisika kelas XI semester 2 SMA.

Beberapa keterbatasan selama melakukan penelitian. Pertama, penggunaan e-modul masih terbatas pada konsep pemanasan global. Oleh karena itu, diharapkan ada penelitian lanjutan untuk ruang lingkup yang lebih luas agar dapat lebih dikembangkan. Kedua, sampel yang digunakan hanya terbatas pada peserta didik kelas XI IPA 4 dan kelas XI IPA U SMAN 2 Sungai Penuh, sebaiknya ada perluasan sampel agar hasil yang didapatkan lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Akker, J.V.D., Bannan, B., Kelly A.E., Nieveen, N., dan Plomp, T. 2013. *Introduction to Educational Design Research*. Enschede, the Netherlands: SLO.
- Al-shemmeri, Tarik. 2010. *Engineering Thermodynamics*. 1st Editio. bookbon.com. The eBook Company. ISBN: 978-87-7681-670-4.
- Aldrian, Edwin. 2016. *Adaptasi Dan Mitigasi Perubahan Iklim Di Indonesia*. Jakarta: Pusat Perubahan Iklim dan Kualitas Udara Kedepujian Bidang Klimatologi Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.
- Arif, Hafizhah. 2016. "Pengembangan Modul Pembelajaran Fisika Berbasis Problem Based Learning Terintegrasi Fenomena Pemanasan Global." Universitas Negeri Padang.
- Astuti, Aisyah Fitri. 2017. "Efektivitas Model

- Environmental Learning Terhadap Hasil Belajar Dan Sikap Peduli Kesehatan Lingkungan Siswa SMA Pada Materi Virus."
- Badan Pusat Statistik. 2014. "Indikator Perilaku Peduli Lingkungan Hidup."
- Badaruddin. 2018. "Peningkatan Sikap Peduli Lingkungan Dan Prestasi Belajar IPA Menggunakan Model Problem Based Learning Berbasis Literasi Pada Subtema Lingkungan Tempat Tinggalku Di Kelas IV MI Muhammadiyah Kramat." (September): 50–56.
- Beers, Sue Z. 2011. "What Are the Skills Students Will Need in the 21 St Century?" : 1–6. https://cosee.umaine.edu/files/coseeos/21st_century_skills.pdf.
- BNPB. 2019. "Mitigasi Bahaya Gempa Dan Tsunami Sumbar." <https://www.bnpb.go.id/mitigasi-bahaya-gempa-dan-tsunami-sumbar-doni-alam-takambang-jadi-guru>.
- Cropley, David H. 2015. "Promoting Creativity and Innovation in Engineering Education Why Do We Need Creativity and Innovation in Engineering?" (May).
- deChambeau, Aimée L, and Susan E Ramlo. 2017. "STEM High School Teachers' Views of Implementing PBL: An Investigation Using Anecdote Circles." *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning* 11(1).
- Dewi, Losita. 2016. "Pengembangan Modul Pembelajaran Fisika Berbasis Research Based Learning (RBL) Terintegrasi Bencana Pencemaran Tanah." Universitas Negeri Padang.
- Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. 2008. "Seri Bahan Bimbingan Teknis Implementasi KTSP." : 4–7.
- Direktorat Pembinaan SMA. 2010. *Juknis Pengembangan Bahan Ajar SMA*. Jakarta.
- . 2017. "Panduan Praktis Penyusunan E-Modul."
- Fauzi, Ahmad. 2014. *Fisika Bencana Alam*. Padang: UNP Press.
- Getuno, Daniel, Joel K Kiboss, Prof. Johnson Changeiywo, and Leo B Ogola. 2016. 6 *Journal of Education & Practice Effects of an E-Learning Module on Students' Attitudes in an Electronics Class*.
- Gustria, Azfin, and Ahmad Fauzi. 2018. "A Preliminary Research on Developing Physics Teaching Material to Enhance Students' Awareness Toward Climate Chang." *the 2018 International Conference on Research and Learning of Physics (ICRLP 2018: 093-ICRLP 2018*.
- Hisham, Suryana. 2015. "Penyebab Pemanasan Global." hisham.id/2015/08/penyebab-pemanasan-global.html (December 14, 2018).
- Ilker Ugulu, Mehmet Sahin, and Suleyman Baslar. 2013. "High School Students' Environmental Attitude: Scale Development and Validation." *Int J Edu Sci* (5(4): 415-424).
- IPCC. 2014. "Synthesis Report. Contribution of Working

Groups to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.” <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr>.

- Liu, Lin et al. 2018. “Enhancing Teaching-Learning Effectiveness by Creating Online Interactive Instructional Modules for Fundamental Concepts of Physics and Mathematics.” *Education Sciences* 8(3): 109.
- Marston, Brad. 2014. “The Quantum Physics of Global Warming.”
- Mcintyre, Timothy, Margaret Wegener, and Dominic Mcgrath. 2018. “Dynamic E-Learning Modules for Student Lecture Preparation.” *International Society for the Scholarship of Teaching and Learning (ISSOTL)* 6(No.1).
- Melillo, Jerry M., Richmond. Terese (T.C.), and Gary W Yohe. 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr>.
- Monroe, Martha C., Stephanie Hall, and Christine Jie Li. 2016. “Can Climate Change Enhance Biology Lessons? A Quasi-Experiment.” *Applied Environmental Education and Communication* 15(2): 125–37.
- Oldakowski, Ray, and Ashley Johnson. 2018. “Combining Geography, Math, and Science to Teach Climate Change and Sea Level Rise.” *Journal of Geography* 117(1): 17–28.
- Purnomo, Rochmat Aldy. 2016. *Analisis Statistik Ekonomi Dan Bisnis Dengan SPSS*. 1st ed. ed. Puput Cahya Ambarwati. Ponorogo: CV. WADE GROUP.
- Ramdhani, Muhammad Ali, and Elis Ratna Wulan. 2012. “The Analysis of Determinant Factors In Software Design For Computer Assisted Instruction.” 1(8): 69–73.
- Riduwan. 2008. *Dasar-Dasar Statistika*. Bandung: Alfa Beta.
- Roberts, Julia Link. 2015. “Innovation and STEM Schools.” *National Consortium of Secondary STEM Schools* 20(1): 28–29.
- Sadler, Philip M., Gerhard Sonnert, Zahra Hazari, and Robert Tai. 2012. “Stability and Volatility of STEM Career Interest in High School: A Gender Study.” *Science Education* 96(3): 411–27.
- Sekretariat Kabinet RI. 2007. “UU No 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana.”
- Shahali, Edy Hafizan Mohd et al. 2017. “STEM Learning through Engineering Design: Impact on Middle Secondary Students’ Interest towards STEM.” *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 13(5): 1189–1211.
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sukmadinata, N.S. 2009. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Syahputra, Edi. 2016. *Statistika Terapan Untuk Quasi Dan*

Pure Experiment. Medan: Unimed Press.

White, David. 2014. 14 Florida Association of Teacher Educators Journal *What Is STEM Education and Why Is It Important?*

Wirakusumah. 2010. “Konsep Pendidikan Lingkungan Di Sekolah: Model Uji Coba Sekolah Berwawasan Lingkungan.” Universitas Pendidikan Indonesia.