Senter Faraday sebagai Proyek Inovasi dalam Pembelajaran Elektromagnetik *Project Based Learning* berbasis *Science, Technology, Engineering, and Mathematic*

Firda Ulya Nur Rosyidah¹, Parno¹, Siti Zulaikah¹

¹Pendidikan Fisika-Universitas Negeri Malang

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima: 01-08-2019

Disetujui: 22-04-2020

Kata kunci:

project based learning;
electromagnetic learning;
science, technology, engineering
and mathematic (STEM);
project based learning;
pembelajaran elektromagnetik;
science, technology, engineering
and mathematic (STEM)

ABSTRAK

Abstract: Learning innovation needed to prepare the next generation to compete in twenty first century. Learning trend nowadays is integrating the ability of scientists and engineers to develop technology. One of government effort is determine basic competence. Students need understand the electromagnetic as basic technology development, especially faraday induction in faraday flashlight. The aim of this paper to describe the gap between real condition, the characteristic of electromagnetic material and basic competence. This paper give solution by lesson plan. Data collected by survey. The result showed that electromagnetic learning still unreach the basic competence because less of engagement between students, learning media and time constraint. Students wish for the next learning can engage technology and project. Learning innovation which appropriate to solve this gap is project based learning (PjBL) based science, technology, engineering and mathematic (STEM).

Abstrak: Inovasi pembelajaran dibutuhkan untuk mempersiapkan generasi siap saing di abad 21. Tren pembelajaran saat ini mengintegrasikan kemampuan saintis dan *engineer* dalam mengembangkan teknologi. Salah satu upaya pemerintah menentukan kompetensi dasar. Elektromagnetik sebagai basis perkembangan teknologi perlu dipahami siswa, salah satunya senter faraday. Artikel ini bertujuan mendeskripsikan kesenjangan antara kondisi nyata, karakteristik materi dan tuntutan KD. Disajikan inovasi solusi dalam bentuk rancangan pembelajaran. Data dikumpulkan melalui survei. Hasil penelitian menunjukkan pembelajaran elektromagnetik belum mencapai KD karena kurang melibatkan antar siswa maupun media pembelajaran dan kendala waktu. Siswa berharap pembelajaran melibatkan teknologi dan proyek. Inovasi pembelajaran yang sesuai adalah PjBL berbasis STEM.

Alamat Korespondensi:

Firda Ulya Nur Rosyidah
Pendidikan Fisika
Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5 Malang
E-mail: parno.fmipa@um.ac.id

Persaingan pada abad 21 mengharuskan manusia mampu bersaing secara global. Pendidikan menjadi salah satu cara untuk mempersiapkan generasi yang siap bersaing di abad 21. Perkembangan pendidikan kini perlu disesuaikan dengan tren pendidikan di luar negeri. Salah satu acuan perkembangan pendidikan ditinjau dari negara-negara maju yang saat ini digencarkan pendidikan yang melibatkan multidisiplin (Kara, 2019; NRC, 2012; O'Neill, Adams, dkk, 2019; Sokolowsky, 2018). Salah satu upaya pemerintah Indonesia adalah dengan menetapkan kurikulum mencakup kemampuan dasar yang harus dicapai siswa. Di zaman globalisasi ini persaingan sangat pesat terjadi pada teknologi baik negara maju maupun berkembang.

Dasar teori dan penerapan perkembangan teknologi di dunia pendidikan terdapat pada mata pelajaran fisika. Salah satu konsep dasar perkembangan teknologi adalah elektromagnetik. Pemanfaatan elektromagnetik terdapat di berbagai bidang yang tidak lepas dari sains, teknik, dan matematika yang mendasari teknologi tersebut dikembangkan (Awad dan Barak 2018; Lyshevski, Puchades, dkk, 2012; Nugent, Barker, dkk, 2014, Tseng, Chang, dkk, 2013). Kurikulum 2013 menjabarkan kompetensi dasar yang harus dicapai pada materi elektromagnetik, khususnya bab induksi Faraday. Pada ranah kognitif, kompetensi dasar yang harus dicapai adalah memahami fenomena induksi elektromagnetik berdasarkan percobaan, sedangkan pada ranah keterampilan, kompetensi yang harus dicapai adalah membuat proyek sederhana dengan menggunakan prinsip induksi elektromagnetik (Kemdikbud, 2016). Senter Faraday merupakan alat sederhana yang menerapkan konsep dasar elektromagnetik. Terdapat konsep GGL induksi dan hukum Lenz (Halliday, Walker, dkk, 2013; Serway dan Jewett, 2009). Pembelajaran induksi Faraday sebaiknya melatih siswa membuat alat sederhana tersebut. Dengan demikian, dapat menyesuaikan tuntutan kompetensi dasar dan karakteristik materi. Pada penerapannya perlu diteliti kesesuaian dengan karakteristik materi induksi faraday dan

tuntutan kompetensi dasar. Jika terdapat kesenjangan maka perlu perbaikan dapat dilakukan jika pendidik menjabarkan indikator dengan benar. Selain itu, mempertimbangkan keadaan sekolah baik dari segi sarana dan prasarana maupun waktu (Handayani, 2018; Nugraha dan Fitria, 2019; Rahman, 2018).

Berdasarkan karakteristik kompetensi dasar bab yang telah ditetapkan, pembelajaran elektromagnetika sebaiknya melatih siswa membuat produk teknologi. Teknologi didesain dan dibuat oleh para *engineer* (teknisi) melalui proses yang didasarkan pada ilmu pengetahuan (*science*) dan matematis (Capraro dan Slough, 2013; Morgan, Barosso, dkk, 2013). Berdasarkan uraian karakteristik materi elektromagnetik, tuntutan kompetensi dasar, dan perlunya membandingkan kondisi lapangan, maka perlu dilakukan pengkajian untuk mengatasi masalah jika terdapat kesenjangan. Dengan demikian, artikel ini menjabarkan inovasi pembelajaran yang harapannya dapat membantu mengatasi masalah di lapangan.

METODE

Jenis penelitian ini adalah kualitatif. Data dikumpulkan melalui survei dan wawancara. Materi elektromagnetik yang dikaji adalah induksi faraday subbab GGL induksi dan hukum Lenz. Materi induksi Faraday dipilih sebagai konsep dasar perkembangan elektromagnetik. Subjek penelitian adalah 52 siswa, terdiri dari 21 siswa dan 31 siswi dan dua guru fisika jenjang sekolah menengah atas di kota Malang.

HASIL

Berdasarkan hasil wawancara dengan dua pendidik dan angket 52 siswa, ditemukan terdapat masalah. Masalah ini menyebabkan adanya kesenjangan di lapangan. Berikut masalah yang dihadapi pada materi induksi faraday:

- belum mencapai KD, siswa tidak membuat proyek sederhana dan metode yang digunakan selama ini ceramah dan latihan soal, sehingga keterlibatan siswa dalam mengumpulkan informasi atau mencoba masih kurang karena kendala waktu, Solusi: melibatkan pembelajaran diluar kelas namun tetap dengan pantauan guru.
- keterlibatan teknologi baik sebagai media penyampaian materi maupun sebagai contoh penerapan masih kurang. Solusi: menggunakan animasi, simulasi, dan membuat prototipe teknologi melalui pembelajaran berbasis proyek.

Penjabaran solusi untuk mengatasi masalah tersebut dapat dilakukan dengan menyesuaikan karakteristik materi elektromagnetik dan kompetensi dasar dengan menguraikan indikator dengan benar. Tabel 1 merupakan uraian karakteristik materi elektromagnetik, kompetensi dasar yang harus dicapai, dan indikator pencapaian kompetensi dasar.

PEMBAHASAN

Berdasarkan karakteristik materi, inovasi pembelajaran yang dapat mengatasi masalah yaitu pembelajaran dengan pendekatan STEM. Pendekatan STEM terdiri dari empat komponen. *Science* pada pendekatan STEM, meliputi proses merumuskan pertanyaan, hipotesis, mengumpulkan informasi, menganalisis, dan mengomunikasikan (NRC, 2000; Kakkainen dan Vincent, 2013; Householder, Daniel, dkk, 2013). *Technology* pada pendekatan STEM merupakan proses yang dilakukan manusia dengan keahlian teknis dan ilmu dalam memodifikasi lingkungannya untuk memenuhi kebutuhan dan keinginannya (ITEA, 2006; White, 2014; Akgun, 2013). *Engineering* pada pendekatan STEM merupakan proses yang meliputi identifikasi masalah, mengumpulkan informasi dan mengembangkan beberapa kemungkinan solusi, memilih solusi terbaik, mendesain dan membuat, menguji, memperbaiki, dan menilai (Morgan, Barosso, dkk, 2013; Soares dan Vanest, 2013). *Mathematic* pada pendekatan STEM merupakan merupakan sebuah pola dan hubungan yang digunakan sebagai bahasa untuk menjelaskan alam semesta yang mencakup angka, operasi, rumus, dan hubungannya (White, 2014; Kertil, Gurel, 2016; Schmidt dan Houang, 2007). Dengan demikian pembelajaran dengan pendekatan STEM merupakan pembelajaran yang berbasis pada empat komponen yaitu sains, teknologi, teknik dan matematis untuk melatih siswa memiliki kemampuan para teknis dan ilmu yang siap bersaing di abad 21. Penerapannya membutuhkan model pembelajaran. Model pembelajaran berbasis proyek (PjBL) dapat menunjang inovasi ini. Hal ini karena PjBL cocok dengan pendekatan STEM. Pada dasarnya PjBL menggambarkan bagaimana *engineer* bekerja mengembangkan teknologi yang didasarkan pada sains dan matematis. Tabel 2 merupakan gambaran umum tahap PjBL yang telah diintegrasikan dengan STEM.

Penerapannya membutuhkan model pembelajaran. Model pembelajaran berbasis proyek (PjBL) dapat menunjang inovasi ini. Hal ini karena PjBL cocok dengan pendekatan STEM. Pada dasarnya PjBL menggambarkan bagaimana *engineer* bekerja mengembangkan teknologi yang didasarkan pada sains dan matematis. Tabel 2 merupakan gambaran umum tahap PjBL yang telah diintegrasikan dengan STEM. Salah satu proyek yang dapat diterapkan adalah senter Faraday. Suatu kasus kita membutuhkan suatu inovasi alat yang memanfaatkan ggl induksi untuk memenuhi kebutuhan. Salah satunya adalah penerangan, yang dibuat dalam bentuk senter tanpa baterai. Alat tersebut dinamakan senter faraday atau senter kocok (Gambar 1).

Cara kerja alat tersebut adalah melalui menggerakkan magnet di dalam kumparan, akan memunculkan medan listrik induksi sehingga dapat menyalakan lampu. Bekerja berdasarkan konsep ggl induksi dan hukum Lenz. Membuat nyala lampu lebih terang yang berarti memperbesar arus yang mengalir, dapat dilakukan dengan memperbesar ggl induksi yaitu dengan memperkuat medan magnet, menambah jumlah lilitan, dan mempercepat gerakan untuk menaikkan kecepatan perubahan fluks magnetik.

Karakteristik Materi Elektromagnetik

Karakteristik Materi Elektromagnetik	Kompetensi Dasar	Konsep Pokok	Indikator Pencapaian Kompetensi
Induksi Faraday merupakan basis pengembangan sains elektromagnet yaitu menjelaskan keterkaitan medan listrik dan medan magnet. Penerapan konsep induksi Faraday pada pemanfaatan teknologi dilatarbelakangi oleh pengetahuan atau sains, teknik, dan matematis yang melatarbelakangi teknologi tersebut dikembangkan.	<p>Pengetahuan: memahami fenomena induksi elektromagnetik berdasarkan percobaan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ggl induksi <ul style="list-style-type: none"> Fluks magnetik didefinisikan sebagai hasil kali antara komponen induksi magnetic dengan luas bidang. Bila jumlah fluks magnetik yang memasuki kumparan berubah, maka ujung-ujung kumparan timbul gaya gerak listrik induksi. Besar ggl induksi bergantung ada laju perubahan fluks dan banyaknya lilitan. Hukum Lenz Ggl induksi selalu membangkitkan arus induksi yang medan magnetnya melawan perubahan fluks. Ggl dapat diinduksi pada lilitan berarus oleh perubahan medan magnet yang dihasilkan oleh arus pada lilitan itu sendiri. Contohnya solenoid dan toroid. Aplikasi induksi Faraday <ul style="list-style-type: none"> Trafo: tegangan masukan pada kumparan primer menimbulkan fluks magnetik yang menginduksikan ggl dalam kumparan sekunder. Jika efisiensi ideal, semua daya pada lilitan primer akan dilimpahkan ke lilitan sekunder. Terdapat trafo step up dan step down untuk menaik atau menurunkan tegangan. Generator dan dinamo: sumber tegangan listrik yang diperoleh melalui perubahan energi mekanik menjadi energi listrik berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Generator: dengan memutar suatu kumparan dalam medan magnet. Dinamo: pembangkit tenaga listrik. Memutar magnet di dalam kumparan. Teknologi geophone: pendeteksi gempa atau gerakan tanah. Sensor yang berfungsi mengubah gerakan atau getaran bumi menjadi sinyal listrik yang dapat direkam secara digital. 	<p>3.9.1. C₁ mengidentifikasi besaran-besaran yang memengaruhi gaya gerak listrik (ggl) induksi pada sebuah kumparan</p> <p>3.9.2. C₂ menjelaskan arah arus induksi sesuai Hukum Lenz</p> <p>3.9.3. C₃ menerapkan konsep ggl induksi dan hukum Lenz dalam bentuk matematis</p> <p>3.9.4. C₄ menganalisis fenomena induktansi diri pada selenoid dan toroida</p> <p>3.9.5. C₅ mengajukan gagasan berdasarkan efisiensi trafo</p> <p>3.9.6. C₆ merancang alat penerapan induksi faraday</p>
	<p>4.9</p> <p>Keterampilan: membuat proyek sederhana menggunakan prinsip induksi elektromagnetik</p>		<p>4.9.1. membuat proyek sederhana lampu faraday</p>

Tabel 2. Inovasi Pembelajaran PjBL Berbasis STEM

Model : PjBL	Pendekatan : STEM
Tahap 1: orientasi <ul style="list-style-type: none"> Siswa mengamati dan mengajukan pertanyaan mengenai animasi atau simulasi fenomena induksi Faraday yang disajikan guru 	Sains: <ul style="list-style-type: none"> menanya Teknologi: <ul style="list-style-type: none"> pemanfaatan animasi dan simulasi
Tahap 2: mempersiapkan proyek <ul style="list-style-type: none"> Siswa mengidentifikasi adanya permasalahan Siswa menentukan tujuan dan lingkup proyek 	Engineering: <ul style="list-style-type: none"> identifikasi masalah
Tahap 3: merencanakan proyek <ul style="list-style-type: none"> Siswa berkelompok membangun solusi atau ide yang beragam Siswa mengumpulkan informasi konsep-konsep yang mendasari proyek (ggl induksi, hukum Lenz, dan induksi diri) Siswa menganalisis konsep dan matematis sehingga disepakati sebagai solusi terbaik 	Sains: <ul style="list-style-type: none"> hipotesis mengumpulkan informasi menganalisis Engineering: <ul style="list-style-type: none"> mengumpulkan informasi dan kemungkinan solusi memilih solusi terbaik Matematika: <ul style="list-style-type: none"> rumus
Tahap 4: Menerapkan proyek <ul style="list-style-type: none"> Siswa berkelompok membuat prototipe berdasarkan solusi yang telah disepakati kelompok Siswa mengamati, menguji, mencatat temuan, menganalisis dan memodifikasi produk 	Sains: <ul style="list-style-type: none"> mengumpulkan informasi menganalisis Teknologi: <ul style="list-style-type: none"> prototipe Engineering: <ul style="list-style-type: none"> mendesain dan membuat menguji dan memperbaiki
Tahap 5: <i>Post</i> -proyek <ul style="list-style-type: none"> Siswa mempresentasikan produk sebagai solusi permasalahan di depan kelas 	Sains: <ul style="list-style-type: none"> Mengomunikasikan
Tahap 6: Menilai dan mengevaluasi <ul style="list-style-type: none"> Siswa dan guru mendiskusikan, membahas dan mengklarifikasi konsep-konsep yang terkait dalam penyelesaian masalah Siswa mengamati simulasi pengembangan teknologi mutakhir terkait konsep yang telah dipelajari Siswa membuat laporan ilmiah atau poster Siswa mengukur sejauh mana penguasaan konsep dan kemampuan pemecahan masalah melalui tes formatif 	Teknologi: <ul style="list-style-type: none"> pemanfaatan animasi dan simulasi Engineering: <ul style="list-style-type: none"> mengomunikasikan dan menilai

Tabel 3. Inovasi Pembelajaran PjBL berbasis STEM

Model PjBL	Komponen STEM	Aktivitas
orientasi <ul style="list-style-type: none"> Siswa mengamati dan mengajukan pertanyaan mengenai animasi atau simulasi fenomena induksi Faraday yang disajikan guru 	Sains: <ul style="list-style-type: none"> -merumuskan pertanyaan Teknologi: <ul style="list-style-type: none"> -pemanfaatan animasi dan simulasi -penerapan pada teknologi mutakhir 	<ul style="list-style-type: none"> melakukan apersepsi mengingat materi sebelumnya tentang percobaan Oersted. siswa mengamati fenomena melalui animasi atau simulasi sehingga siswa termotivasi untuk mengajukan pertanyaan. Pertanyaan diarahkan pada "jika listrik dapat menimbulkan medan magnet, apakah medan magnet dapat menimbulkan medan listrik?" guru menyajikan penerapan proyek pada teknologi kereta super cepat yang berdasarkan konsep ggl induksi dan hukum Lenz dengan bantuan animasi untuk memotivasi siswa. <ul style="list-style-type: none"> siswa mengamati video tentang seorang pendaki berada ditengah hutan tanpa sumber listrik, ia membutuhkan sumber cahaya, senter yang

		dibawa telah kehabisan energi. Ia membawa sebuah magnet, kumparan, dan lampu.

<p>mempersiapkan proyek</p> <ul style="list-style-type: none"> Siswa mengidentifikasi adanya permasalahan Siswa menentukan tujuan dan lingkup proyek 	<p>Engineering:</p> <ul style="list-style-type: none"> -identifikasi masalah 	<ul style="list-style-type: none"> siswa mengidentifikasi adanya permasalahan yang perlu diselesaikan, yaitu bagaimana memunculkan medan listrik sebagai sumber energi untuk menyalakan senter. siswa mendeskripsikan tujuan proyek yang akan dibuat.
<p>merencanakan proyek</p> <ul style="list-style-type: none"> Siswa berkelompok membangun solusi atau ide yang beragam Siswa mengumpulkan informasi konsep-konsep yang mendasari proyek (ggl induksi, hukum Lenz, dan induksi diri) Siswa menganalisis konsep dan matematis sehingga disepakati sebagai solusi terbaik 	<p>Sains:</p> <ul style="list-style-type: none"> -hipotesis -mengumpulkan informasi -menganalisis <p>Engineering:</p> <ul style="list-style-type: none"> -mengumpulkan informasi dan kemungkinan solusi -memilih solusi terbaik <p>Matematika:</p> <ul style="list-style-type: none"> -rumus 	<ul style="list-style-type: none"> Siswa mengamati contoh solusi yang diberikan guru siswa membentuk kelompok siswa mengumpulkan informasi variabel-variabel yang memengaruhi dan konsep yang mendasari proyek. siswa mendiskusikan alat dan bahan yang diperlukan. siswa membangun solusi atau ide yang beragam. siswa menganalisis alat, bahan, konsep dan matematis sehingga diperoleh solusi terbaik sebagai hipotesis. siswa mengumpulkan lkpd pada guru, guru mengarahkan dan menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan siswa.
<p>menerapkan proyek</p> <ul style="list-style-type: none"> Siswa berkelompok membuat prototipe berdasarkan solusi yang telah disepakati kelompok Siswa mengamati, menguji, mencatat temuan, menganalisis dan memodifikasi produk 	<p>Sains:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mengumpulkan informasi (eksperimen) - menganalisis <p>Teknologi: prototipe</p> <p>Engineering:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mendesain dan membuat - menguji dan memperbaiki 	<ul style="list-style-type: none"> siswa bekerja secara kelompok membuat prototipe berdasarkan solusi yang telah disepakati. selama membuat, siswa berkonsultasi dengan guru, merekam kegiatan berupa foto, menguji (dalam kelompok), mencatat temuan, menganalisis ketidaksesuaian, dan memperbaiki untuk mengatasi ketidaksesuaian tersebut.
<p>post-proyek</p> <ul style="list-style-type: none"> Siswa mempresentasikan produk sebagai solusi permasalahan di depan kelas 	<p>Sains:</p> <ul style="list-style-type: none"> -mengomunikasikan <p>Engineering:</p> <ul style="list-style-type: none"> - menguji 	<ul style="list-style-type: none"> siswa bergantian tiap kelompok mempresentasikan untuk menguji produk dan temuannya di depan kelas.
<p>menilai dan mengevaluasi</p> <ul style="list-style-type: none"> Siswa dan guru mendiskusikan, membahas dan mengklarifikasi konsep-konsep yang terkait dalam penyelesaian masalah Siswa mengamati simulasi pengembangan teknologi mutakhir terkait konsep yang telah dipelajari Siswa membuat laporan ilmiah atau poster Siswa mengukur sejauh mana penguasaan konsep dan kemampuan pemecahan masalah melalui tes formatif 	<p>Teknologi:</p> <ul style="list-style-type: none"> -pemanfaatan animasi dan simulasi <p>Engineering:</p> <ul style="list-style-type: none"> -mengomunikasikan dan menilai 	<ul style="list-style-type: none"> siswa memverifikasi hasil temuan dengan hipotesis yang telah diajukan. melalui simulasi Phet dan video tentang fenomena ggl induksi, siswa dengan bimbingan guru mengklarifikasi produk dan konsep-konsep yang terkait dengan solusi permasalahan. Dengan demikian dapat memberi informasi apa saja yang perlu diperbaiki sebagai evaluasi. <div> </div> <ul style="list-style-type: none"> siswa membuat menyimpulkan pembelajaran. siswa membuat laporan ilmiah atau poster terkait proyek yang telah dibuat.

Mengatasi kesenjangan tersebut yaitu mencapai kompetensi dasar dapat dilakukan jika pendidik menjabarkan indikator dengan benar. Selain itu, mempertimbangkan keadaan sekolah baik dari segi sarana dan prasarana maupun waktu. Berdasarkan karakteristik kompetensi dasar bab yang telah ditetapkan, pembelajaran elektromagnetika sebaiknya melatih siswa membuat produk teknologi. Teknologi didesain dan dibuat oleh para *engineer* (teknisi) melalui proses yang didasarkan pada ilmu pengetahuan (*science*) dan matematis (Han, Capraro, dkk, 2015; NAE, 2011). Pendekatan pembelajaran yang dapat melatih siswa membuat teknologi adalah STEM (*science, technology, engineering, and mathematic*). Beberapa penelitian menunjukkan efektivitas pembelajaran berbasis STEM terhadap kemampuan siswa dalam membuat proyek. Pembelajaran STEM dapat melatih kemampuan pemecahan masalah sosiosains yang dihadapi era modern dan menerapkannya pada penggunaan teknologi (Crippen, Archambault, 2012). Selain itu, pembelajaran STEM mengaitkan kolaborasi, penguasaan konsep, dan berpikir tingkat tinggi mampu melatih siswa berinovasi mengembangkan teknologi (Karkkainen dan Vincent, 2013).

Mengimplementasikan pendekatan STEM dalam pembelajaran membutuhkan sebuah model pembelajaran. Model pembelajaran disesuaikan dengan karakteristik materi. Pada hakikatnya STEM menerapkan bagaimana seorang *engineer* bekerja (Brophy, Klein, dkk, 2008; Householder, Daniel, dkk, 2012). Model pembelajaran yang menggambarkan bagaimana *engineer* bekerja adalah PjBL (*Project Based Learning*) (Capraro, Slough, 2013; Morgan, Barosso, dkk, 2013; Soares dan Vanest, 2013). Tahap PjBL yaitu ada enam (Hugerat, 2016) (1) orientasi, (2) mempersiapkan proyek, (3) merencanakan, (4) menerapkan proyek, (5) *post*-proyek, dan (6) menilai dan mengevaluasi. PjBL diawali dengan mengorientasikan siswa dengan memberi beberapa masalah yang harus dipecahkan yang bersifat kontekstual dan butuh pengalaman langsung untuk membangun kebermaknaan melalui integrasi sains, teknologi, teknik dan matematika (Capraro, Morgan, dkk, 2013; Hsu, 2014; Han, Capraro, dkk, 2015; Salloum, 2013).

PjBL dipilih sebagai model pembelajaran dengan pendekatan STEM karena model PjBL dapat menunjang pembelajaran yang mengintegrasikan antara sains, teknologi, teknik, dan matematis dalam pembuatan sebuah produk sederhana yang mencakup konsep elektromagnetik. Pada tahap orientasi, siswa mengamati dan mengajukan pertanyaan, komponen sains yang dapat diterapkan adalah mengamati dan menanya. Pada tahap persiapan proyek, siswa menemukan adanya masalah yang harus dipecahkan dan menentukan tujuan proyek. Hal ini sesuai dengan komponen *engiining*, yaitu mengidentifikasi masalah. Pada tahap merencanakan proyek siswa membangun ide sebagai solusi yang beragam, mengumpulkan informasi dan menganalisis solusi yang terbaik. Hal ini sesuai dengan komponen sains, yaitu mengajukan hipotesis dan menganalisis, komponen teknologi yaitu pembuatan prototipe, dan komponen *engineering*, yaitu mendesain, membuat, menguji, dan memperbaiki. Pada tahap *post* proyek, siswa mempresentasikan produk, sesuai dengan komponen sains yaitu mengomunikasikan. Pada tahap menilai dan mengevaluasi, siswa bersama guru membahas, mengklarifikasi, dan menilai produk. Hal ini sesuai dengan komponen *engineering*, yaitu menilai.

Beberapa penelitian telah dilakukan yang menunjukkan bahwa PjBL berbasis STEM cocok diterapkan dalam pembelajaran elektromagnetika, khususnya induksi Faraday (Bunyamin dan Finley, 2016; Tseng, Chang, dkk, 2013). PjBL berbasis STEM dapat melatih siswa menguasai konsep dan memecahkan masalah layaknya para saintis dan para teknisi yang diwujudkan dalam bentuk sebuah produk atau teknologi. Materi pokok induksi Faraday yang disampaikan pada siswa, yaitu hukum lenz, konsep ggl induksi, induksi diri dan pengaplikasian teknologinya (Serway, 2010; Kemdikbud, 2016). Penelitian terkait PjBL berbasis STEM pada materi elektromagnetika telah dilakukan oleh Tseng, Chang, dkk. Penelitian tersebut diterapkan untuk membuat produk kendaraan listrik multifungsi. Penelitian tersebut menunjukkan dampak PjBL berbasis STEM dapat menunjang sikap kesiapan bersaing di dunia karir.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat kesenjangan antara kondisi lapangan dengan karakteristik materi elektromagnetika dan tuntutan kompetensi dasar. Masalah tersebut antara lain belum melibatkan teknologi dan pembuatan proyek. Inovasi solusi sebaiknya pembelajaran dilakukan dengan berbasis proyek (PjBL) produk berupa senter dengan pendekatan STEM pada materi elektromagnetika khususnya induksi Faraday.

Pembuatan proyek sederhana senter Faraday sebaiknya guru membebaskan kreativitas siswa, namun tetap membatasi ruang lingkup teori yang akan dibahas. Selain itu, pembelajaran PjBL berbasis STEM sebaiknya diterapkan pada materi lainnya yang membutuhkan pembuatan produk. Dengan demikian, pendidikan dapat berkontribusi melatih kemampuan siswa yang siap bersaing di abad 21.

DAFTAR RUJUKAN

- Akgun, O. E. (2013). Technology in STEM Project-Based Learning. In *STEM Project-Based Learning*. Sense Publishers, Rotterdam.
- Awad, N., & Barak, M. (2018). Pre-service Science Teachers Learn a Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM)-Oriented Program: The Case of Sound, Waves and Communication Systems. *EURASIA Jurnal of Mathematics, Science and TEchnology Education*.
- Brophy, S., Klein, S., Portsmore, M., & Rogers, C. (2008). Advancing Engineering Education in P-12 Classrooms. *Journal of Engineering Education*.

- Bunyamin, M. A. H., & Finley, F. (2016). STEM education in Malaysia: Reviewing the Current Physics Curriculum. In *International Conference of Association for Science Teacher Education*.
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). *STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach*. Springer Science & Business Media.
- Capraro, R. M., & Slough, S. W. (2013). Why PBL? Why STEM? Why now? An introduction to STEM project-based learning. In *STEM Project-Based Learning*. SensePublishers, Rotterdam.
- Crippen, K. J., & Archambault, L. (2012). Scaffolded Inquiry-Based Instruction with Technology: A Signature Pedagogy for STEM Education. *Computers in the Schools*.
- Halliday, D., Walker, J., & Resnick, R. (2013). *Fundamentals of Physics*. John Wiley & Sons.
- Han, S., Capraro, R., & Capraro, M. M. (2014). How Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Project-Based Learning (PBL) Affects High, Middle, and Low Achievers Differently: The Impact of Student Factors on Achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*.
- Handayani, M. (2018). Pemanfaatan Sarana Laboratorium di SMA yang Telah dan Belum Melaksanakan Kurikulum 2013. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 3(2), 117—131.
- Householder, Daniel L. and Hailey, Christine E. (2012). Incorporating Engineering Design Challenges into STEM Courses. Digital Commons Utah State University Publications.
- Hugerat, M. (2016). How Teaching Science Using Project-Based Learning Strategies Affects the Classroom Learning Environment. *Learning Environments Research*.
- Hsu, W. H. (2014). Creating Open Source Lecture Materials: A Guide to Trends, Technologies, and. *STEM Education: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, 68 Technology Education Association (ITEA). Standards for Technological literacy: Content for the Study of Technology. Reston, VA: International Technology Association.
- International Technology Education Association. (2006). *Technological Literacy for All: A Rationale and Structure for the Study of Technology*. Virginia.
- Kara, M. (2019). A Systematic Literature Review: Constructivism in Multidisciplinary Learning Environments.
- Karkkainen, K., & Vincent-Lancrin, S. (2013). *Sparkling Innovation in STEM Education with Technology and Collaboration: A Case Study of the HP Catalyst Initiative*. OECD Education Working Papers.
- Kemdikbud. (2016). *Lampiran Permendikbud Nomor 59 Tahun 2014 tentang Kurikulum 2013 Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI.
- Kertil, M., & Gurel, C. (2016). Mathematical Modeling: A Bridge to STEM education. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*.
- Lyshevski, S. E., Puchades, I., & Fuller, L. F. (2012). Emerging MEMS and Nano Technologies: Fostering Scholarship, STEM Learning, Discoveries and Innovations in Microsystems. In *2012 12th IEEE International Conference on Nanotechnology*. IEEE.
- Morgan, J. R., Moon, A. M., & Barroso, L. R. (2013). *Engineering Better Projects*. Dalam Capraro, R.M, Capraro, M.M & Morgan, J.R *STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics*
- National Research Council. (2000). *Inquiry and The National Science Education Standar: Guide for Teaching and learning*. Washington: National Academies Press.
- Nugent, G. C., Barker, B. S., & Grandgenett, N. (2014). The Impact of Educational Robotics on Student STEM Learning, Attitudes, and Workplace Skills. In *Robotics: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*. IGI Global.
- Nugraha, A., & Fitria, H. (2019). Manajemen Sarana Prasarana dalam Meningkatkan Proses Pembelajaran. *Prosiding Seminar Nasional Program Pascasarjana Universitas PGRI Palembang*.
- O'Neill, M., Adams, M. P., Bandelt, M. J., Chester, S. A., Cai, W., & Nadimpalli, S. P. (2019). Cohort Learning: Supporting Transdisciplinary Communication and Problem-Solving Skills in Graduate STEM Researchers. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*.
- Rahman, M. S. (2018). Kajian Standarisasi Sarana Prasarana Laboratorium IPA Berdasarkan Permendiknas No. 24 Tahun 2007 di SMPN 4 Sumenep. *Jurnal Lensa (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 7(1), 1—12.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2010). *Physics for Scientists and Engineer*. Cengage Learning. (*STEM) Approach (2nd Edition*). Rotterdam/Boston/Taipei: Sense Publisher.
- Schmidt, W. H., & Houang, R. T. (2007). *Lack of focus in the mathematics curriculum: A Symptom or a Cause? In T. Loveless, Lessons learned: What International Assessments tell us about Math Achievement*. Washington: Brookings Institution Press.
- Soares, D. A., & Vannest, K. J. (2013). STEM Project-Based Learning and Teaching for Exceptional Learners. In *STEM Project-Based Learning*. SensePublishers, Rotterdam.
- Sokolowski, A. (2018). Formulating Conceptual Framework for Multidisciplinary STEM Modeling. In *Scientific Inquiry in Mathematics-Theory and Practice*. Springer, Cham.
- Tseng, K. H., Chang, C. C., Lou, S. J., & Chen, W. P. (2013). Attitudes Towards Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) in a Project-Based Learning (PjBL) Environment. *International Journal of Technology and Design Education*.