



**IMPLEMENTASI PEMBELAJARAN FISIKA MATERI
GELOMBANG CAHAYA BERPENDEKATAN *SCIENCE,
TECHNOLOGY, ENGINEERING, AND MATHEMATICS*
(STEM) UNTUK MENGEMBANGKAN KETERAMPILAN
BELAJAR ABAD 21**

SKRIPSI

diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Fisika

oleh

Eka Handayani

4201415014

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2019



**IMPLEMENTASI PEMBELAJARAN FISIKA MATERI
GELOMBANG CAHAYA BERPENDEKATAN *SCIENCE,
TECHNOLOGY, ENGINEERING, AND MATHEMATICS*
(STEM) UNTUK MENGEMBANGKAN KETERAMPILAN
BELAJAR ABAD 21**

SKRIPSI

diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Fisika

oleh

Eka Handayani

4201415014

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019**

PERNYATAAN

Dengan ini, saya

nama : Eka Handayani

NIM : 4201415014

program studi : Pendidikan Fisika, S1

menyatakan bahwa skripsi berjudul Implementasi Pembelajaran Fisika Materi Gelombang Cahaya Berpendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) untuk Mengembangkan Keterampilan Belajar Abad 21 benar-benar karya sendiri bukan jiplakan dari karya orang lain atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang atau pihak lain yang terdapat dalam skripsi ini telah dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah. Atas pernyataan ini, saya secara pribadi siap menanggung risiko/sanksi hukum sesuai ketentuan perundang-undangan apabila ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya ini.

Semarang, 4 Desember 2019



Eka Handayani

NIM 4201415014

PENGESAHAN

Skripsi berjudul *Implementasi Pembelajaran Fisika Materi Gelombang Cahaya Berpendekatan Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) untuk Mengembangkan Keterampilan Belajar Abad 21* karya Eka Handayani NIM 4201415014 ini telah dipertahankan dalam Ujian Skripsi Universitas Negeri Semarang pada tanggal 4 Desember 2019 dan disahkan oleh panitia ujian.

Semarang, 4 Desember 2019

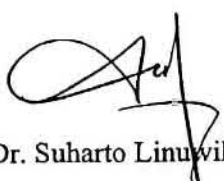
Panitia

Sekretaris,

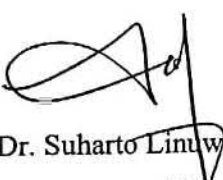


Dr. Sugjanto, M.Si.


NIP 196102191993031001


Dr. Suharto Linuwih, M.Si.
NIP 196807141996031005

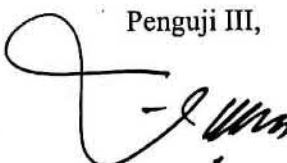
Penguji I,


Dr. Suharto Linuwih, M.Si.
NIP 196807141996031005

Penguji II,


Prof. Dr. Wiyanto M.Si.
NIP 196310121988031001

Penguji III,



Dra. Dwi Yufianti, M.Si.

NIP 196007221984032001

MOTO DAN PERSEMBAHAN

Moto:

1. Man Jadda Wajada “Barang siapa yang bersungguh-sungguh, ia akan berhasil”.
2. Man Shabara Zhafira “Barang siapa yang bersabar, ia akan beruntung”.
3. Hasil tak akan pernah mengkhianati proses.

Persembahan:

1. Bapak, Ibu, dan adikku yang selalu memberikan dukungan, motivasi, dan doa yang tiada henti.
2. Alamamaterku, Universitas Negeri Semarang.
3. Para sahabat dan teman-teman yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Implementasi Pembelajaran Fisika Materi Gelombang Cahaya Berpendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) untuk Mengembangkan Keterampilan Belajar Abad 21” ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terselesaikan dengan baik tanpa adanya partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih khusus penulis sampaikan kepada Dra. Dwi Yulianti, M. Si., selaku dosen pembimbing skripsi, yang telah memberikan ide, bimbingan, arahan, motivasi dan nasihat selama penyusunan skripsi. Selain itu, ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Fatkhur Rokhman, M. Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang,
2. Dr. Sugianto, M.Si., Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang,
3. Dr. Suharto Linuwih, M.Si., Ketua Jurusan Fisika, Universitas Negeri Semarang,
4. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika, Universitas Negeri Semarang,
5. Kepala SMA N 15 Semarang yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian di sekolah tersebut,
6. Endang Retnowati, S. Pd., guru Fisika SMA N 15 Semarang yang telah memberi arahan dan bimbingan selama penelitian,
7. Siswa kelas XI IPA 5, XI IPA 6, dan XI IPA 7 SMA N 15 Semarang yang telah berpartisipasi dengan baik selama penelitian,
8. Keluarga tercinta yang telah memberikan doa, dukungan, dan semangat untuk kesuksesan penulis,
9. Teman-temanku Chika, Dewi, Ela, Faishal, Indah, Nia, Risma, Slamet, Widi, dan Yuniar yang telah membantu sebagai pengamat dalam penelitian,

10. Teman-teman seperjuangan bimbingan skripsi Dra. Dwi Yulianti, M. Si. (Dewi, Ela, Indah, Risma) yang saling menguatkan selama proses penyusunan skripsi,
11. Teman-teman Kos Puri Dewi Sartika (Defa, Chika, Airin, Ifa, Mba Yuli, Mba Vilka, Mba Rizki, Mba Anggi, dan Mba Try) yang telah menjadi penyemangat dan penghibur di kala penulis jenuh dengan skripsi,
12. Teman-teman Pendidikan Fisika 2015, khususnya Rombel 2 Pendidikan Fisika 2015 yang selalu memberikan masukan, saran, dan semangat kepada penulis selama belajar di Universitas Negeri Semarang,
13. Teman-teman PPL SMA N 15 Semarang dan KKN Kelurahan Bojongsalaman,
14. Semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan selama proses penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagi penulis pada khususnya, lembaga, masyarakat, dan pembaca pada umumnya. Kritik dan saran yang membangun terkait skripsi ini, akan sangat bermanfaat untuk penulis.

Semarang, 4 Desember 2019

Penulis

ABSTRAK

Handayani, Eka. (2019). *Implementasi Pembelajaran Fisika Materi Gelombang Cahaya Berpendekatan Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) untuk Mengembangkan Keterampilan Belajar Abad 21*. Skripsi, Pendidikan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Dra. Dwi Yulianti, M. Si.

Kata Kunci: pendekatan STEM, keterampilan belajar abad 21.

Persatuan Bangsa Bangsa (PBB) melalui UNESCO mencetuskan bahwa keterampilan belajar abad 21 harus dimiliki sebagai visi dari pembelajaran abad 21. Hal ini diperkuat dalam Permendikbud nomor 20 tahun 2016 salah satu keterampilan yang harus dimiliki siswa sebagai standar kompetensi lulusan adalah keterampilan belajar abad 21 atau keterampilan 4C mencakup *critical thinking*, *communication*, *collaboration*, dan *creativity*. Pendekatan STEM merupakan salah satu pendekatan integratif yang mengintegrasikan tema dasar dan konsep sains, teknologi, teknik, serta matematika sebagai salah satu upaya mengembangkan keterampilan belajar abad 21. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan keterampilan belajar abad 21 melalui pembelajaran fisika berpendekatan STEM.

Penelitian ini merupakan jenis penelitian *Quasy Experimental* dengan *Nonequivalent Control Group Design*. Penelitian ini dilakukan di SMA N 15 Semarang pada kelas XI IPA 7 sebagai kelas eksperimen dan kelas XI IPA 5 sebagai kelas kontrol. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan beberapa cara yaitu dokumentasi, tes, observasi, dan angket.

Pendekatan STEM dalam penelitian ini diterapkan pada materi gelombang cahaya khususnya sub materi difraksi cahaya dengan mengintegrasikan setiap aspek STEM dalam kegiatan siswa maupun pada perangkat pembelajaran yang digunakan. Hasil analisis data menunjukkan adanya pengembangan keterampilan belajar abad 21 mulai dari kriteria sedang hingga tinggi. Keterampilan berpikir kritis berkembang dengan adanya peningkatan sebesar 0,50 atau dalam kriteria sedang. Keterampilan komunikasi berkembang dari rendah sampai sangat tinggi dengan peningkatan 0,78 untuk keterampilan komunikasi lisan dan 0,74 untuk keterampilan komunikasi tulis atau dalam kriteria tinggi. Keterampilan kolaborasi berkembang dari sedang sampai sangat tinggi dengan peningkatan sebesar 0,87 atau dalam kriteria tinggi. Keterampilan berpikir kreatif berkembang dengan adanya peningkatan sebesar 0,49 atau dalam kriteria sedang. Hasil analisis angket menunjukkan bahwa penerapan pendekatan STEM dalam pembelajaran fisika efektif untuk mengembangkan keterampilan belajar abad 21 dengan rata-rata skor 78,09%. Berdasarkan hasil penelitian penerapan pembelajaran fisika berpendekatan STEM mampu mengembangkan keterampilan belajar abad 21.

ABSTRACT

Handayani, Eka. (2019). *The Implementation of Light Waves Materials on Physics Learning with Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach for Developing 21st Century Learning Skills*. Final Project, Physics Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences Universitas Negeri Semarang. Advisor Dra. Dwi Yulianti, M. Si.

Key Words: STEM approach, 21st century learning skills.

The United Nations (PBB) through UNESCO stated that 21st century learning skills must be possessed as 21st century learning vision. This is reinforced in Permendikbud number 20 of 2016 one of the skills that must be had by students as a standard of graduate competency is 21st century learning skills or 4C's skills including critical thinking, communication, collaboration, and creativity. The STEM approach is an integrative approach that integrates the basic themes and concepts of science, technology, engineering, and mathematics as an effort to develop 21st century learning skills. The purpose of this research was to develop 21st century learning skills through physics learning using STEM approach.

This research is a *Quasy Experimental* research with *Non-equivalent Control Group Design*. This research was conducted at SMA N 15 Semarang in grade XI IPA 7 as an experimental class and grade XI IPA 5 as a control class. Data collection techniques of this research were carried out in several ways, namely documentations, test, observations, and questionnaires.

The STEM approach of this research is applied to the light-waves materials especially the light diffraction sub-material by integrating every aspect of STEM in student activities as well as the learning devices used. The results of data analysis showed that there was a development of 21st century learning skills ranging from moderate to high criteria. Critical thinking skills develop with an increase of 0.50 or in moderate criteria. Communication skills develop from low to very high of 0.78 in oral communication skills and 0.74 in written communication skills or in high criteria. Collaboration skills develop from moderate to very high of 0.87 or in high criteria. Creative thinking skills develop of 0.49 or in moderate criteria. The results of the questionnaire analysis showed that the application of the STEM approach in physics learning was effective in developing 21st century learning skills with an average score of 78.09%. Based on research results the application of physics learning with STEM approach is able to develop 21st century learning skills.

DAFTAR ISI

	Halaman
PENGESAHAN	iii
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
ABSTRAC	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR BAGAN	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB	
1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Penegasan Istilah	5
2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pendekatan <i>Science, Technology, Engineering, and Mathematics</i> (STEM)	8
2.2 Keterampilan 4C (<i>Critical thinking, Communication, Collaboration,</i> <i>Creativity</i>)	12
2.2.1 <i>Critical Thinking</i> (Berpikir Kritis)	13
2.2.2 <i>Communication</i> (Komunikasi)	14
2.2.3 <i>Collaboration</i> (Kolaborasi)	16
2.2.4 <i>Creativity</i> (Kreativitas/Berpikir Kreatif)	17
2.3 Kerangka Berpikir	20
3 METODE PENELITIAN	

3.1	Waktu dan Lokasi Penelitian	21
3.2	Desain Penelitian	21
3.3	Variabel Penelitian	21
3.4	Populasi dan Sampel	22
3.4.1	Populasi	22
3.4.2	Sampel	22
3.5	Prosedur Penelitian	23
3.5.1	Studi Pendahuluan	23
3.5.2	Tahap Persiapan	23
3.5.3	Tahap Pelaksanaan	23
3.5.4	Tahap Akhir	23
3.6	Metode Pengumpulan Data	24
3.6.1	Metode Tes	24
3.6.2	Metode Non-Tes	24
3.7	Teknik Pengumpulan Data	24
3.7.1	Dokumentasi	24
3.7.2	Tes	24
3.7.3	Observasi	25
3.7.4	Angket	25
3.8	Metode Analisis Data	26
3.8.1	Analisis Instrumen	26
3.8.2	Analisis Data Awal	32
3.8.3	Analisis Data Akhir	35
4	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1	Penerapan Pendekatan STEM dalam Pembelajaran Fisika	40
4.1.1	Pertemuan Pertama	40
4.1.2	Pertemuan Kedua	41
4.1.3	Pertemuan Ketiga	42
4.2	Pengembangan Keterampilan Berpikir Kritis	43
4.2.1	Menyimpulkan	47
4.2.2	Menganalisis	48

4.2.3 Memberi Alasan Efektif	49
4.2.4 Mengidentifikasi	50
4.3 Pengembangan Keterampilan Komunikasi	52
4.3.1 Keterampilan Komunikasi Lisan	52
4.3.2 Keterampilan Komunikasi Tulis	56
4.4 Pengembangan Keterampilan Kolaborasi	61
4.4.1 Bekerja Secara Efektif dan Saling Menghormati antar Anggota Kelompok dan Kelompok Lainnya	65
4.4.2 Menunjukkan Sikap Fleksibel dan Kompromi untuk Mencapai Tujuan Bersama	66
4.4.3 Bertanggung Jawab dalam Kerja Kolaboratif	67
4.5 Pengembangan Keterampilan Berpikir Kreatif	68
4.5.1 Orisinalitas	72
4.5.2 Merumuskan Gagasan	73
4.5.3 Menumbuhkan Ide-Ide Baru untuk Menyelesaikan Masalah	75
4.5.4 Merealisasikan Ide-Ide Kreatif	76
4.6 Respon Siswa terhadap Pembelajaran Fisika Berpendekatan STEM (<i>Science, Technology, Engineering, and Mathematics</i>)	77
5 PENUTUP	
5.1 Simpulan	79
5.2 Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	91

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Skor Skala <i>Likert</i>	26
3.2 Rekapitulasi Hasil Uji Validitas Soal	27
3.3 Kriteria Kelayakan Instrumen	28
3.4 Hasil Uji Kelayakan Instrumen Secara Umum	28
3.5 Hasil Uji Kelayakan Instrumen Tiap Perangkat Pembelajaran	28
3.6 Klasifikasi Tingkat Kesukaran Soal	29
3.7 Rekapitulasi Hasil Uji Tingkat Kesukaran Soal	30
3.8 Klasifikasi Daya Pembeda	31
3.9 Rekapitulasi Hasil Uji Daya Pembeda Soal	31
3.10 Rekapitulasi Hasil Uji Reliabilitas Soal Uji Coba.....	32
3.11 Rekapitulasi Hasil Uji Reliabilitas Soal <i>Pretest-Posttest</i>	32
3.12 Hasil Uji Homogenitas	33
3.13 Hasil Uji Normalitas <i>Pretest-Posttest</i> Keterampilan Berpikir Kritis	34
3.14 Hasil Uji Normalitas <i>Pretest-Posttest</i> Keterampilan Berpikir Kreatif ..	35
3.15 Kriteria Keterampilan Komunikasi dan Kolaborasi Siswa	36
3.16 Kriteria Penilaian Angket Respon Siswa	37
3.17 Klasifikasi <i>Gain</i>	37
4.1 Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengembangan Keterampilan Berpikir Kritis antara Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol	43
4.2 Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengembangan Keterampilan Berpikir Kritis Sebelum dan Sesudah Penerapan Pembelajaran Berpendekatan STEM	44
4.3 Hasil Uji <i>N-Gain</i> Keterampilan Berpikir Kritis	44
4.4 Hasil Uji <i>N-Gain</i> Nilai <i>Pretest-Posttest</i> Indikator Menyimpulkan	47
4.5 Hasil Uji <i>N-Gain</i> Nilai <i>Pretest-Posttest</i> Indikator Menganalisis	48
4.6 Hasil Uji <i>N-Gain</i> Nilai <i>Pretest-Posttest</i> Indikator Memberi Alasan Efektif	50
4.7 Hasil Uji <i>N-Gain</i> Nilai <i>Pretest-Posttest</i> Indikator Mengidentifikasi	50
4.8 Hasil Observasi Keterampilan Komunikasi Lisan	52

4.9	Hasil Uji <i>N-Gain</i> Keterampilan Komunikasi Lisan	52
4.10	Hasil Observasi Keterampilan Komunikasi Lisan Tiap Indikator	55
4.11	Hasil Uji <i>N-Gain</i> Keterampilan Komunikasi Lisan Tiap Indikator	56
4.12	Hasil Observasi Keterampilan Komunikasi Tulis	57
4.13	Hasil Uji <i>N-Gain</i> Keterampilan Komunikasi Tulis	57
4.14	Hasil Observasi Keterampilan Komunikasi Tulis Tiap Indikator	59
4.15	Hasil Uji <i>N-Gain</i> Keterampilan Komunikasi Tulis Tiap Indikator	60
4.16	Hasil Observasi Keterampilan Kolaborasi	62
4.17	Hasil Uji <i>N-Gain</i> Keterampilan Kolaborasi	62
4.18	Hasil Uji <i>N-Gain</i> Keterampilan Kolaborasi Tiap Indikator	64
4.19	Hasil Observasi Keterampilan Kolaborasi pada Indikator Bekerja Secara Efektif dan Saling Menghormati antar Anggota Kelompok dan Kelompok Lainnya	66
4.20	Hasil Observasi Keterampilan Kolaborasi pada Indikator Menunjukkan Sikap Fleksibel dan Kompromi untuk Mencapai Tujuan Bersama	67
4.21	Hasil Observasi Keterampilan Kolaborasi pada Indikator Bertanggung Jawab dalam Kerja Kolaboratif	68
4.22	Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengembangan Keterampilan Berpikir Kreatif antara Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol	69
4.23	Hasil Uji Beda Rata-Rata Pengembangan Keterampilan Berpikir Kreatif Sebelum dan Sesudah Penerapan Pembelajaran Berpendekatan STEM	70
4.24	Hasil Uji <i>N-Gain</i> Keterampilan Berpikir Kreatif	70
4.25	Hasil Uji <i>N-Gain</i> Nilai <i>Pretest-Posttest</i> Indikator Orisinalitas	72
4.26	Hasil Uji <i>N-Gain</i> Nilai <i>Pretest-Posttest</i> Indikator Merumuskan Gagasan	74
4.27	Hasil Uji <i>N-Gain</i> Nilai <i>Pretest-Posttest</i> Indikator Menumbuhkan Ide- Ide Baru untuk Menyelesaikan Masalah	75
4.28	Hasil Uji <i>N-Gain</i> Nilai <i>Pretest-Posttest</i> Indikator Merealisasikan Ide- Ide Kreatif	76
4.29	Hasil Analisis Respon Siswa	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Pendekatan Terintegrasi (Terpadu) pada Pendidikan STEM	10
3.1 Desain Penelitian	21
4.1 Rata-Rata Nilai <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Keterampilan Berpikir Kritis	43
4.2 Rata-Rata Nilai <i>Pretest-Posttest</i> Keterampilan Berpikir Kritis Tiap Indikator	46
4.3 Hasil Analisis Uji <i>N-Gain</i> Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	46
4.4 Skor Rata-Rata Keterampilan Komunikasi Lisan Tiap Indikator	54
4.5 Skor Rata-Rata Keterampilan Komunikasi Tulis Tiap Indikator	59
4.6 Pengembangan Keterampilan Kolaborasi Tiap Pertemuan	61
4.7 Skor Rata-Rata Keterampilan Kolaborasi Tiap Indikator	64
4.8 Rata-Rata Nilai <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> Keterampilan Berpikir Kreatif	69
4.9 Rata-Rata Nilai <i>Pretest-Posttest</i> Keterampilan Berpikir Kreatif Tiap Indikator	71
4.10 Hasil Analisis Uji <i>N-Gain</i> Indikator Keterampilan Berpikir Kreatif	72

DAFTAR BAGAN

Bagan	Halaman
2.1 Kerangka Berpikir	20
3.1 Skema Penelitian	22

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran Kelas Eksperimen	92
2. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran Kelas Kontrol	106
3. Bahan Ajar	117
4. Lembar Kerja Siswa Kelas Eksperimen	120
5. Lembar Kerja Siswa Kelas Kontrol	125
6. Kisi-Kisi Soal Uji Coba	128
7. Soal Uji Coba	130
8. Rubrik Penilaian Keterampilan Berpikir Kritis Soal Uji Coba	133
9. Rubrik Penilaian Keterampilan Berpikir Kreatif Soal Uji Coba	135
10. Daftar Nama Siswa Kelas Uji Coba Soal	146
11. Daftar Skor Uji Coba Soal	147
12. Hasil Uji Validitas Keterampilan Berpikir Kritis Soal Uji Coba	149
13. Hasil Uji Validitas Keterampilan Berpikir Kreatif Soal Uji Coba	150
14. Analisis Tingkat Kesukaran (Keterampilan Berpikir Kritis)	151
15. Analisis Tingkat Kesukaran (Keterampilan Berpikir Kreatif)	153
16. Analisis Daya Pembeda Soal (Keterampilan Berpikir Kritis)	155
17. Analisis Daya Pembeda Soal (Keterampilan Berpikir Kreatif)	158
18. Hasil Uji Reliabilitas	161
19. Kisi-Kisi Soal <i>Pretest-Posttest</i>	162
20. Soal <i>Pretest-Posttest</i>	163
21. Rubrik Penilaian Keterampilan Komunikasi	165
22. Lembar Observasi Keterampilan Komunikasi	168
23. Rubrik Penilaian Keterampilan Kolaborasi	169
24. Lembar Observasi Keterampilan Kolaborasi	171
25. Hasil Lembar Validasi Perangkat Pembelajaran	172
26. Analisis Lembar Validasi Perangkat Pembelajaran	186
27. Hasil Lembar Keterlaksanaan Pembelajaran	187
28. Daftar Nama Siswa Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol	195

29.	Daftar Nilai <i>Pretest-Posttest</i>	197
30.	Hasil Uji Homogenitas	199
31.	Hasil Uji Normalitas	200
32.	Hasil <i>Paired Samples t-Test</i>	201
33.	Hasil <i>Independent Samples t-Test</i>	202
34.	Uji <i>N-gain</i> Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif	204
35.	Uji <i>N-gain</i> Tiap Indikator Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif	207
36.	Rekapitulasi Lembar Observasi Keterampilan Komunikasi Lisan	213
37.	Uji <i>N-gain</i> Keterampilan Komunikasi Lisan	216
38.	Rekapitulasi Lembar Observasi Komunikasi Lisan Tiap Indikator	218
39.	Uji <i>N-gain</i> Tiap Indikator Keterampilan Komunikasi Lisan	221
40.	Rekapitulasi Lembar Observasi Keterampilan Komunikasi Tulis	224
41.	Uji <i>N-gain</i> Keterampilan Komunikasi Tulis	227
42.	Rekapitulasi Lembar Observasi Komunikasi Tulis Tiap Indikator	229
43.	Uji <i>N-gain</i> Tiap Indikator Keterampilan Komunikasi Tulis	232
44.	Rekapitulasi Lembar Observasi Keterampilan Kolaborasi	235
45.	Uji <i>N-gain</i> Keterampilan Kolaborasi.....	238
46.	Rekapitulasi Lembar Observasi Kolaborasi Tiap Indikator	240
47.	Uji <i>N-gain</i> Tiap Indikator Keterampilan Kolaborasi	243
48.	Rekapitulasi dan Analisis Angket Respon Siswa	246
49.	Analisis Angket Respon Siswa Tiap Indikator	248
50.	Surat Keterangan Penetapan Dosen Pembimbing	250
51.	Surat Keterangan Telah Melakukan Penelitian di SMA N 15 Semarang	251
52.	Dokumentasi	252

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hasil studi PISA (*Programme for International Student Assessment*) 2015 menunjukkan kenaikan pencapaian nilai rata-rata sains siswa usia 15 tahun dari 382 poin ditahun 2012 menjadi 403 poin ditahun 2015. Akan tetapi, meskipun peningkatan capaian Indonesia cukup signifikan, namun masih di bawah rerata OECD (*Organisation for Economic Cooperation and Development*) yaitu 500 dan 502 poin (OECD, 2016, h.4). Selain itu, hasil studi TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*) Indonesia menduduki peringkat 40 dari total 42 peserta TIMSS pada bidang sains dengan nilai rata-rata 406, jauh di bawah nilai rata-rata secara Internasional (IEA, 2012, h.40).

Berdasarkan hasil studi PISA dan TIMSS, dapat disimpulkan bahwa pendidikan di Indonesia perlu mendapat perhatian. Oleh karena itu pemerintah Indonesia terus meningkatkan kualitas pendidikan di Indonesia salah satunya dengan memperbaharui kurikulum pendidikan yang digunakan. Indonesia melalui Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud) telah melakukan penyempurnaan kurikulum, sampai yang terakhir Kurikulum 2013 (K-13). Kurikulum 2013 mengacu pada standar kompetensi lulusan di Indonesia, yaitu dalam dimensi keterampilan, siswa harus memiliki keterampilan berpikir dan bertindak meliputi kreatif, produktif, kritis, mandiri, kolaboratif, dan komunikatif (Permendikbud nomor 20 tahun 2016). Sesuai dengan standar kompetensi lulusan, untuk menyiapkan manusia yang mampu bersaing di era global, dalam Kurikulum 2013 (K-13) beberapa keterampilan atau kecakapan abad 21 yang ditekankan untuk dimiliki siswa adalah keterampilan belajar abad 21 atau keterampilan 4C (*Critical thinking and problem solving, Communication, Collaboration, Creativity and innovation*). Keterampilan belajar abad 21 dalam kurikulum pendidikan nasional yaitu K-13 sangat jelas terlihat pada komponen maupun proses pembelajarannya (Robiah, 2018).

Keterampilan abad 21 adalah bagian dari empat pilar pendidikan yang dicetuskan oleh UNESCO dan merupakan visi dari pembelajaran abad 21 (Scott, 2015, h.1). Menurut Trilling & Fadel (2009, h.48) keterampilan abad 21 mencakup tiga keterampilan (*skills*) yang dirangkum dalam skema atau disebut pelangi keterampilan-pengetahuan abad 21/*The 21st century knowledge-and-skills rainbow*, salah satu dari tiga keterampilan itu adalah *learning and innovation skills*.

Learning and innovation skills merupakan keterampilan yang berpengaruh dalam pendidikan sekolah. *Learning and innovation skills* mempunyai beberapa fokus keterampilan, yaitu: (1) *critical thinking and problem solving*, (2) *communication and collaboration*, dan (3) *creativity and innovation* (Trilling & Fadel, 2009, h.49). Keterampilan-keterampilan dalam *learning and innovation skills* sering disebut dengan keterampilan 4C (*Critical thinking and problem solving, Communication, Collaboration, Creativity and innovation*).

Keterampilan 4C merupakan keterampilan yang harus dibekalkan pada siswa karena sesuai dengan dimensi keterampilan yang ada di Kurikulum 2013 (K-13) dan standar kompetensi lulusan di Indonesia, sebagaimana tercantum dalam Permendikbud nomor 20 tahun 2016. Akan tetapi, berdasarkan hasil penelitian As'ari (2016) menunjukkan bahwa penerapan K-13 di sekolah belum mengembangkan keterampilan 4C dalam proses pembelajarannya. Menurut Sunardi (2016), untuk memperkuat berkembangnya keterampilan 4C dalam pembelajaran harus menampilkan masalah dunia nyata yang menuntut siswa menggali dan menemukan fenomena dengan menggunakan pengetahuan yang mereka miliki menggunakan cara bermakna.

Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengembangkan keterampilan 4C dalam implementasi K-13 adalah menggunakan pendekatan integratif. Pendekatan integratif merupakan pendekatan pembelajaran yang dilakukan dengan menggunakan lebih dari satu disiplin ilmu, salah satunya adalah pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) yang mengintegrasikan tema dasar dan konsep sains, teknologi, teknik, serta matematika (Beers, 2011).

Beberapa negara maju seperti Amerika Serikat dan Australia sudah mengembangkan pendidikan STEM (*Science, Technology, Engineering, and*

Mathematics) sebagai upaya menghadapi tantangan abad 21. Menurut Dewi, Kaniawati, & Suwarma (2018) pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) dalam pembelajaran dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa, hal ini dikarenakan STEM dikembangkan dengan mengangkat isu keseharian ke dalam pembelajaran, dampaknya pembelajaran menjadi lebih bermakna sehingga tepat digunakan sebagai salah satu alternatif untuk menjawab permasalahan pendidikan di Indonesia. Hasil penelitian Pangesti, Yulianti, & Sugianto (2017) mengungkapkan bahwa pembelajaran menggunakan bahan ajar berbasis STEM dapat meningkatkan penguasaan konsep siswa. Hasil penelitian McDonald (2016) juga menunjukkan bahwa 237 penelitian penerapan STEM dalam pembelajaran, baik secara praktik maupun pedagogi terbukti efektif untuk meningkatkan minat, motivasi, dan prestasi siswa serta dapat mengembangkan keterampilan abad 21.

Fisika merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang peristiwa dan fenomena alam, yang dalam proses pembelajarannya dapat memberikan pengalaman ilmiah kepada siswa, mampu memberikan kesempatan bekerjasama, mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan menyelesaikan masalah sehingga mencapai hasil belajar yang baik (Muthi'ik, Abdurrahman, & Rosidin, 2018). Hasil penelitian Khoiriyah, Abdurrahman, & Wahyudi (2018) menunjukkan bahwa pendekatan STEM dalam pembelajaran fisika dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dan lebih baik dibandingkan dengan menggunakan pendekatan pembelajaran konvensional. Selain itu dengan pembelajaran fisika yang dikaitkan dengan aspek-aspek STEM keterampilan berpikir kreatif juga dapat meningkat (Irfana, Yulianti, & Wiyanto, 2019). Salah satu pokok bahasan fisika yaitu materi gelombang cahaya, serta dalam kurikulum 2013 merupakan salah satu kompetensi dasar yang harus dikuasai siswa. Dalam proses pembelajarannya materi gelombang cahaya juga dapat diintegrasikan dengan *technology, engineering, dan mathematics*.

Hasil observasi di SMA Negeri 15 Semarang menunjukkan bahwa pembelajaran fisika yang dilakukan sudah menggunakan kurikulum 2013, tetapi implementasi keterampilan abad 21 khususnya keterampilan 4C baru dirintis,

sehingga belum pernah membuat perangkat pembelajaran untuk memfasilitasi keterampilan 4C siswa. Selain itu juga belum mengetahui dan menerapkan pendekatan STEM dalam proses pembelajaran. Pendekatan pembelajaran fisika yang digunakan di SMA Negeri 15 Semarang adalah pendekatan saintifik.

Berdasarkan permasalahan di atas maka akan dilakukan penelitian dengan judul “IMPLEMENTASI PEMBELAJARAN FISIKA MATERI GELOMBANG CAHAYA BERPENDEKATAN *SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING, AND MATHEMATICS* (STEM) UNTUK MENGEMBANGKAN KETERAMPILAN BELAJAR ABAD 21”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan pendekatan STEM dalam pembelajaran fisika?
2. Bagaimana pengembangan keterampilan berpikir kritis siswa setelah diterapkan pendekatan STEM dalam pembelajaran fisika?
3. Bagaimana pengembangan keterampilan komunikasi siswa selama diterapkan pendekatan STEM dalam pembelajaran fisika?
4. Bagaimana pengembangan keterampilan kolaborasi siswa selama diterapkan pendekatan STEM dalam pembelajaran fisika?
5. Bagaimana pengembangan keterampilan berpikir kreatif siswa setelah diterapkan pendekatan STEM dalam pembelajaran fisika?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis penerapan pendekatan STEM dalam pembelajaran fisika.
2. Menganalisis pengembangan keterampilan berpikir kritis siswa setelah diterapkan pendekatan STEM dalam pembelajaran fisika.
3. Menganalisis pengembangan keterampilan komunikasi siswa selama diterapkan pendekatan STEM dalam pembelajaran fisika.

4. Menganalisis pengembangan keterampilan kolaborasi siswa selama diterapkan pendekatan STEM dalam pembelajaran fisika.
5. Menganalisis pengembangan keterampilan berpikir kreatif siswa setelah diterapkan pendekatan STEM terintegrasi pembelajaran fisika.

1.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Objek yang diteliti adalah keterampilan 4C meliputi keterampilan berpikir kritis, berkomunikasi, berkolaborasi, dan keterampilan berpikir kreatif siswa kelas XI.
2. Subjek penelitian adalah siswa kelas XI IPA SMA Negeri 15 Semarang.
3. Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Gelombang Cahaya sub materi Difraksi Cahaya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi siswa diharapkan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis, keterampilan berkomunikasi, keterampilan berkolaborasi, dan keterampilan berpikir kreatif siswa.
2. Bagi guru, dapat dijadikan alternatif pembelajaran fisika yang sesuai dengan Kurikulum 2013 (K-13).
3. Bagi mahasiswa, hasil penelitian ini dapat menjadi wujud kontribusi dalam mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh selama duduk dibangku kuliah.

1.6 Penegasan Istilah

1.6.1 Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics)

Pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) merupakan pendekatan interdisipliner dan terapan yang mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, serta matematika dengan mengaitkan dunia nyata dalam pembelajaran berbasis masalah (*Californians Dedicated to Education Foundation,*

2014, h.7). Pendekatan STEM dalam penelitian ini merupakan pendekatan STEM yang sudah diintegrasikan dengan dengan keterampilan abad 21 yaitu keterampilan 4C (*Critical thinking, Communication, Collaboration, Creativity*).

1.6.2 Keterampilan 4C (*Critical thinking, Communication, Collaboration, Creativity*)

Keterampilan 4C (*Critical thinking, Communication, Collaboration, Creativity*) merupakan keterampilan abad 21 yang termasuk keterampilan *learning and innovation skills* (Trilling & Fadel, 2009, h.49). Keterampilan 4C yang digunakan dalam penelitian ini merupakan keterampilan yang sudah sesuai dengan dimensi keterampilan dalam standar kompetensi lulusan Indonesia untuk jenjang pendidikan SMA.

1.7 Sistematika Penulisan Skripsi

Skripsi ini terdiri atas tiga bagian yaitu bagian awal, bagian isi, dan bagian akhir, yang masing-masing diuraikan sebagai berikut:

1.7.1 Bagian Awal

Bagian awal terdiri dari halaman judul, abstraksi, pengesahan, *motto*, persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar lampiran.

1.7.2 Bagian Isi

Bagian isi terdiri dari 5 bab yang diuraikan sebagai berikut:

1. Bab 1 pendahuluan terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, penegasan istilah, dan sistematika penulisan skripsi.
2. Bab 2 tinjauan pustaka berisi tentang landasan teori yang digunakan dalam penulisan skripsi ini.
3. Bab 3 metode penelitian berisi tentang metode yang digunakan dalam penelitian ini.
4. Bab 4 hasil penelitian dan pembahasan berisi tentang hasil penelitian yang diperoleh disertai dengan analisis data, serta pembahasannya.
5. Bab 5 penutup, terdiri dari simpulan hasil penelitian dan saran yang perlu diberikan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.

1.7.3 Bagian Akhir

Bagian akhir skripsi terdiri dari daftar pustaka dan lampiran-lampiran untuk melengkapi uraian pada bagian isi yang disertai dengan dokumentasi.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM)

STEM adalah akronim dari *science, technology, engineering, and mathematics* yang diperkenalkan oleh *National Science Foundation* (NSF) pada tahun 1990an (Bybee, 2013, h.1). STEM merupakan suatu pendekatan untuk pendidikan dengan tujuan mengintegrasikan empat disiplin ilmu (Ercan, Altan, Taştan, & Dağ, 2016). Menurut *Chief Scientist Australian Government* (2014, h.34) keempat disiplin ilmu dalam STEM mempunyai peran penting dan saling menunjang untuk kemajuan dibidang lain. Definisi dan peran dari masing-masing disiplin ilmu dalam STEM menurut NAE & NRC (2014) adalah sebagai berikut:

- (1) sains merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari alam, termasuk hukum alam yang terkait dengan fisika, kimia, dan biologi dengan penerapan fakta, prinsip, konsep yang terkait. Sains juga merupakan kumpulan pengetahuan yang telah terakumulasi dari waktu ke waktu dari proses ilmiah sehingga menghasilkan pengetahuan baru. Ilmu pengetahuan dari sains memberikan informasi proses rancangan teknik.
- (2) teknologi merupakan satu kesatuan sistem dari pengetahuan, proses, dan perangkat-perangkat yang terorganisasi oleh manusia kemudian digunakan untuk menciptakan dan mengoperasikan produk dari teknologi itu. Teknologi modern yang kini ada merupakan produk dari sains dan teknik.
- (3) teknik merupakan kumpulan pengetahuan tentang desain dan pembuatan produk, serta sebuah proses untuk memecahkan masalah. Proses ini dirancang berdasarkan kendala, dan salah satu kendala dalam desain teknik adalah hukum alam atau sains. Teknik menggunakan konsep dalam sains dan matematika serta menggunakan alat hasil dari perkembangan teknologi.
- (4) matematika merupakan suatu studi tentang pola dan hubungan antara jumlah, angka, dan ruang. Berbeda dengan sains, dalam matematika bukti empiris dicari untuk menjamin atau menjatuhkan suatu klaim, klaim dalam matematika

dijamin melalui argumen logis berdasarkan asumsi mendasar. Matematika digunakan dalam sains, teknik, dan teknologi.

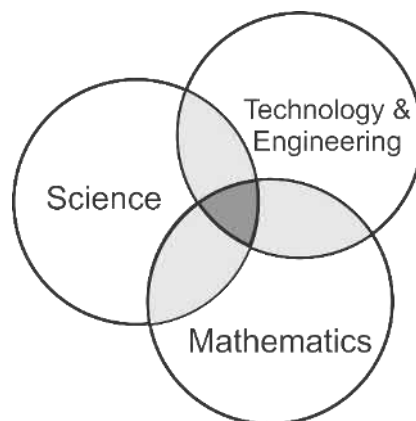
Tujuan dari STEM menurut Bybee (2013, h.5) yaitu mengembangkan peserta didik yang mempunyai:

- (1) pengetahuan, sikap, dan keterampilan untuk mengidentifikasi suatu masalah dalam kehidupan nyata, menjelaskan suatu fenomena alam, merancang, serta menyimpulkan berdasarkan bukti terkait STEM,
- (2) memahami karakteristik fitur-fitur disiplin STEM sebagai bentuk dari pengetahuan, penyelidikan, serta suatu rancangan yang dibuat oleh manusia,
- (3) kesadaran akan disiplin ilmu dalam STEM yang membentuk lingkungan material, intelektual, dan kultural,
- (4) menggunakan gagasan dari disiplin ilmu dalam STEM yaitu sains, teknologi, teknik, dan matematika untuk mengkaji isu-isu terkait STEM.

Pendidikan STEM memberikan peluang bagi guru untuk menunjukkan kepada siswa betapa konsep, prinsip, serta teknik dari *science*, *technology*, *engineering*, dan *mathematics* digunakan secara terintegrasi dalam pengembangan produk, proses, maupun sistem yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari (Firman, 2018). Sehingga siswa akan belajar dari hal-hal yang sudah mereka kenal sebelumnya. Selain itu, pendidikan STEM menurut Roberts (2012) dapat terwujud dalam situasi tertentu, yaitu ketika pembelajaran sains atau matematika melibatkan aktivitas pemecahan masalah otentik dalam konteks sosial, kultur, dan fungsional. Setiap hal yang siswa temukan dalam kehidupan sehari-hari akan dijadikan sebagai suatu masalah yang harus mereka pecahkan. Pendidikan STEM oleh Robert & Cantu (2012) dikemas sebagai pendekatan pembelajaran yaitu pendekatan STEM. Kemudian Robert & Cantu (2012) mengembangkan pendekatan STEM menjadi tiga model pendekatan yang dapat diterapkan oleh guru dalam pembelajaran, yaitu pendekatan silo (terpisah), pendekatan *embedded* (tertanam) dan pendekatan terintegrasi (terpadu). Akan tetapi, dalam penelitian ini pendekatan yang diterapkan adalah pendekatan terintegrasi (terpadu).

Pendekatan terintegrasi atau pendekatan terpadu merupakan pendekatan terbaik dalam pembelajaran STEM. Pada pendekatan terpadu tembok pembatas

setiap disiplin dalam STEM dihapus, sehingga konten dalam STEM dipelajari sebagai satu subjek (Winarni, Zubaidah, & Handayanto, 2016). Pendekatan terpadu dalam pendidikan STEM termasuk pendekatan yang mengeksplorasi proses belajar mengajar diantara dua atau lebih dari bidang ilmu dalam STEM, selain itu dapat pula antara bidang ilmu dalam STEM dengan satu atau lebih dari mata pelajaran sekolah lainnya (Sanders, 2009). Menurut Winarni *et al.* (2016), pendekatan terpadu menggabungkan materi dari berbagai bidang STEM dan menggabungkan konten lintas kurikuler dengan keterampilan berpikir kritis, memecahkan masalah, dan pengetahuan untuk mencapai suatu kesimpulan.



Gambar 2.1 Pendekatan Terintegrasi (Terpadu) pada Pendidikan STEM.

Bidang ilmu dalam STEM diajarkan seolah-olah mereka satu subjek. Integrasi dapat dilakukan dengan minimal dua disiplin ilmu namun tidak terbatas pada dua disiplin (Roberts & Cantu, 2012).

Prinsip dasar pendekatan STEM adalah menggabungkan beberapa konten subjek melalui integrasi sains, teknologi, teknik, dan matematika. Pembelajaran dengan pendekatan STEM berkontribusi dalam pengembangan psikomotorik, proses ilmiah, dan keterampilan belajar abad 21 dengan mengidentifikasi tema dan konsep dasar dari setiap subjek (sains, teknologi, teknik, dan matematika) (Beers, 2011 dan Kanadh, 2019). Pendekatan STEM tidak hanya berfokus pada integrasi lintas disiplin dari S, T, E, dan M, tetapi juga berfokus pada pemikiran sistematis, keterbukaan terhadap komunikasi, nilai-nilai etika, penelitian, produksi, kreativitas,

masalah, persimpangan pengetahuan dan keterampilan dalam sains, teknologi, teknik, dan matematika (Çengel, Alkan, & Yildiz, 2019).

Pembelajaran dengan menggunakan pendekatan STEM menurut Thibaut *et al.* (2018) mencakup sembilan kategori dalam praktik pengajarannya, yaitu: (1) integrasi konten STEM, (2) fokus pada masalah, (3) penyelidikan, (4) desain, (5) pembelajaran kooperatif, (6) berpusat pada siswa, (7) *hands-on*, (8) penilaian, dan (9) keterampilan abad 21st. Oleh karena itu penting bagi para pengajar memahami sembilan kategori tersebut agar penerapan pendekatan STEM sesuai dengan prinsip dasarnya. Pendekatan STEM berdasarkan hasil penelitian Kanadh (2019), paling cocok diterapkan pada mata pelajaran fisika terkait dengan fenomena fisik yang memberikan informasi ilmiah tentang berbagai jenis energi, konsep gaya dan gerak terkait kualitas serta interaksi antar keduanya. Salah satu contoh pembelajaran berpendekatan STEM menurut Karisan, Macalalag, & Johnson (2019), dalam materi konversi energi guru dapat memberikan sebuah permasalahan “bagaimana agar tubuh kita tetap merasa sejuk saat cuaca panas?”, kemudian sebagai solusi siswa merancang kipas angin sederhana. Pada kegiatan ini siswa menggunakan motor listrik untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik (sains), pengukuran dan perhitungan Hukum Ohm (matematika), dan kegiatan mendesain serta merancang kipas angin termasuk dalam penerapan aspek *engineering* dan teknologi.

Pendekatan STEM dinilai sebagai pendekatan yang sesuai diterapkan dalam pembelajaran. Secara keseluruhan berdasarkan hasil penelitian Yildirim (2016) pendekatan STEM memberikan dampak positif terhadap kegiatan maupun hasil pembelajaran di sekolah, meliputi keberhasilan akademik siswa, minat dan motivasi siswa, keterampilan berpikir kritis, keterampilan pemecahan masalah, sikap siswa terhadap pelajaran, dan juga keterampilan proses ilmiah siswa. Selain memberikan dampak positif terhadap kegiatan dan hasil pembelajaran, pendekatan STEM juga salah satu strategi untuk menyiapkan siswa dalam menghadapi masa depan mereka. Hal tersebut dikarenakan pendekatan STEM merupakan salah satu pendekatan pendidikan yang inovatif dan berkontribusi pada literatur serta studi masa depan khususnya pada bidang-bidang STEM (Çengel *et al.*, 2019). Salah satu

pembelajaran yang sesuai dengan pendekatan STEM adalah pembelajaran berbasis masalah. Pembelajaran dengan pendekatan STEM berbasis *Problem Based Learning* (PBL) berdasarkan penelitian Sari, Alici, & Şen (2017) terbukti efektif dalam proses pembelajaran yang dilakukan dan membantu siswa untuk mengembangkan keterampilan abad 21st, menciptakan suasana kelas yang lebih menyenangkan, meningkatkan minat siswa pada profesi *engineering*, dan membantu siswa memilih karier masa depan mereka.

2.2 Keterampilan 4C (*Critical Thinking, Communication, Collaboration, Creativity*)

Keterampilan dan pengetahuan sangat dibutuhkan oleh siswa didorong dengan globalisasi, perkembangan teknologi, migrasi, persaingan internasional, maupun tantangan lingkungan dan politik di abad 21 (Scott, 2015, h.2). Keterampilan ini disebut dengan keterampilan belajar abad 21 yang dikenal dengan keterampilan 4C. Keterampilan 4C merupakan inti dan inovasi dari pembelajaran yang meliputi kemampuan untuk bertanya dan menjawab pertanyaan-pertanyaan penting, meninjau secara kritis apa yang orang lain katakan tentang suatu subjek, mengajukan dan memecahkan masalah, berkomunikasi dan bekerja dengan orang lain dalam pembelajaran, dan menciptakan pengetahuan dan inovasi baru guna membangun dunia yang lebih baik (Trilling & Fadel, 2009, h.49-50).

Kurikulum 2013 menuntut adanya kebebasan berpikir memahami masalah, membangun strategi penyelesaian masalah, mengajukan ide-ide secara bebas dan terbuka dalam suatu pembelajaran. Sehingga kegiatan guru dalam pembelajaran adalah melatih dan membimbing siswa berpikir kritis dan kreatif dalam menyelesaikan masalah yang umumnya dilakukan dengan metode diskusi dalam kelompok belajar (Sinambela, 2013). Keterampilan 4C merupakan salah satu keterampilan yang tercantum dalam dimensi keterampilan pada standar kompetensi lulusan serta harus dikuasai siswa sesuai dengan jenjang pendidikannya. Dimensi keterampilan yang harus dikuasai siswa untuk jenjang SMA/MA/SMALB adalah siswa harus memiliki keterampilan berpikir dan bertindak kreatif, produktif, kritis, mandiri, kolaboratif, dan komunikatif (Permendikbud nomor 20 tahun 2016).

Berdasarkan penjelasan tersebut maka tampak bahwa pembelajaran dengan kurikulum 2013 memfasilitasi pengembangan keterampilan 4C siswa. Keterampilan 4C juga merupakan keterampilan yang dikembangkan dalam kurikulum STEM, mencakup *critical thinking* (berpikir kritis), *communication* (komunikasi), *collaboration* (kolaborasi), dan *creativity* (kreativitas/berpikir kreatif) serta pengembangan keterampilan 4C dalam pembelajaran akan memberi siswa kemampuan belajar yang kuat dan membantu mereka mempertahankan pembelajaran untuk penggunaan berkelanjutan (Beers, 2011).

2.2.1 Critical Thinking (Berpikir Kritis)

Berpikir kritis merupakan pemahaman yang mendalam dan kapasitas untuk menerapkan elemen serta proses yang terkait dengan pemikiran kritis serta pemecahan masalah (C21 Canada, 2012, h.10). Keterampilan berpikir kritis juga dideskripsikan sebagai keterampilan yang meliputi kemampuan individu untuk: (a) membuat alasan secara efektif, (b) mengajukan pertanyaan yang tajam dan menyelesaikan masalah, (c) menganalisis dan mengevaluasi suatu sudut pandang, dan (d) merefleksikan secara kritis suatu keputusan dan proses (*Pacific Policy Research Center*, 2010, h.7).

Berpikir kritis adalah keterampilan penting yang perlu dikembangkan siswa ketika di sekolah agar siswa siap dan mampu mengatasi permasalahan studi serta karier mereka di masa depan (Thomas, 2011). Siswa dikatakan menggunakan keterampilan berpikir kritis menurut Trilling & Fadel (2009, h.52) apabila mereka dapat menganalisis, menafsirkan, mengevaluasi, merangkum, dan menyintesis informasi untuk memecahkan masalah. Berdasarkan penjelasan tersebut kemudian Trilling & Fadel merumuskan beberapa indikator berpikir kritis, yaitu siswa harus dapat:

- (1) memberi alasan yang efektif,
- (2) menganalisis bagaimana interaksi bagian-bagian dari suatu informasi,
- (3) mengevaluasi bukti, argumen, klaim, fakta, dan suatu sudut pandang,
- (4) menyintesis dan menafsirkan informasi,
- (5) membuat koneksi dan menyimpulkan,

- (6) merefleksikan secara kritis hasil dari pembelajaran, dan
- (7) mengidentifikasi pertanyaan, sehingga mendapatkan solusi terbaik.

Menurut NEA (2010, h.10) untuk mengintegrasikan keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran sains salah satunya fisika, siswa harus merencanakan dan melakukan penyelidikan ilmiah serta menulis penjelasan rinci berdasarkan bukti yang mereka dapatkan. Siswa membandingkan penjelasan mereka dengan hasil riset atau penjelasan para ilmuwan dan menghubungkannya dengan pemahaman mereka terkait dunia nyata. Selain itu, menurut Thomas (2011) untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis dapat dilakukan dengan memberikan latihan pemecahan suatu masalah yang dikerjakan secara berkelompok mencakup latihan evaluasi dan analisis, analisis dan sintesis argumen, penalaran baik secara individu maupun kolaboratif, serta regulasi/refleksi diri. Oleh karena itu, untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis dapat dilakukan menggunakan model pembelajaran yang sesuai, salah satunya adalah model pembelajaran berbasis masalah atau *Problem Based Learning* (PBL). Pembelajaran berbasis masalah sebagai pendekatan pedagogis yang kuat dalam sistem pengajaran dan pembelajaran melibatkan siswa baik secara eksplisit maupun secara langsung mengajarkan keterampilan berpikir kritis dalam berbagai disiplin ilmu (Kek & Huijser, 2011). Berdasarkan penjelasan di atas pada dasarnya keterampilan berpikir kritis siswa dapat dikembangkan melalui berbagai kegiatan pembelajaran yang berkaitan dengan pemecahan masalah. Sedangkan untuk mengukur keterampilan berpikir kritis dapat dilakukan dengan metode tes, menggunakan langkah-langkah tes berganda, termasuk kuantitatif dan kualitatif, yang dilakukan untuk menilai perubahan keterampilan berpikir kritis siswa (Behar-Horenstein & Niu, 2011).

2.2.2 Communication (Komunikasi)

Kekuatan media modern dan keberadaan teknologi dalam berbagai aspek kehidupan menjadikan keterampilan komunikasi semakin diperlukan dan penting untuk diajarkan. Keterampilan komunikasi merupakan keterampilan yang perlu ditekankan dan diajarkan kepada siswa untuk menyiapkan mereka menghadapi tantangan global di abad 21 (NEA, 2010, h.13). Selain itu menurut Saavedra &

Opfer (2012) berdasarkan beberapa ratus wawancara yang telah dilakukan dengan para pemimpin bisnis, nirlaba, dan petinggi pendidikan, untuk bertahan hidup di abad 21 siswa memerlukan beberapa keterampilan bertahan hidup salah satunya komunikasi lisan dan komunikasi tertulis yang efektif. Siswa dikatakan mempunyai keterampilan komunikasi yang baik jika telah memenuhi beberapa indikator keterampilan komunikasi, indikator tersebut telah dirumuskan Trilling & Fadel (2009, h.52), yaitu siswa harus dapat:

- (1) mengartikulasikan pemikiran dan ide menggunakan keterampilan lisan, tertulis, maupun nonverbal dalam berbagai bentuk dan konteks,
- (2) mendengarkan secara efektif sehingga dapat menguraikan makna, termasuk pengetahuan, nilai-nilai, sikap, dan niat,
- (3) menggunakan komunikasi untuk berbagai tujuan (misalnya untuk memberikan informasi, menginstruksikan, memotivasi, dan membujuk),
- (4) menggunakan beberapa media dan teknologi, serta mampu menilai dampak dan efektivitasnya secara apriori, dan
- (5) berkomunikasi secara efektif di lingkungan yang beragam (termasuk multibahasa dan multikultural).

Keterampilan komunikasi merupakan keterampilan dasar yang penting sebagai kelayakan kerja dan untuk berpartisipasi dalam masyarakat (Chan, 2011). Keterampilan komunikasi dapat diajarkan pada siswa dengan berbagai metode. Salah satu metodenya melalui pembelajaran dengan model *Project Based Learning* (PjBL), *Problem Based Learning*, ataupun *Design Based Learning* (DBL) (*Pacific Policy Research Center*, 2010, h.7). Berdasarkan hasil *review* Choridah (2013) dalam beberapa penelitian pendidikan terbukti bahwa pembelajaran berbasis masalah dapat meningkatkan keterampilan komunikasi siswa. Pembelajaran yang melibatkan kelompok siswa dipacu untuk berkomunikasi dengan temannya. Demikian pula pada saat mempresentasikan hasil kelompok, siswa dituntut untuk berkomunikasi teman dan guru. Selain itu untuk mengembangkan keterampilan komunikasi menurut Mahajan (2015) terdapat empat teknik untuk meningkatkan keterampilan komunikasi yaitu, mendengarkan, berbicara, membaca, dan menulis, dengan menerapkan empat teknik tersebut dalam proses pembelajaran akan

membantu siswa membangun hubungan berdasarkan pertukaran informasi yang efektif dan efisien dengan orang lain.

2.2.3 Collaboration (Kolaborasi)

Kolaborasi merupakan keterampilan yang erat hubungannya dengan keterampilan komunikasi. Menurut Fullan (2013, h.9) kolaborasi dalam konteks keterampilan abad ke-21 merupakan kemampuan untuk bekerja dalam tim, belajar dan berkontribusi dalam sebuah pembelajaran, keterampilan bersosialisasi, menunjukkan empati dalam bekerja bersama dengan orang yang beragam. Selain itu menurut *The Ontario Ministry of Education* (2016, h.13) kolaborasi juga dapat mengembangkan kecerdasan kolektif siswa. Tentunya dalam pembelajaran diharapkan siswa dapat mencapai kolaborasi yang efektif, kolaborasi yang efektif menurut Wilcox, Liu, Thall, & Howley (2017) membutuhkan kemampuan untuk mendengarkan gagasan orang lain, kemampuan sebagai individu yang fleksibel, kemampuan untuk menghargai kontribusi anggota lain dalam tim, kemampuan untuk berbagi tanggung jawab, pengakuan atas pencapaian tim, kemampuan untuk berkompromi, dan kemampuan menghormati orang lain. Sehingga, Trilling & Fadel (2009, h.52) merumuskan indikator siswa mempunyai keterampilan kolaborasi yang baik, yaitu siswa harus dapat:

- (1) bekerja secara efektif dan saling menghormati antar anggota kelompok dan kelompok lainnya,
- (2) menunjukkan sikap fleksibel dan kompromi untuk mencapai tujuan bersama,
- (3) bertanggung jawab dalam kerja kolaboratif, dan
- (4) menilai kontribusi individu oleh masing-masing anggota kelompok.

Keterampilan kolaborasi siswa dapat dikembangkan di sekolah melalui kegiatan kerja kelompok. Melalui bekerja secara kolaboratif atau kerja kelompok siswa akan belajar bersama dan mengembangkan keterampilan kolaborasi mereka khususnya pada tugas berbasis proyek (Scott, 2015, h.5). Harapannya siswa dengan keterampilan kolaborasi yang baik secara tidak langsung akan mempunyai kemampuan untuk berinteraksi secara positif dan hormat dengan orang lain, kemampuan untuk memimpin atau bekerja dalam suatu tim dan untuk berhubungan

dengan orang lain dalam berbagai konteks, kapasitas untuk kepekaan terhadap masalah dan proses yang terkait dengan berkolaborasi lintas budaya, serta kemampuan untuk berkolaborasi lintas jaringan menggunakan berbagai teknologi informasi dan komunikasi (C21 Canada, 2012, h.10).

2.2.4 Creativity (*Kreativitas/ Berpikir Kreatif*)

Tantangan ekonomi, sosial, dan lingkungan saat ini semakin kompleks dan membutuhkan pemikiran kreatif dan inovatif untuk menyelesaikan masalah yang ada. Seseorang harus dapat menggunakan kreativitasnya sehingga dapat beradaptasi, menghasilkan ide-ide baru, teori, produk, dan pengetahuan untuk menjadi sukses baik di sekolah, pekerjaan, maupun di kehidupannya (C21 Canada, 2012, h.10).

Kreativitas sering diartikan sebagai melihat hal yang sama dan berpikir berbeda, kemampuan memecahkan masalah yang estetik, yaitu masalah yang tidak dapat dipecahkan dengan cara konvensional, sehingga mendorong seseorang untuk berpikir kreatif dan menciptakan cara baru sebagai solusi dari masalah yang dihadapi (Bacanli, Dombayci, Demir, & Tarhan, 2011). Kreativitas/ berpikir kreatif merupakan salah satu keterampilan belajar abad 21 yang tidak dapat dipisahkan dengan inovasi. Kreativitas digambarkan sebagai keterampilan untuk menumbuhkan ide-ide baru, konsep, atau produk. Sedangkan inovasi mengandung unsur-unsur kreativitas dan sering digambarkan sebagai perwujudan ide baru untuk memberikan kontribusi yang bermanfaat pada suatu bidang (*The Ontario Ministry of Education*, 2016, h.13).

Kreativitas dan inovasi dapat dipupuk dengan lingkungan belajar yang menumbuhkan pertanyaan, kesabaran, keterbukaan terhadap ide-ide baru, tingkat kepercayaan yang tinggi, serta belajar dari kesalahan dan kegagalan (Trilling & Fadel, 2009, h.57-58). Menurut Upitis (2014, h.3) kreativitas di sekolah memberi pengalaman siswa pada situasi yang tidak diketahui jawabannya, banyak pilihan solusi jawaban, serta ambiguitas dan imajinasi dihargai sebagai suatu proses belajar. Siswa dikatakan memiliki kreativitas yang baik jika telah memenuhi

beberapa indikator. Indikator siswa memiliki kreativitas atau keterampilan berpikir kreatif yang baik menurut Trilling & Fadel (2009, h.59) yaitu siswa harus dapat:

- (1) merumuskan, menyaring, menganalisis, dan mengevaluasi suatu gagasan,
- (2) terbuka dengan beragaram perspektif baru,
- (3) menunjukkan orisinalitas dari penemuan,
- (4) memahami batas dunia nyata untuk menumbuhkan ide-ide baru,
- (5) melihat kegagalan sebagai peluang untuk belajar, dan
- (6) merealisasikan ide-ide kreatif untuk memberikan kontribusi nyata yang bermanfaat.

Kreativitas atau berpikir kreatif dapat diajarkan pada siswa melalui pembelajaran yang menuntut siswa untuk aktif dalam kelas salah satunya adalah pembelajaran dengan pendekatan STEM. Berdasarkan hasil penelitian Irfana *et al.* (2019) dan Pertiwi, Adurrahman, & Rosidin (2017) dengan menggunakan pendekatan STEM keterampilan berpikir kreatif siswa dapat meningkat.

Berdasarkan penjelasan setiap aspek dari keterampilan 4C di atas, Beers (2011) menjelaskan prinsip mengintegrasikan keterampilan belajar abad 21 atau keterampilan 4C dalam pembelajaran pada suatu topik bahasan adalah sebagai berikut:

- (1) menghubungkan pengetahuan dari sebuah topik bahasan ke aplikasi dan masalah dunia nyata, situasi yang memungkinkan siswa untuk melihat keterkaitan antara materi yang mereka pelajari dengan kehidupan nyata,
- (2) menekankan pemahaman yang mendalam tentang pembelajaran dengan berfokus pada proyek dan masalah sehingga mengharuskan siswa untuk menggunakan pengetahuan yang mereka punya dengan cara baru dan untuk memperluas pemahaman mereka melalui kolaborasi dengan orang lain,
- (3) memasukkan kegiatan metakognitif dalam pembelajaran,
- (4) menggunakan teknologi untuk membantu siswa mengakses, menganalisis, mengatur, dan membagikan informasi yang mereka dapatkan,
- (5) memberikan kesempatan bagi siswa menciptakan sebuah karya dan mengevaluasi kontribusi rekan kerja selama kegiatan kolaborasi dengan teman.

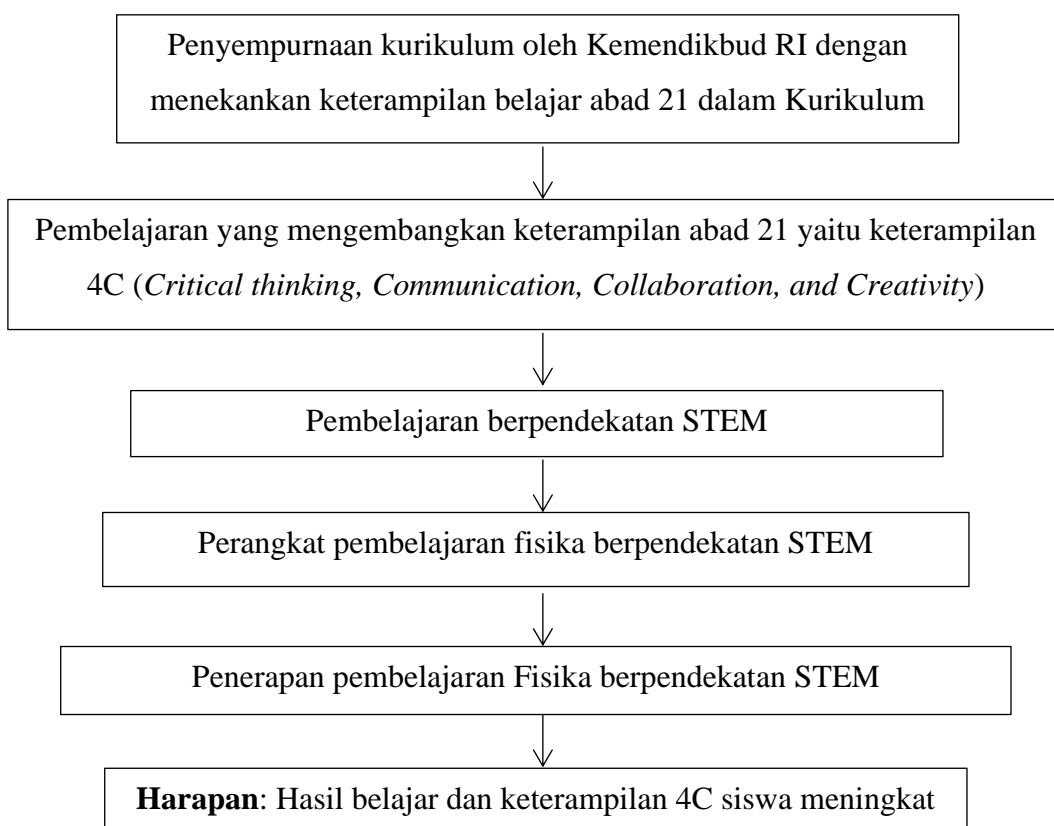
- (6) melibatkan siswa dalam memecahkan masalah kompleks yang membutuhkan pemikiran tingkat tinggi sehingga menghasilkan perspektif dan solusi baru dari suatu masalah,
- (7) memberikan kesempatan bagi siswa untuk berkolaborasi dalam mengumpulkan informasi, memecahkan masalah, berbagi ide, dan menghasilkan ide-ide baru,
- (8) menciptakan peluang bagi siswa untuk menjadi pelajar mandiri yang bertanggungjawab dan menjadi bagian dari tim untuk bekerja secara efektif dengan orang lain,
- (9) membantu siswa membuat hubungan antara mata pelajaran, konsep, dan ide-ide lain.

Peran guru dalam pembelajaran yang mengintegrasikan keterampilan belajar abad 21 atau keterampilan 4C mengalami pergeseran dari “ahli” menjadi “fasilitator”. Fokus instruksi untuk siswa bergeser dari “mengetahui” menjadi “mampu menggunakan dan menerapkan informasi dengan cara yang relevan”, sehingga siswa siap menghadapi tantangan di masa depan. Selain itu, menurut Alismail & McGuire (2015) guru memainkan peran penting dalam mengembangkan keterampilan belajar abad 21, mereka harus menggunakan strategi inovatif dan teknologi pembelajaran modern yang membantu mengintegrasikan keterampilan kognitif dan sosial dengan pengetahuan konten serta dapat meningkatkan partisipasi siswa dalam pembelajaran. Mengintegrasikan keterampilan belajar abad 21 atau keterampilan 4C dalam pembelajaran juga akan melatih siswa menjadi individu yang siap terjun dalam dunia kerja. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Motallebzadeh, Ahmadi, & Hosseinnia (2018), pembelajaran yang mengintegrasikan keterampilan belajar abad 21 dapat meningkatkan keterampilan berbicara serta keterampilan menulis peserta didik yang dianggap sebagai keterampilan penting dalam dunia kerja. Siswa yang dibekali dengan keterampilan belajar abad 21 tidak hanya membentuk mereka menjadi individu berpendidikan tetapi juga membentuk mereka menjadi warga negara yang lebih baik dan dapat memberikan kontribusi dalam kehidupan ekonomi digital abad 21 (Kivunja, 2015).

2.3 Kerangka Berpikir

Pendidikan di Indonesia yang perlu mendapat perhatian serta perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) yang menuntut siswa untuk memiliki keterampilan belajar abad 21 ditanggapi oleh Kemendikbud RI dengan menyempurnakan kurikulum. Kurikulum terbaru hasil penyempurnaan oleh Kemendikbud RI adalah kurikulum 2013 atau K-13 yang di dalamnya menekankan keterampilan belajar abad 21 atau keterampilan 4C. Hal tersebut tentu menuntut guru untuk memberikan pembelajaran yang mampu mengembangkan keterampilan 4C siswa. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan pembelajaran yang tepat sehingga keterampilan 4C siswa dapat berkembang. Pendekatan pembelajaran yang dapat mengembangkan keterampilan 4C siswa adalah pendekatan STEM.

Pemasalahan dan penyelesaian dalam suatu penelitian dapat dilihat dari kerangka berpikir penelitian. Adapun kerangka berpikir dalam penelitian ini disajikan dalam Bagan 2.1.



Bagan 2.1 Kerangka Berpikir

BAB 5

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa simpulan sebagai berikut.

1. Penerapan pendekatan STEM pada penelitian ini dimulai dengan pemberian *pretest* kemudian orientasi siswa pada masalah, mengorganisasi siswa untuk belajar, membimbing penyelidikan individu dan kelompok, mengembangkan dan menyajikan hasil karya, serta menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah. Aspek-aspek STEM diintegrasikan pada perangkat pembelajaran seperti RPP, bahan ajar, dan LKS selain itu juga diintegrasikan pada kegiatan pendahuluan khususnya apersepsi siswa dan pada kegiatan inti melalui permasalahan yang diberikan dalam pembelajaran, kegiatan diskusi, maupun kegiatan praktikum, kemudian kegiatan terakhir adalah pemberian *posttest*.
2. Keterampilan berpikir kritis siswa setelah diterapkan pendekatan STEM dalam pembelajaran fisika berkembang dengan adanya peningkatan sebesar 0,50 atau dalam kriteria sedang.
3. Keterampilan komunikasi siswa setelah diterapkan pendekatan STEM dalam pembelajaran fisika berkembang dengan adanya peningkatan pada tiap pertemuan. Keterampilan komunikasi lisan berkembang dari rendah sampai sangat tinggi dengan peningkatan sebesar 0,78 atau dalam kriteria tinggi. Keterampilan komunikasi tulis berkembang dari rendah sampai sangat tinggi dengan peningkatan sebesar 0,74 atau dalam kriteria tinggi.
4. Keterampilan kolaborasi siswa setelah diterapkan pendekatan STEM dalam pembelajaran fisika mengalami perkembangan dari sedang sampai sangat tinggi dengan peningkatan sebesar 0,87 atau dalam kriteria tinggi.
5. Keterampilan berpikir kreatif siswa setelah diterapkan pendekatan STEM dalam pembelajaran fisika berkembang dengan adanya peningkatan sebesar 0,49 atau dalam kriteria sedang.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian-penelitian selanjutnya berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengembangkan indikator-indikator lain dari keterampilan 4C yang belum dikembangkan dalam penelitian ini.
2. Pelaksanaan penerapan pembelajaran berpendekatan STEM disarankan dalam jangka waktu yang lama, sehingga pengembangan keterampilan 4C sangat terlihat.

DAFTAR PUSTAKA

- Alismail, H. A., & McGuire, P. (2015). 21st Century Standards and Curriculum: Current Research and Practice. *Journal of Education and Practice*, 6(6): 150-154. Tersedia di <http://www.iiste.org> [diakses 4-08-2019].
- Angkotasan, N. (2018). Model PBL dan *Cooperative Learning* Tipe TAI Ditinjau dari Aspek Kemampuan Berpikir Reflektif dan Pemecahan Masalah Matematis. *PYTHAGORAS: Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(1): 92-100. Tersedia di <http://journal.uny.ac.id/index.php/pythagoras> [diakses 2-09-2019].
- Apriono, D. (2013). Pembelajaran Kolaboratif: Suatu Landasan Membangun Kebersamaan dan Keterampilan Kerjasama. *Diklus: Jurnal Pendidikan Luar Sekolah*, 17(1): 292-304. Tersedia di <https://journal.uny.ac.id/index.php/diklus/> [diakses 15-09-2019].
- Arifin, Z. (2016). *Evaluasi Pembelajaran: Prinsip, Teknik, dan Prosedur*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Arikunto, S. (2015). *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- As'ari, A.R. (2016). Menjawab Tantangan 4C's Melalui Pengembangan Kurikulum dan Pembelajaran Matematika. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika*. Malang: Universitas Negeri Malang. Tersedia di <http://matematika.um.ac.id/seminar> [diakses 5-12-2018].
- Asmana, A. T. (2018). Profil Komunikasi Matematika Tertulis dalam Pemecahan Masalah Matematika di SMP Ditinjau dari Kemampuan Matematika. *INSPIRAMATIKA: Jurnal Inovasi Pendidikan dan Pembelajaran Matematika*, 4(1): 1-12. Tersedia di <http://e-jurnal.unisda.ac.id/index.php/Inspiramatika> [diakses 14-09-2019].
- Azwar, S. (2015). *Metode Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Bacanli, H., Dombayci, M. A., Demir, M., & Tarhan, S. (2011). Quadruple Thinking: Creative Thinking. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 12(1): 536-544. Tersedia di <http://www.sciencedirect.com> [diakses 4-8-08-2019].
- Beers, S. Z. (2011). *21st Century Skills: Preparing Students for Their Future*. Orono: The University of Maine. Tersedia di <http://cosee.umaine.edu> [diakses 26-12-2018].
- Behar-Horenstein, L. S., & Niu, L. (2011). Teaching Critical Thinking Skills in Higher Education: A Review of Literature. *Journal of College Teaching & Learning*, 8(2): 25-42. Tersedia di <http://eric.ed.gov> [1-08-2019].

- Bybee, R.W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. Amerika: NSTA Press.
- C21 Canada. (2012). *Shifting Minds "A 21st Century Vision of Public Education for Canada"*. Canada: C21 Canada Publisher. Tersedia di <http://www.c21canada.org> [diakses 11-03-2019].
- Cahyaningsih, F., & Roektingroem, E. (2018). Pengaruh Pembelajaran IPA Berbasis STEM-PBL terhadap Keterampilan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Kognitif. *E-Journal Pendidikan IPA*, 7(5): 239-244. Tersedia di <http://journal.student.uny.ac.id/ojs/index.php/ipa> [diakses 3-09-2019].
- Californians Dedicated to Education Foundation. (2014). *INNOVATE: A Blueprint for Science, Technology, Engineering, and Mathematics in California Public Education*. California: California Department of Education.
- Çengel, M., Alkan, A., & Yildiz, E. P. (2019). Evaluate the Attitudes of the Pre-Service Teachers Towards STEM and STEM's Sub Dimensions. *International Journal of Higher Education*, 8(3): 257-267. Tersedia di <http://ijhe.sciedupress.com> [diakses 5-08-2019].
- Chan, V. (2011). Teaching Oral Communication in Undergraduate Science: "Are We Doing Enough and Doing it Right?". *Journal of Learning Design*, 4(3): 71-79. Tersedia di <http://eric.ed.gov> [diakses 2-08-2019].
- Chief Scientist Australian Government. (2014). *Science, Technology, Engineering, and Mathematics: Australia's Future*. Australia: Australian Government. Tersedia di <http://www.chiefscientist.gov.au> [diakses 10-12-2018].
- Choridah, D. T. (2013). Peran Pembelajaran Berbasis Masalah untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi dan Berpikir Kreatif serta Disposisi Matematis Siswa SMA. *Infinity*, 2(2): 194-202. Tersedia di <http://e-journal.stkipsiliwangi.ac.id> [diakses 2-08-2019].
- Dewi, M., Kurniawati, I., & Suwarma, I. R. (2018). Penerapan Pembelajaran Fisika Menggunakan Pendekatan STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Memecahkan Masalah Siswa pada Materi Listrik Dinamis. *Prosiding Quantum #25 Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika*. Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan. Tersedia di <http://seminar.uad.ac.id/index.php/quantum> [diakses 5-12-2018].
- Dwijananti, P., & Yulianti, D. (2010). Pengembangan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa Melalui Pembelajaran *Problem Based Instruction* pada Mata Kuliah Fisika Lingkungan. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 6(1): 108-114. Tersedia di <http://journal.unnes.ac.id> [diakses 2-09-2019].

- Ercan, S., Altan, E. B., Taştan, B., & Dağ, I. (2016). Integrating GIS into Science Classes to Handle STEM Education. *Journal of Turkish Science Education*, 13(Special Issue): 30-43. Tersedia di <http://www.tused.org> [diakses 25-12-2018].
- Fikri, M. R., Muslim, Purwana, U., & Karyawan. (2019). Upaya Meningkatkan Kreativitas Siswa dalam Membuat Karya Fisika Melalui Model Pembelajaran Berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) pada Materi Fluida Statis. *Jurnal Wahana Pendidikan Fisika*, 4(1): 73-76. Tersedia di <http://ejournal.upi.edu/index.php/WapFi/> [diakses 16-09-2019].
- Firman, H. (2018). Penerapan Pembelajaran Berbasis STEM untuk Materi Penanggulangan Limbah Polimer. *Makalah Seminar Nasional Peran Penelitian dan Pendidikan Kimia dalam Penanggulangan Limbah Polimer*. Bandung: Himpunan Mahasiswa Kimia UPI. Tersedia di <http://academia.edu> [diakses 17-01-2019].
- Fullan, M. (2013). *Great to Excellent: Launching the Next Stage of Ontario's Education Agenda*. Toronto: Ontario Ministry of Education. Tersedia di <http://www.edu.gov.ca> [diakses 18-6-2019].
- Ghozali, I. (2016). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 23*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Gurcay, D. & Ferah, H. O. (2018). High School Students' Critical Thinking Related to Their Metacognitive Self-Regulation and Physics Self-Efficacy Beliefs. *Journal of Education and Training Studies*, 6(4): 125-130. Tersedia di <http://jets.redfame.com> [diakses 19-09-2019].
- Haryanti, A., & Suwarma, I. R. (2018). Profil Keterampilan Komunikasi Siswa SMP dalam Pembelajaran IPA Berbasis STEM. *Jurnal Wahana Pendidikan Fisika*, 3(1): 49-54. Tersedia di <http://ejournal.upi.edu/index.php/WapFi/> [diakses 14-09-2019].
- Hidayat, T. (2018). Pengaruh Penggunaan Lembar Kerja Siswa (LKS) Berbasis Model *Problem Solving Polya* pada Konsep Fluida Dinamis terhadap Kemampuan Menganalisis Siswa. *Jurnal Pendidikan Gamaedu*, 3(2): 111-121. Tersedia di <http://gemaedu.pgri.or.id/index.php/JG/> [diakses 2-09-2019].
- IEA. (2012). *TIMSS 2011 International Results in Science*. USA: TIMSS & PIRLS International Study Center. Tersedia di <http://www.bc.edu> [diakses 6-12-2018].
- Irfana, S., Yulianti, D., & Wiyanto. (2019). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* untuk

- Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Peserta Didik. *Unnes Physics Education Journal*, 8(1): 83-89. Tersedia di <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upej> [diakses 29-04-2019].
- Jensen, M., Mattheis, A., & Johnson, B. (2012). Using Student Learning and Development Outcomes to Evaluate a First-Year Undergraduate Group Video Project. *CBE-Life Sciences Education*, 11(1): 68-80. Tersedia di <https://www.lifescied.org> [diakses 20-09-2019].
- Kanadh, S. (2019). A Meta-Summary of Qualitative Findings about STEM Education. *Internasional Journal of Instruction*, 12(1): 959-976. Tersedia di <http://www.e-iji.net> [diakses 5-08-2019].
- Karisan, D., Macalalag, A., & Johnson, J. (2019). The Effect of Methods Course on Pre-Service Teachers' Awareness and Intentions of Teaching Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Subjects. *International Journal of Research in Education and Science (IJRES)*, 5(1), 22-35. Tersedia di <http://www.ijres.net> [diakses 5-08-2019].
- Kek, M. Y. C. A., & Huijser, H. (2011). The Power of Problem-Based Learning in Developing Critical Thinking Skills: Preparing Students for Tomorrow's Digital Futures in Today's Classrooms. *Higher Education Research & Development*, 30(3): 329-341. Tersedia di <http://www.edu.gov.ca> [1-08-2019].
- Khoiriyah, N., Abdurrahman, & Wahyudi, I. (2018). Implementasi Pendekatan Pembelajaran STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA pada Materi Gelombang Bunyi. *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika*, 5(2): 53-62. Tersedia di <http://journal.uad.ac.id> [diakses 5-12-2018].
- Kivunja, C. (2015). Teaching Students to Learn to Work Well with 21st Century Skills: Unpacking the Career and Life Skills Domain of the New Learning Paradigm. *International Journal of Higher Education*, 4(1): 1-11. Tersedia di <http://www.sciedu.ca/ijhe> [diakses 5-08-2019].
- Kurnianita, E. (2016). Upaya Meningkatkan Kemampuan Kerjasama, Keaktifan, dan Hasil Belajar Siswa Menggunakan Model *Cooperative Learning* Tipe *CO-OP CO-OP* pada Mata Pelajaran IPS Siswa Kelas VIII G SMP Negeri Minggir Sleman. *Social Studies*, 5(2): 1-15. Tersedia di <http://journal.student.uny.ac.id/ojs/ojs/index.php/social-studies/> [diakses 15-09-2019].
- Kurnianto, P., Dwijananti, P., Khumaedi. (2010). Pengembangan Kemampuan Menyimpulkan dan Mengkomunikasikan Konsep Fisika Melalui Kegiatan Praktikum Fisika Sederhana. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 6(1): 6-9. Tersedia di <http://journal.unnes.ac.id> [diakses 2-09-2019].

- Lestari, D. A. B., Astuti, B., & Darsono, T. (2018). Implementasi LKS dengan Pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 4(2): 202-207. Tersedia di <http://www.jurnalfkip.unram.ac.id/index.php/JPFT/> [diakses 29-08-2019].
- Liliawati, W. (2011). Pembekalan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa SMA Melalui Pembelajaran Fisika Berbasis Masalah. *Jurnal Pengajaran MIPA*, 16(2): 93-98. Tersedia di <http://journal.fpmipa.upi.edu/index.php/jpmipa/> [diakses 9-09-2019].
- Maghfiroh, U., & Sugianto. (2011). Penerapan Pembelajaran Fisika Bervisi SETS untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Analitis Peserta Didik Kelas X. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 7(1): 6-12. Tersedia di <http://journal.unnes.ac.id> [diakses 4-09-2019].
- Mahajan, R. (2015). The Key Role of Communication Skills in The Life of Professionals. *IOSR Journal of Humanities and Social Science (IOSR-JHSS)*, 20(12): 36-39. Tersedia di <http://www.iosrjournal.org> [diakses 3-08-2019].
- Manafe, Y. Y., Setyosari, P., Kuswandi, D., & Ulfa S. (2016). Pengaruh Strategi Kerjasama Kelompok dan Efikasi Diri terhadap Hasil Belajar Keterampilan Teknikal. *Jurnal Pendidikan Humaniora*, 4(3): 152-162. Tersedia di <http://journal.um.ac.id/index.php/jph> [diakses 15-09-2019].
- Maryanti, S., Zikra, & Nurfarhanah. (2012). Hubungan Antara Keterampilan Komunikasi dengan Aktivitas Belajar Siswa. *Konselor*, 1(2): 1-8. Tersedia di <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/konselor/> [diakses 12-09-2019].
- McDonald, C.V. (2016). STEM Education: A Review of the Contribution of the Disciplines of Science, Technology, Engineering, and Mathematics. *Science Education International*, 27(4): 530-569. Tersedia di <http://eric.ed.gov> [diakses 5-12-2018].
- Motallebzadeh, K., Ahmadi, F., & Hosseinnia, M. (2018). Relationship Between 21st Century Skills, Speaking and Writing Skills: A Structural Equation Modelling Approach. *International Journal of Instruction*, 11(3): 263-276. Tersedia di <http://www.e-iji.net> [diakses 4-08-2019].
- Muhandas, R. (2015). Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Investigasi Kelompok terhadap Pemecahan Masalah Matematis Siswa Kelas VIII MTsN Kota Padang. *Suska Journal of Mathematics Education*, 1(1): 35-44. Tersedia di <http://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/SJME/> [diakses 15-09-2019].

- Muthi'ik, I. I., Abdurrahman, & Rosidin, U. (2018). The Effectiveness of Applying STEM Approach to Self-Efficacy and Student Learning Outcomes for Teaching Newton's Law. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan Fisika*, 4(1): 11-18. Tersedia di <http://journal.unj.ac.id> [diakses 5-12-2018].
- NAE & NRC. (2014). *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. Amerika: The National Academies Press. Tersedia di <http://www.nap.edu> [diakses 10-01-2019].
- NEA. (2010). *Preparing 21st Century Students for a Global Society: An Educator's Guide to the "Four Cs"*. Washington DC: NEA Press. Tersedia di www.nea.org [diakses 27-01-2019].
- Nurhayati, D. I., Yulianti, D., & Mindyarto, B. N. (2019). Bahan Ajar Bebas *Problem Based Learning* pada Materi Gerak Lurus untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi dan Kolaborasi Siswa. *Unnes Physisc Education Journal*, 8(2): 208-218. Tersedia di <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upej> [diakses 13-09-2019].
- OECD. (2016). *Programme for International Student Assessment (PISA) Results from PISA 2015*. Paris: OECD Publishing. Tersedia di <http://www.oecd.org/pisa> [diakses 6-12-2018].
- Oktaviani, A. N., & Nugroho, S. E. (2015). Penerapan Model *Creative Problem Solving* pada Pembelajaran Kalor untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Keterampilan Komunikasi. *Unnes Physisc Education Journal*, 4(1): 26-31. Tersedia di <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upej> [diakses 12-09-2019].
- Pacific Policy Research Center. (2010). *21st Century Skills for Students and Teachers*. Honolulu: Kamehameha Schools, Research & Evaluation Division. Tersedia di <http://www.ksbe.edu/spi> [diakses 11-03-2019].
- Pangesti, K.I., Yulianti, D., Sugianto. (2017). Bahan Ajar Berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Siswa SMA. *Unnes Physics Education Journal*, 6(3): 53-58. Tersedia di <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upej> [diakses 11-12-2018].
- Permendikbud RI No.20 tahun 2016 tentang Standar Kompetensi Lulusan Pendidikan Dasar dan Menengah. Jakarta: Kemendikbud.
- Pertiwi, R. S., Abdurrahman, & Rosidin, U. (2017). Efektivitas LKS STEM untuk Melatih Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 5(2): 11-19. Tersedia di <http://jurnal.fkip.unila.ac.id> [diakses 3-08-2019].

- Prasasti, P. A. T. (2015). Efektivitas Model *Problem Based Learning* (PBL) Disertai *Fishbone Diagram* (FD) untuk Memberdayakan Kemampuan Menganalisis. *Premiere Educandum*, 5(2): 223-238. Tersedia di journal.unipma.ac.id [diakses 2-09-2019].
- Priyatno, D. (2010). *Paham Analisa Statistik Data dengan SPSS*. Yogyakarta: MediaKom.
- Puchumni, P., Tungpradabkul, S., & Magee, R. (2019). Using Information Retrieval Activities to Foster Analytical Thinking Skills Higher Education in Thailand: A Case Study of Local Wisdom Education. *Asian Journal of Education and Training*, 5(1): 80-85. Tersedia di [10.20448/journal.522.2019.51.80.85](https://doi.org/10.20448/journal.522.2019.51.80.85) [diakses 20-09-2019].
- Purnama, U. B., Poerwanti, J. I. S., & Karsono. (2014). Penggunaan Media Realia untuk Meningkatkan Kualitas Proses dan Hasil Belajar IPA Materi Tanah. *Jurnal Didaktika Dwija Indria*, 1(10): 1-7. Tersedia di <https://eprints.uns.ac.id/id/eprint/14400> [diakses 4-09-2019].
- Purnami, E. S., Khanafiyah, S., & Khumaedi. (2018). Penerapan Model Pembelajaran *Conceptual Understanding Procedures* (Cups) dengan Teknik *Pobing Prompting* untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi. *Unnes Physisc Education Journal*, 7(1): 50-56. Tersedia di <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upej> [diakses 12-09-2019].
- Putri, D. H., Risdianto, E., & Sutarno. (2017). Identifikasi Keterlaksanaan Praktikum Fisika SMA dan Pembekalan Keterampilan Abad 21. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Entrepreneurship IV*. Semarang: Universitas PGRI Semarang. Tersedia di <https://osf.io/> [diakses 15-09-2019].
- Razali, N. M., & Wah, Y. B. (2011). Power Comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling test. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2(1): 21-33.
- Roberts, A. (2012). A Justification for STEM Education. *Technology and Engineering Teacher*, 78(8): 1-5. Tersedia di <https://www.iteea.org> [diakses 21-01-2019].
- Roberts, A., & Cantu, D. (2012). Applying STEM Instructional Strategies to Design and Technology Curriculum. *PATT 26 Conference Proceedings*. Sweden: Linköping University Electronic Press, Linköpings Universitet. Tersedia di <http://www.ep.liu.se/ecp/> [diakses 25-12-2018].
- Robiah, S. (2018). Keterampilan Abad 21 dalam Kurikulum Pendidikan Nasional. *Prosiding SNTP (Seminar Nasional Teknologi Pendidikan)*. Bogor: Universitas Ibn Khaldun. Tersedia di <http://pkm.uika-bogor.ac.id> [diakses 6-1-2019].

- Saavaedra, A. R., & Opfer, V. D. (2012). Learning 21st-century Skills Requires 21st-century Teaching. *Phi Delta Kappa International*, 94(2): 8-13. Tersedia di <http://www.jstor.org/stable/41763587> [diakses 2-08-2019].
- Saefudin, A. A. (2012). Pengembangan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa dalam Pembelajaran Matematika dengan Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik Indonesia (PMRI). *Al-Bidayah*, 4(1): 37-48. Tersedia di <http://jurnal.albidayah.id> [diakses 9-09-2019].
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4): 20-26. Tersedia di <https://search.proquest.com> [diakses 22-01-2019].
- Sari, M. M., Rosilawati, I., Efkar, T., & Rudibyani, R. B. (2013). Peningkatan Keterampilan Mengkomunikasikan dan Menyimpulkan Melalui Model Pembelajaran *Predict-Observe-Explan*. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Kimia*, 2(2): 1-13. Tersedia di <http://jurnal.fkip.unila.ac.id/index.php/JPK/> [diakses 2-09-2019].
- Sari, U., Alici, M., & Şen, Ö. F. (2017). The Effect of STEM Instruction on Attitude, Career Perception and Career Interest in a Problem-based Learning Environment and Student Opinions. *Electronic Journal of Science Education*, 22(1): 1-20. Tersedia di <http://ejse.southwestern.edu> [5-08-2019].
- Sarican, G., & Akgunduz, D. (2018). The Impact of Integrated STEM Education on Academic Achievement, Reflective Thinking Skills Towards Problem Solving and Permanence in Learning in Science Education. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 13(1): 94-113. Tersedia di <http://www.cjes.eu> [diakses 19-09-2019].
- Scott, C. L. (2015). *Educational Research and Foresight: Working Papers (The Futures of Learning 2: What Kind of Learning for the 21st Century?)*. Paris: UNESCO.
- Shinta, Z. E., Marpaung, R. R. T., & Yolida, B. (2015). Pengaruh Penerapan Model PBL terhadap Kreativitas dan Keterampilan Berkomunikasi Tertulis Siswa. *Jurnal Bioterdik: Wahana Ekspresi Ilmiah*, 3(9): 60-72. Tersedia di <http://jurnal.fkip.unila.ac.id/index.php/JBT/> [diakses 14-09-2019].
- Sinambela, N. J. M. (2013). Kurikulum 2013 dan Implementasinya dalam Pembelajaran. *Generasi Kampus*, 6(2): 17-29. Tersedia di <http://journal.unimed.ac.id> [diakses 29-01-2019].
- Siswanto, J. (2018). Keefektifan Pembelajaran Fisika dengan Pendekatan STEM untuk Meningkatkan Kreativitas Mahasiswa. *Jurnal Penelitian*

Pembelajaran Fisika, 9(2): 133-137. Tersedia di <http://journal.upgris.ac.id/index.php/JP2F> [diakses 3-09-2019].

Sudjana. (2005). *Metoda Statistika*. Bandung: Tarsito.

Sugiyono. (2015). *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.

Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.

Sunardi. (2016). Strategi Penguatan Pengembangan 4C's dalam Pembelajaran Matematika. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika*. Malang: Universitas Negeri Malang. Tersedia di <http://matematika.um.ac.id/seminar> [diakses 5-12-2018].

Sundayana, R. (2015). *Statistika Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.

Sutiyatmini, E., & Maryanto, AL. (2018). Pengaruh Pembelajaran STEM Berbasis *Issues* terhadap Sikap Rasa Ingin Tahu dan Keterampilan Berpikir Kritis. *E-Journal Pendidikan IPA*, 7(5): 274-279. Tersedia di journal.student.uny.ac.id [diakses 3-09-2019].

The Ontario Ministry of Education. (2016). *21st Century Competencies*. Toronto: Queen's Printer for Ontario. Tersedia di <http://www.edugains.ca> [diakses 11-03-2019].

Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P., & Depaepe, F. (2018). Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. *European Journal of STEM Education*, 3(1): 1-12. Tersedia di <http://eric.ed.gov> [diakses 4-08-2019].

Thomas, T. (2011). Developing First Year Students' Critical Thinking Skills. *Asian Social Science*, 7(4): 26-35. Tersedia di <http://www.ccsenet.org/ass> [diakses 1-08-2019].

Tosuncuoglu, I. (2018). Place of Critical Thinking in EFL. *International Journal of Higher Education*, 7(4): 26-32. Tersedia di <http://ijhe.sciedupress.com> [diakses 19-09-2019].

Trilling, B. & Fadel, C. (2009). *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times*. Amerika: Jossey-Bass.

Upitis, R. (2014). *Creativity: The State of the Domain*. Toronto: Measuring What Matters, People for Education. Tersedia di <http://peopleforeducation.ca/> [diakses 18-6-2019].

- Wilcox, D., Liu, J. C., Thall, J., & Howley, T. (2017). Integration of Teaching Practice for Students' 21st Century Skills: Faculty Practice and Perception. *International Journal of Technology in Teaching and Learning*, 13(2): 55-77. Tersedia di <http://eric.ed.gov> [diakses 4-08-2019].
- Winarni, J., Zubaidah, S., & Handayanto, S. K. (2016). STEM: Apa, Mengapa, dan Bagaimana. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA Pascasarjana UM*. Malang: Universitas Negeri Malang. Tersedia di <http://pasca.um.ac.id> [diakses 22-01-2019].
- Wulandari, R. A., Hairida, & Melati, H. A. (2013). Analisis Keterampilan Komunikasi dalam Penyusunan Laporan Praktikum Termokimia pada Siswa Kelas XI IPA. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Katulistiwa*, 2(5): 1-13. Tersedia di <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jpdpb/> [diakses 14-09-2019].
- Yildirim, B. (2016). An Analyses and Meta-Synthesis of Research on STEM Education. *Journal of Education and Practice*, 7(34): 23-33. Tersedia di <http://www.iiste.org> [diakses 5-08-2019].
- Yulianti, D. (2017). Problem-Based Learning Model Used to Scientific Approach Based Worksheet for Physics to Develop Senior High School Students Characters. *Journal of Physics: Conferences Series*, 824(1): 1-5. Tersedia di <https://iopscience.iop.org/journal/> [diakses 11-09-2019].
- Yulianti, D., Wiyanto, Rusilowati, A., Nugroho, S. E., Supardi, K. I. (2019). Problem Based Learning Models Based on Science Technology Engineering and Mathematics for Developing Student Character. *Journal of Physics: Conferences Series*, 1170(1): 1-5. Tersedia di <https://iopscience.iop.org/journal/> [diakses 11-09-2019].