

**PENGARUH MODEL *PROJECT BASED LEARNING* TERINTEGRASI
STEM BERBANTUAN LKPD ELEKTRONIK TERHADAP
KETERAMPILAN PROSES SAINS PESERTA DIDIK
PADA MATERI GETARAN HARMONIS SEDERHANA**

(Skripsi)

Oleh

**B. TIARA SHAFI ZAHIRAH
NPM 1913022031**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PENGARUH MODEL *PROJECT BASED LEARNING* TERINTEGRASI STEM BERBANTUAN LKPD ELEKTRONIK TERHADAP KETERAMPILAN PROSES SAINS PESERTA DIDIK PADA MATERI GETARAN HARMONIS SEDERHANA

Oleh

B. TIARA SHAFI ZAHIRAH

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan pengaruh model *Project Based Learning* terintegrasi STEM berbantuan LKPD elektronik terhadap keterampilan proses sains peserta didik pada materi getaran harmonis sederhana. Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 1 Bumi Agung menggunakan penelitian eksperimen dengan desain penelitian *non-equivalent control group design*. Instrumen penelitian menggunakan instrumen tes berupa soal uraian pada materi getaran harmonis sederhana dan instrumen non tes berupa lembar observasi keterampilan proses sains. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, *N-gain* pada kelas eksperimen sebesar 0,55 dengan kategori sedang dan *N-gain* pada kelas kontrol sebesar 0,41 dengan kategori sedang. Hasil lembar observasi keterampilan proses sains pada kelas eksperimen memperoleh rata-rata persentase indikator sebesar 75% lebih besar dari pada kelas kontrol dengan rata-rata persentase indikator sebesar 64%. Hasil uji hipotesis *Mann-Whitney* diperoleh nilai sig. sebesar $0,001 < 0,05$ menunjukkan bahwa terdapat perbedaan peningkatan rata-rata keterampilan proses sains pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa peningkatan keterampilan proses sains peserta didik pada kelas eksperimen dengan model *Project Based Learning* terintegrasi STEM berbantuan LKPD elektronik lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol dengan model *Discovery Learning*. Hasil uji *effect size* diperoleh nilai *partial eta square* sebesar 0,199 dengan kategori besar yang berarti pembelajaran menggunakan model *Project Based Learning* terintegrasi STEM berbantuan LKPD elektronik berpengaruh sangat baik dalam meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik.

Kata Kunci: *Project Based Learning*, STEM, Keterampilan Proses Sains, LKPD Elektronik

**PENGARUH MODEL *PROJECT BASED LEARNING* TERINTEGRASI
STEM BERBANTUAN LKPD ELEKTRONIK TERHADAP
KETERAMPILAN PROSES SAINS PESERTA DIDIK
PADA MATERI GETARAN HARMONIS SEDERHANA**

Oleh

B. TIARA SHAFI ZAHIRAH

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PENDIDIKAN

Pada

Program Studi Pendidikan Fisika
Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi

: PENGARUH MODEL *PROJECT BASED LEARNING* TERINTEGRASI STEM BERBANTUAN LKPD ELEKTRONIK TERHADAP KETERAMPILAN PROSES SAINS PESERTA DIDIK PADA MATERI GETARAN HARMONIS SEDERHANA

Nama Mahasiswa

: B. Tiara Shafa Zahirah

Nomor Pokok Mahasiswa : **1913022031**

Program Studi

: Pendidikan Fisika

Jurusan

: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Fakultas

: Keguruan dan Ilmu Pendidikan



1. Komisi Pembimbing

Dr. Viyanti S.Pd., M.Pd.
NIP 19800330 200501 2 001

Anggreini, S.Pd., M.Pd.
NIP 19910501 201903 2 029

2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA

Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.
NIP 19600301 198503 1 003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Viyanti, S.Pd., M.Pd.**



Sekretaris : **Anggreini, S.Pd., M.Pd.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Chandra Ertikanto, M.Pd.**



2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Prof. Dr. Sunyono, M.Si.
NIP 19651230 199111 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **16 Oktober 2023**

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini adalah:

Nama : B. Tiara Shafa Zahirah
NPM : 1913022031
Fakultas/Jurusan : KIP/Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Fisika
Alamat : Pisang Baru, Kecamatan Bumi Agung, Kabupaten Way
Kanan, Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka.

Bandar Lampung, 16 Oktober 2023



B. Tiara Shafa Zahirah
NPM 1913022031

RIWAYAT HIDUP

Nama lengkap Balqis Tiara Shafa Zahirah dilahirkan di Kalirejo pada tanggal 11 Desember 2000, sebagai anak pertama dari dua bersaudara, putri dari pasangan Bapak Sunyoto dan Ibu Siti Muntopiah. Jenjang pendidikan formal yang pernah ditempuh pada tahun 2007 di SD Negeri 1 Pisang Baru dan lulus pada tahun 2013. Penulis melanjutkan pendidikan formal di SMP PGRI 1 Bumia Agung selesai pada tahun 2016, kemudian melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Pringsewu dan lulus pada tahun 2019. Pada tahun yang sama diterima sebagai mahasiswa Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung.

Selama menempuh pendidikan pada Program Studi Pendidikan Fisika penulis pernah bergabung menjadi Anggota Divisi Minat dan Bakat Almafika FKIP Unila pada tahun 2019-2020, Eksakta Muda Divisi Media Center Himasakta FKIP Unila pada tahun 2019-2020. Menjadi wakil ketua umum Almafika FKIP Unila pada tahun 2021 dan melanjutkan sebagai Majelis Pertimbangan Organisasi pada tahun 2022, serta menjadi bagian dari kepanitian dalam beberap kegiatan. Penulis melaksanakan program Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada tahun 2022 di Desa Tanjung Serupa, Kecamatan Pakuan Ratu, Kabupaten Way Kanan dan program Pengenalan Lapangan Persekolah (PLP) di SMAS Alfalakhussa'adah.

MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain)”

(Q.S. Al Insyirah: 6-7)

“(Maka barang siapa mengerjakan kebaikan seberat zarrah, niscaya dia akan melihat (balasan)-Nya. Dan barang siapa mengerjakan kejahatan seberat zarrah, niscaya dia akan melihat (balasan)-Nya”

(Q.S. Al Zalzalah: 7-8)

“I know that I don't have anything special, but did you know that I am myself am really special”

(Stray Kids)

“Kita adalah apa yang kita lihat, kita dengar, lingkungan dan pengalaman yang membentuk pola pikir dan perilaku menuju pendewasaan. Kita berharga di tempat yang dapat menghargai nilai kita dengan cara yang benar karena nilai kita adalah siapa yang menghargai kita, jangan menempatkan diri di tempat yang salah dan tidak sesuai dengan kita”

(B. Tiara Shafa Zahirah)

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan limpahan rahmat dan karunia-Nya, sholawat serta salam semoga selalu tercurah limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Dengan kerendahan hati, penulis mempersembahkan karya tulis ini sebagai rasa tanggung jawab dalam menyelesaikan pendidikan dan tanda bakti kasih tulus kepada:

1. Orang tua tercinta, Bapak Sunyoto, S.Ag. dan Ibu Siti Muntopiah, S.Ag. yang telah berkorban dan dengan sepenuh hati menyayangi, mendidik, mendo'akan, serta memberi dukungan dalam setiap langkah dan perjuangan. Semoga Allah senantiasa memberikan kesehatan dan kesempatan kepada Penulis untuk bisa membahagiakan dan membanggakan kedua orang tua.
2. Adik tersayang, Abdullah Hanif Syauqi Ramadhan yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan mendoakan.
3. Keluarga besar kedua orang tua yang selalu mendukung dan mendoakan yang terbaik.
4. Para pendidik yang senantiasa memberikan ilmu dan bimbingan dengan penuh kesabaran dan ketulusan.
5. Sahabat terbaik, teman-teman seperjuangan dan keluarga besar Pendidikan Fisika Universitas Lampung.
6. Almamater tercinta Universitas Lampung.

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas nikmat dan karunia-Nya, penulis menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Pengaruh Model *Project Based Learning* Terintegrasi STEM Berbantuan LKPD Elektronik Terhadap Keterampilan Proses Sains Peserta Didik pada Materi Getaran Harmonis Sederhana” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Pendidikan di Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.IPM., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Sunyono, M.Si., selaku Dekan FKIP Universitas Lampung.
3. Bapak Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA.
4. Ibu Dr. Viyanti, M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika dan sekaligus sebagai Pembimbing I atas kesediaan dan keikhlasannya memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi yang diberikan selama penyusunan skripsi ini.
5. Alm. Bapak Dr. Doni Andra, S.Pd., M.Sc., selaku Pembimbing Akademik atas kesediaan dan keikhlasannya memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi yang diberikan selama penyusunan skripsi ini.
6. Ibu Anggreini, S.Pd., M.Pd., selaku Pembimbing II atas kesediaan dan keikhlasannya memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi yang diberikan selama penyusunan skripsi ini.
7. Bapak Dr. Chandra Ertikanto, M.Pd., selaku Pembahas atas kesediaan dan keikhlasannya memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi yang diberikan selama penyusunan skripsi ini.

8. Bapak dan Ibu Dosen serta Staf Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Lampung, terima kasih atas semangat, dukungan serta bekal ilmu yang telah diberikan selama proses perkuliahan.
9. Bapak Abu Salam, S.Pd., selaku kepala SMA Negeri 1 Bumi Agung yang telah memberi izin kepada penulis untuk melaksanakan penelitian.
10. Ibu Desi Yeni Ratnasari, S.Pd., selaku guru mata pelajaran fisika SMA Negeri 1 Bumi Agung yang telah memberi izin dan bantuan kepada penulis untuk melaksanakan dan menyelesaikan penelitian.
11. Peserta didik kelas X SMA Negeri 1 Bumi Agung, yang telah bersedia untuk berpartisipasi dalam penelitian ini.
12. Teman-teman seperjuangan Sigma F 2019 khususnya Siti Nur Oktaviana, Resti Yuliana, Lutfia Maulidina, Dita Shanda Putri yang sudah memberikan semangat dan motivasinya serta menemani suka dan duka selama menjalani pendidikan, terima kasih atas kebersamaannya.
13. Keluarga besar SEPEDA (Serikat Pembimbing Akademik Doni Andra) atas kebersamaannya.
14. Keluarga besar Almafika FKIP Unila yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
15. Rekan-rekan KKN dan PLP Desa Tanjung Serupa yaitu Desi Fitriyana, Fitri Handayani, Laila Wafiq Azizah, Olga Margareta Lubay, Irvan Ashrofy, dan Hidayat Nur Aziz atas kebersamaan atas suka dan dukanya.
16. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Semoga Allah melimpahkan nikmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, serta membalas kebaikan yang diberikan kepada penulis dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat di kemudian hari.

Bandar Lampung,

2023

B. Tiara Shafa Zahirah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Kajian Teori.....	8
2.1.1 Model <i>Project Based Learning</i> (PjBL).....	8
2.1.2 Pendekatan STEM.....	11
2.1.3 <i>Project Based Learning</i> (PjBL) Terintegrasi STEM	16
2.1.4 Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (<i>e-LKPD</i>).....	22
2.1.5 Keterampilan Proses Sains	24
2.1.6 Getaran Harmonis Sederhana.....	28
2.2 Penelitian yang Relevan	38
2.3 Kerangka Pemikiran	39
2.4 Anggapan Dasar	42
2.5 Hipotesis Penelitian	42
III. METODE PENELITIAN	43
3.1 Desain Penelitian	43
3.2 Populasi dan Sampel Penelitian	44
3.3 Variabel Penelitian	44
3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	44
3.5 Instrumen Penelitian	48
3.6 Analisis Instrumen.....	48
3.7 Data dan Teknik Pengumpulan Data.....	50
3.8 Teknik Analisis Data	51
3.9 Pengujian Hipotesis	53
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	57
4.1 Hasil Penelitian.....	57
4.1.1 Hasil Uji Instrumen Penelitian	57
4.1.2 Pelaksanaan Penelitian	59

4.1.3	Data Kualitatif Hasil Penelitian	68
4.1.4	Data Kuantitatif Hasil Penelitian	70
4.1.5	Analisis Data Kuantitatif.....	72
4.2	Pembahasan	77
V.	SIMPULAN DAN SARAN	109
5.1	Simpulan.....	109
5.2	Saran.....	110
	DAFTAR PUSTAKA	111
	LAMPIRAN	121

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Definisi Literasi STEM.....	12
2.2 Pemetaan Langkah-langkah PjBL STEM dengan Kegiatan Peserta Didik	19
2.3 Indikator dan Sub Indikator KPS	25
2.4 Energi Getaran Harmonis Sederhana pada Titik Setimbang dan Titik Balik ..	34
2.5 Pemetaan Materi Penelitian.....	35
2.6 Penelitian Relevan.....	38
3.1 Desain Penelitian <i>Non-Equivalent Control Group</i>	43
3.2 Skenario Pembelajaran Model PjBL STEM dan <i>Discovery Learning</i>	45
3.3 Kriteria Interpretasi Reliabilitas	50
3.4 Kriteria Interpretasi Skor.....	52
3.5 Kriteria Interpretasi <i>N-gain</i>	55
3.6 Interpretasi <i>Effect Size</i>	56
4.1 Hasil Uji Validitas Instrumen Tes Keterampilan Proses Sains Materi Getaran Harmonis Sederhana	58
4.2 Tahap Pelaksanaan pada Kelas Eksperimen	59
4.3 Tahap Pelaksanaan pada Kelas Kontrol.....	62
4.4 Hasil Lembar Observasi KPS Kelas Eksperimen	69
4.5 Hasil Lembar Observasi KPS Kelas Kontrol.....	69
4.6 Data Kuantitatif Hasil Penelitian Kelas Eksperimen dan Kelas	70
4.7 Analisis Butir Soal Setiap Indikator KPS	71
4.8 Hasil Uji Normalitas	73
4.9 Hasil Uji Homogenitas.....	73
4.10 Hasil Uji <i>Wilcoxon</i>	74
4.11 Hasil Rata-rata <i>N-Gain</i> Kelas Eksperimen dan Kelas	74
4.12 Hasil <i>N-gain</i> Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol.....	75
4.13 Hasil Uji <i>Mann-Whitney</i>	76
4.14 Hasil Uji <i>Effect Size</i>	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Pendekatan Silo.....	14
2.2 Pendekatan Tertanam.....	14
2.3 Pendekatan Terpadu.....	15
2.4 Sistem Bandul Sederhana.....	29
2.5 Sistem Pegas.....	31
2.6 Proyeksi Gerak Melingkar Beraturan terhadap Sumbu Y.....	32
2.7 Bagan Kerangka Pemikiran.....	41
4.1 Grafik Hasil Rata-rata <i>N-gain</i> Keterampilan Proses Sains.....	79
4.2 Grafik Rata-rata <i>N-gain</i> Ketercapaian Indikator Keterampilan Proses Sains.....	83
4.3 Hasil Analisis Lembar Observasi Keterampilan Proses Sains.....	89
4.4 Hasil Analisis Skor Indikator Keterampilan Proses Sains.....	89
4.5 Fenomena Ayunan.....	90
4.6 Jawaban <i>e-LKPD</i> Peserta Didik pada Tahap <i>Reflection</i>	91
4.7 Jawaban <i>e-LKPD</i> Peserta Didik pada Tahap <i>Research</i>	94
4.8 Jawaban <i>e-LKPD</i> Peserta Didik dalam Memprediksi pada Tahap <i>Discovery</i>	96
4.9 Jawaban Peserta Didik dalam Merumuskan Hipotesis, Menentukan Desain Proyek dan Alat Bahan Proyek.....	97
4.10 Jawaban Peserta Didik dalam Menentukan Langkah Kerja dan Tabel Data Percobaan.....	99
4.11 Proses Peserta Didik Merangkai Alat.....	100
4.12 Proses Peserta Didik Melakukan Eksperimen.....	101
4.13 Analisis Data Hasil Percobaan.....	102
4.14 Tabel Data Hasil Percobaan.....	103
4.15 Mengomunikasikan Hubungan Panjang Tali dan Periode ke dalam Bentuk Grafik.....	106
4.16 Hasil dan Kesimpulan Proyek Percobaan Bandul Sederhana.....	107

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Abad 21 menawarkan kehidupan dalam era globalisasi yang menuntut sumber daya manusia (SDM) untuk mampu mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta bersaing secara global dengan berbagai kompetensi dan keterampilan. SDM tersebut harus ditingkatkan melalui inovasi pembelajaran yang disesuaikan dengan tuntutan keterampilan abad 21 (Widestra *et al.*, 2020). Inovasi pembelajaran tersebut dituangkan dalam penerapan kurikulum 2013 yang diyakini sebagai kebijakan strategis untuk mengembangkan keterampilan abad 21 (Kemendikbud, 2014).

Keterampilan yang dimaksud merupakan keterampilan 4C (*critical thinking and problem solving, communication, collaboration, creativity and innovation*) yaitu berpikir kritis dan pemecahan masalah, komunikasi, kolaborasi, serta kreatif dan inovatif. Namun, semakin pesatnya perkembangan teknologi membuat ICT (*Information, Communication and Technology*) atau biasa disebut teknologi informasi dan komunikasi menjadi keterampilan abad 21 yang juga harus dikuasai oleh peserta didik (Afandi *et al.*, 2019).

Keterampilan abad 21 dapat dilatihkan melalui keterampilan proses sains (KPS) (Turiman *et al.*, 2012). KPS melatih peserta didik mampu menemukan suatu fakta, konsep, prinsip atau teori untuk mengembangkan sebuah konsep yang ada sebelumnya (Trianto, 2012). KPS dianggap dapat memberikan pengalaman belajar yang bermakna bagi peserta didik (Tilakaratnea and Yatigammaa, 2017). KPS terdiri dari keterampilan proses dasar dan

keterampilan proses terpadu dalam pembelajaran sains. Keterampilan proses dasar yang terdiri dari mengobservasi, menggolongkan, mengklasifikasikan, mengomunikasikan, mengukur, menyimpulkan, dan memprediksi merupakan keterampilan yang harus dikuasai sebelum menguasai keterampilan proses terpadu yang lebih kompleks (Turiman *et al.*, 2012). Melalui pengalaman langsung seperti eksperimen sains, peserta didik dapat mengembangkan keterampilan proses dasar seperti mengobservasi untuk memperoleh informasi dan menemukan masalah yang akan dipecahkan.

Berdasarkan hasil pengisian angket dari 106 peserta didik di SMA Negeri 1 Bumi Agung, beberapa indikator keterampilan proses dasar dan keterampilan proses terpadu belum dikuasai dengan baik oleh peserta didik selama proses pembelajaran fisika. Indikator-indikator tersebut adalah keterampilan mengobservasi, mengomunikasikan, memprediksi, merumuskan hipotesis, merancang percobaan, menggunakan alat dan bahan serta menerapkan konsep fisika. Hal tersebut dikarenakan belum terlaksananya eksperimen dengan baik dalam menemukan konsep maupun fakta dari suatu masalah nyata di kehidupan sehari-hari.

Salah satu konsep fisika yang sering diterapkan dalam kehidupan sehari-hari namun belum diorientasikan masalahnya untuk dilakukan eksperimen adalah Getaran Harmonis Sederhana (GHS). GHS memiliki kaitan yang erat dengan fenomena sehari-hari. Pemahaman yang baik atas konsep GHS dapat dijadikan dasar untuk mempelajari gerakan benda-benda yang diganggu dari posisi setimbangnya, fenomena gerakan makroskopis, dan fenomena kuantum (Serway and Jewett, 2014). Namun, kurangnya alat dan bahan yang memadai untuk melakukan eksperimen pada materi GHS menjadi penyebab belum dilakukannya pembelajaran yang melibatkan keaktifan peserta didik dalam mengkonstruksi pengetahuan berdasarkan eksperimen yang dilakukan.

Berdasarkan data hasil wawancara dengan guru fisika dan hasil observasi pembelajaran fisika di sekolah tersebut, diketahui bahwa dalam pembelajaran fisika masih belum berpusat pada peserta didik. Pembelajaran tersebut

menyesuaikan dengan kemampuan peserta didik yang sebelumnya mengalami *learning loss* atau kehilangan pengetahuan, keterampilan dan mengalami kemunduran akademik sebagai dampak kurang efektifnya pembelajaran jarak jauh karena pandemi. Hal tersebut menyebabkan guru masih menjadi sumber utama ilmu pengetahuan dengan mentransfer ilmu menggunakan metode ceramah yang belum berorientasi pada masalah. Dengan adanya anggapan bahwa peserta didik masih perlu beradaptasi dengan pembelajaran fisika dan pemahaman konsep fisika membuat pembelajaran fisika sebisa mungkin diberikan secara ringan dan sederhana atau biasa dikenal sebagai pembelajaran konvensional.

Bahan ajar yang digunakan dalam pembelajaran fisika di SMA Negeri 1 Bumi Agung hanya berupa buku ajar yang disediakan oleh Kemendikbud. Adapun buku ajar tersebut bahkan belum bisa dimiliki atau diakses oleh semua peserta didik. Selain itu, penggunaan teknologi juga belum dimanfaatkan dengan baik dalam pembelajaran, baik sebagai bahan ajar maupun media pembelajaran. Dengan demikian, faktor-faktor yang telah disebutkan sebelumnya dianggap menjadi beberapa penyebab peserta didik belum mampu mengembangkan KPS untuk memahami konsep dan pemecahan masalah dunia nyata secara optimal dalam pembelajaran.

KPS sangat diperlukan dalam pembelajaran karena dapat menjadi wahana penemuan dan pengembangan fakta, konsep, dan prinsip ilmu pengetahuan yang memberikan pengalaman belajar langsung dan bermakna bagi peserta didik (Asni dan Novita, 2015). Berdasarkan hal tersebut maka diperlukan suatu inovasi dalam proses pembelajaran dari pembelajaran yang masih bersifat konvensional menjadi pembelajaran yang berpusat pada peserta didik serta dapat melatih KPS peserta didik. Salah satu inovasi pembelajaran yang dapat meningkatkan KPS peserta didik dan meningkatkan keaktifan peserta didik adalah pembelajaran berbasis proyek yaitu model *Project Based Learning* (PjBL) (Nawahdani dkk., 2021). PjBL memberikan kebebasan kepada peserta didik untuk dapat mengkonstruksi pengetahuannya secara

mandiri atau berkelompok dalam melakukan eksperimen untuk menghasilkan suatu produk sebagai solusi dari masalah nyata (Rais, 2010).

Sejalan dengan perkembangan pengetahuan dan teknologi, pembelajaran abad 21 diharapkan dapat mengembangkan keterampilan bukan hanya berorientasi pada matematika dan sains saja, melainkan mampu berorientasi pada teknologi dan rekayasa ilmiah yang dibangun dalam pembelajarannya. Implementasi inovasi dalam pembelajaran tersebut diwujudkan dalam pendidikan STEM yang perlu dijadikan kerangka rujukan bagi proses pendidikan di Indonesia (Firman, 2015). Hal tersebut dikarenakan pendidikan STEM menerapkan pembelajaran berbasis masalah yang menempatkan penyelidikan ilmiah dan penerapan matematika dalam konteks pemanfaatan teknologi sebagai bentuk pemecahan masalah dunia nyata (Sanders, 2009).

STEM yang diintegrasikan ke dalam PjBL membantu peserta didik dapat melakukan pembelajaran yang bermakna dalam memahami sebuah konsep dan bereksplorasi melalui sebuah kegiatan proyek, sehingga peserta didik terlibat aktif dalam prosesnya. Penelitian yang dilakukan oleh Jatmika dkk. (2020) menyatakan bahwa pembelajaran fisika pada materi usaha dan energi dengan menggunakan model PjBL terintegrasi STEM mampu meningkatkan KPS peserta didik SMA. Berdasarkan hal tersebut, pembelajaran menggunakan model PjBL STEM peserta didik dapat terlibat aktif dalam proses pembelajaran menemukan fakta maupun konsep-konsep sains dan kaitannya dalam kehidupan sehari-hari sehingga peserta didik tidak hanya sekedar mengetahui dan menghafal rumus saja.

LKPD elektronik merupakan salah satu aplikasi ICT sangat dibutuhkan dalam implementasi PjBL STEM sebagai alat pembelajaran yang memberikan pengembangan pengetahuan, sikap, dan keterampilan kepada peserta didik. LKPD elektronik juga dapat memicu peserta didik terlibat aktif dalam pembelajaran (Andriyani *et al.*, 2019). LKPD elektronik dapat menjadi bahan ajar pendukung yang tepat sebagai panduan belajar peserta didik untuk melakukan kegiatan proyek berbasis penyelidikan dan pemecahan masalah

serta dapat mengevaluasi KPS peserta didik. Penelitian yang dilakukan oleh Kurniasih (2022) memperoleh hasil bahwa penerapan LKPD elektronik dengan PjBL berbasis fisika dan kimia dalam pembelajaran dapat meningkatkan motivasi belajar dan hasil belajar siswa.

Berdasarkan penelitian Jatmika, dkk. (2020) dan Kurniasih (2022) yang telah disebutkan sebelumnya, menunjukkan bahwa penerapan PjBL terintegrasi STEM berpengaruh terhadap KPS peserta didik dan LKPD elektronik dengan PjBL berpengaruh terhadap motivasi belajar dan hasil belajar peserta didik. Namun, belum ada penelitian yang secara bersamaan meneliti pengaruh model *Project Based Learning* terintegrasi STEM berbantuan LKPD elektronik terhadap keterampilan proses sains peserta didik.

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, peneliti melihat adanya kesenjangan antara kondisi ideal dengan kondisi nyata di sekolah yang menyebabkan KPS peserta didik belum terlatih secara optimal. Oleh karena itu, dilakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Model *Project Based Learning* Terintegrasi STEM Berbantuan LKPD Elektronik Terhadap Keterampilan Proses Sains Peserta Didik pada Materi Getaran Harmonis Sederhana”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh model *Project Based Learning* terintegrasi STEM berbantuan LKPD elektronik terhadap keterampilan proses sains peserta didik pada materi getaran harmonis sederhana?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan dari penelitian eksperimen ini adalah untuk mendeskripsikan pengaruh model *Project Based Learning*

terintegrasi STEM berbantuan LKPD elektronik terhadap keterampilan proses sains peserta didik pada materi getaran harmonis sederhana.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Bagi guru diharapkan dapat memberikan informasi atau inspirasi dalam pelaksanaan pembelajaran untuk meningkatkan KPS peserta didik menggunakan model PjBL terintegrasi STEM.
2. Bagi peserta didik dapat menambah pengalaman belajar, pengetahuan, dan pemahaman tentang materi getaran harmonis sederhana dalam meningkatkan KPS peserta didik.
3. Bagi peneliti dapat dijadikan pijakan atau referensi penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan PjBL terintegrasi STEM untuk meningkatkan KPS peserta didik.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian eksperimen ini menggunakan model *Project Based Learning* (PjBL) terintegrasi STEM menurut Laboy Rush (2010) dengan sintaks *reflection, research, discovery, application, dan communication*.
2. Penelitian ini mengukur keterampilan proses sains menurut Rustaman (2005) dengan 10 indikator keterampilan proses sains, namun pada penelitian ini hanya berorientasi pada 7 indikator keterampilan proses sains berdasarkan hasil angket studi pendahuluan. Indikator yang diteliti yaitu mengobservasi, memprediksi, merumuskan hipotesis, merencanakan percobaan, menggunakan alat dan bahan, menerapkan konsep, dan mengomunikasikan.
3. Penelitian ini menggunakan LKPD elektronik eksperimen berbasis proyek yang disesuaikan dengan sintaks model PjBL terintegrasi STEM.
4. Penelitian ini menyajikan materi getaran harmonis sederhana pada KD 3.11 Menganalisis hubungan antara gaya dan getaran dalam kehidupan

sehari-hari dan 4.11 Melakukan percobaan getaran harmonis pada ayunan sederhana dan/atau getaran pegas berikut presentasi serta makna fisisnya kelas X semester genap kurikulum 2013 di SMA N 1 Bumi Agung Way Kanan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Model *Project Based Learning* (PjBL)

Project Based Learning (PjBL) merupakan model pembelajaran yang berbasis proyek dengan melibatkan peserta didik ke dalam suatu kegiatan (proyek) yang menghasilkan produk. Pembelajaran berbasis proyek ini membutuhkan sebuah pemahaman dari pengajaran yang cukup komprehensif dimana seorang guru dapat mendesain ekosistem belajar peserta didik supaya peserta didik dapat melakukan investigasi secara langsung terhadap berbagai masalah problem autentik, termasuk pemecahan soal dan solusi pada suatu kajian rumpun sains (Wena, 2009).

PjBL merupakan pembelajaran inovatif yang berpusat pada peserta didik (*Student centered*) dan menempatkan guru sebagai motivator sekaligus fasilitator, dimana peserta didik diberi peluang untuk dapat bekerja secara otonom dalam mengkonstruksi belajarnya. Selain diberi kebebasan untuk bereksplorasi dalam merencanakan dan melaksanakan pembelajaran, peserta didik juga dapat melakukan kegiatan berupa eksperimen secara kolaboratif dalam menghasilkan suatu produk (Rais, 2010).

Model PjBL termasuk ke dalam pembelajaran konstruktivisme yang menyediakan pembelajaran dengan memberikan masalah nyata kepada peserta didik sehingga melatih peserta didik untuk dapat menumbuhkan kemampuan dalam pemecahan masalah, berpikir secara kritis dan memberi rasa kemandirian dalam belajar dan mencapai puncaknya pada produk akhir

(Rais, 2010). Dengan demikian, PjBL dapat melahirkan proses belajar yang bermakna bagi peserta didik (Wena, 2009). Belajar bermakna merupakan belajar yang bukan hanya berorientasi pada tujuan saja, tetapi juga hendaknya berorientasi pada proses yang memberikan kesan yang lebih mendalam dan bermakna dalam pengolahan informasi. Belajar secara bermakna dapat ditemukan dalam PjBL melalui kegiatan membuat perencanaan, penemuan, kolaborasi, penyelesaian masalah, bertukar pikiran, memberi penilaian hingga melahirkan pengetahuan baru sebagai hasil belajar (Rais, 2010).

Pengalaman belajar langsung yang diberikan dengan menerapkan model PjBL dapat mendukung untuk mengembangkan berbagai keterampilan (Wena, 2009). Melalui pengalaman langsung peserta didik dapat lebih menghayati proses atau kegiatan yang sedang dilakukan (Rustaman, 2005). Adapun keterampilan yang dapat dikembangkan adalah Keterampilan Proses Sains (KPS), hal ini sejalan dengan pendapat Soetardjo dan Soejitno (1998) yang menyatakan bahwa dengan kegiatan proyek tersebut, KPS dapat meningkat dengan peserta didik yang terlibat langsung dalam menemukan fakta, konsep maupun teori-teori dengan keterampilan proses dan sikap ilmiah itu sendiri. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nawahdani, dkk. (2021) yang mengungkapkan bahwa pembelajaran berbasis proyek (PjBL), dapat meningkatkan KPS peserta didik dan meningkatkan keaktifan serta semangat belajar peserta didik.

Adapun langkah langkah dalam pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) yang dikembangkan oleh *The George Lucas Educational Foundation* (2005) terdiri dari :

a. Penentuan Pertanyaan Mendasar (*Start With the Essential Question*)

Pembelajaran dimulai dengan mengorientasi peserta didik menggunakan pertanyaan esensial, yaitu pertanyaan yang memberi penugasan kepada peserta didik dalam melakukan suatu aktivitas. Topik yang diambil sesuai dengan permasalahan yang ditemui di kehidupan sehari-hari dan dimulai dengan investigasi yang mendalam. Pertanyaan tersebut

ditujukan untuk memancing pengetahuan, kritik, dan ide peserta didik dari topik yang dibahas.

b. Menyusun Perencanaan Proyek (*Design a Plan for the Project*)

Perencanaan dilakukan secara kolaboratif antara pengajar dan peserta didik. Perencanaan proyek ini berisi tentang pemilihan aktivitas yang dapat menjawab pertanyaan, aturan kegiatan dalam penyelesaian proyek, serta mengetahui alat dan bahan yang dapat digunakan untuk menyelesaikan proyek.

c. Menyusun Jadwal (*Create Schedule*)

Aktivitas pada tahap ini antara lain: (1) menyusun *timeline* penyelesaian proyek, (2) membuat *deadline* penyelesaian proyek, (3) membimbing peserta didik untuk merencanakan suatu cara yang baru, (4) membimbing peserta didik apabila menggunakan cara yang tidak berhubungan dengan proyek, dan (5) meminta peserta didik untuk membuat penjelasan atas pemilihan cara yang digunakan.

d. Memantau Siswa dan Kemajuan Proyek (*Monitoring the Student and Progress of Project*)

Pengajar memiliki tanggung jawab untuk memonitor setiap aktivitas peserta didik selama menyelesaikan proyek dengan cara memfasilitasi peserta didik pada setiap proses.

e. Penilaian Hasil (*Assess the Outcome*)

Penilaian dilakukan untuk mengukur dan mengevaluasi ketercapaian standar peserta didik, memberi umpan balik kepada peserta didik sesuai dengan tingkat pemahaman yang sudah dicapai, serta membantu pengajar untuk menyusun strategi pembelajaran selanjutnya.

f. Evaluasi Pengalaman (*Evaluation the Experience*)

Merupakan proses refleksi terhadap aktivitas dan hasil proyek yang sudah dilakukan. Peserta didik dapat mengungkapkan perasaan dan

pengalamannya. Kemudian dilakukan diskusi untuk memperbaiki kinerja selama proses pembelajaran yang pada akhirnya ditemukan suatu temuan baru untuk menjawab masalah yang diajukan sebelumnya pada tahap awal pembelajaran.

Berdasarkan beberapa pendapat di atas, diperoleh definisi bahwa PjBL adalah model pembelajaran berbasis proyek berdasarkan masalah nyata yang menuntut peserta didik untuk dapat bereksplorasi dalam merencanakan dan melaksanakan pembelajaran secara kolaboratif dengan menghasilkan suatu produk akhir sebagai solusi yang diberikan. Berdasarkan dari langkah-langkah PjBL tersebut dapat diketahui bahwa peserta didik memiliki peran yang sangat besar dalam pembelajaran, sehingga peserta didik dapat berorientasi pada proses pembelajaran yang mengembangkan berbagai keterampilan yang dimiliki.

2.1.2 Pendekatan STEM

Istilah STEM yang merupakan singkatan dari “*Science, Technology, Engineering, & Mathematics*” telah diperkenalkan oleh *National Science Foundation* (NFS) di Amerika Serikat pada tahun 1990-an (Sanders, 2009). STEM merupakan pendekatan yang mengintegrasikan 4 disiplin bidang keilmuan, yaitu ilmu pengetahuan (sains), teknologi, teknik, dan matematika dalam proses pembelajaran untuk menemukan solusi dari masalah dunia nyata (Firman, 2015). STEM sebagai pendekatan interdisipliner menerapkan pembelajaran dalam konteks nyata dan pembelajaran berbasis masalah yang mengkoneksikan antara sekolah, dunia kerja, dan dunia global sehingga peserta didik diharapkan mampu bersaing dengan era ekonomi baru yang berbasis pengetahuan menggunakan literasi STEM (Anwari *et al.*, 2015). Adapun definisi literasi STEM dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Definisi Literasi STEM

Aspek STEM	Definisi
Sains (<i>Science</i>)	Literasi ilmiah: Kemampuan dalam menggunakan pengetahuan ilmiah dan proses untuk memahami dunia alam, serta kemampuan untuk berpartisipasi dalam mengambil keputusan untuk mempengaruhinya.
Teknologi (<i>Technology</i>)	Literasi teknologi: Pengetahuan mengenai bagaimana menggunakan teknologi baru, memahami bagaimana teknologi baru dikembangkan, dan memiliki kemampuan untuk menganalisis bagaimana teknologi baru mempengaruhi suatu individu, masyarakat, bangsa dan dunia.
Teknik (<i>Engineering</i>)	Literasi desain: Pemahaman tentang bagaimana teknologi dapat dikembangkan melalui proses desain menggunakan tema pembelajaran berbasis proyek dengan cara mengintegrasikan dari beberapa mata pelajaran yang berbeda.
Matematika (<i>Mathematics</i>)	Literasi matematika: Kemampuan dalam menganalisa, alasan dan mengomunikasikan ide secara efektif dari cara bersikap, merumuskan, memecahkan, dan menafsirkan solusi untuk masalah matematika dalam penerapannya.

(Sumber: Asmuniv, 2015)

STEM dirancang dengan tujuan untuk meningkatkan daya saing global dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan inovasi teknologi serta untuk meningkatkan pemahaman integrasi pendidikan STEM kepada seluruh masyarakat. Pendidikan berbasis STEM digunakan untuk membangun sumber daya manusia yang mampu bernalar, berpikir kritis, logis dan sistematis sehingga siap menghadapi persaingan secara global. Selain itu, integrasi STEM digunakan untuk menumbuhkan *soft skill* seperti penyelidikan ilmiah dan kemampuan pemecahan masalah (Asmuniv, 2015). STEM juga memiliki peluang besar untuk melatih keterampilan berpikir peserta didik (Murnawianto *et al.*, 2017).

Berdasarkan berbagai penelitian yang telah dilakukan, penerapan pembelajaran berbasis STEM dapat meningkatkan capaian hasil belajar peserta didik (Putri dkk., 2020), memiliki kemampuan berpikir kritis yang lebih baik (Rosyidah dkk., 2021), meningkatkan aktivitas kolaboratif peserta didik (Yusuf dan Asrifan, 2020), meningkatkan keterampilan ilmiah (Wibowo, 2018), kemampuan berpikir kreatif (Heryanti, 2020), dan meningkatkan pencapaian keterampilan proses sains peserta didik

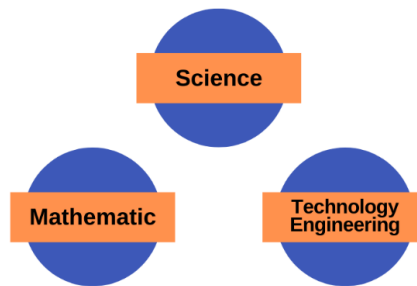
(Maghfiroh, 2016). Hal tersebut membuktikan bahwa pembelajaran sains menggunakan pendekatan STEM dapat melatih berbagai kemampuan peserta didik.

Pada pembelajaran fisika, pendekatan STEM terbukti mampu meningkatkan kualitas pembelajaran proses yang berfokus pada pemecahan masalah nyata dalam kehidupan sehari-hari. Penerapan STEM dalam pembelajaran dapat membantu peserta didik dalam merancang, mengembangkan, dan menggunakan teknologi dengan benar, meningkatkan keterampilan kognitif, manipulatif, dan afektif dalam menerapkan ilmunya (Breiner *et al.*, 2012). Pendidikan STEM yang sebenarnya, harus mampu meningkatkan pemahaman peserta didik mengenai bagaimana sesuatu bekerja dan meningkatkan penggunaan teknologi peserta didik dalam pembelajaran (Bybee, 2010).

Terdapat tiga metode pendekatan pembelajaran STEM, yaitu pendekatan silo (terpisah), tertanam (*embedded*), dan terpadu (terintegrasi). Perbedaan antara masing-masing metode terletak pada tingkat konten STEM yang diterapkan. Tiga metode pendekatan pembelajaran STEM adalah sebagai berikut:

a. Pendekatan Silo

Metode pendekatan silo (terpisah) merupakan metode pendekatan dimana setiap mata pelajaran dalam STEM diajarkan secara terpisah atau individu yang mengacu pada instruksi terisolasi (Dugger, 2010). Hal tersebut memungkinkan peserta didik dapat memahami lebih mendalam mengenai isi dari setiap mata pelajaran. Disiplin ilmu STEM yang terdiri dari ilmu pengetahuan (*science*), teknologi (*technology*), teknik (*engineering*), dan matematika (*mathematic*) diajarkan secara terpisah untuk menjaga setiap domain dalam batas masing-masing disiplin ilmu (Asmuniv, 2015).

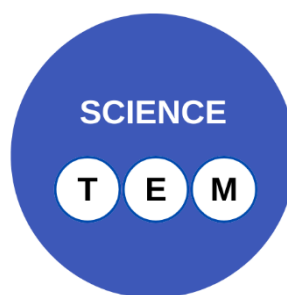


Gambar 2.1 Pendekatan Silo.

(Asmuniv, 2015)

b. Pendekatan Tertanam

Metode pendekatan tertanam (*embedded*) lebih menekankan pada satu mata pelajaran daripada fokus pada interdisiplin mata pelajaran. Pendekatan tertanam meningkatkan pembelajaran dengan cara menghubungkan materi utama dengan materi yang tidak diutamakan atau materi tertanam. Materi yang tidak diutamakan dirancang untuk tidak dievaluasi atau dinilai (Winarni dkk., 2016). Salah satu pola integrasi yang memungkinkan untuk dilakukan di Indonesia pada sekolah menengah adalah mengintegrasikan komponen teknologi, teknik dan matematika ke dalam pembelajaran sains berbasis STEM (Firman, 2015). Seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.2.



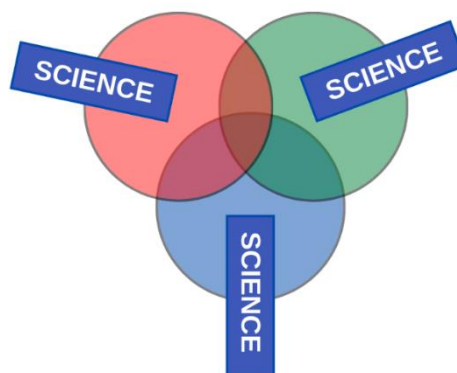
Gambar 2.2 Pendekatan Tertanam.

(Firman, 2015)

c. Pendekatan Terpadu

Pendekatan terpadu dalam pendidikan STEM merupakan pendekatan yang menghilangkan tembok pembatas antara masing masing bidang

konten STEM dan memberikan pengajaran kepada peserta didik sebagai satu mata pelajaran terintegrasi (Breiner *et al.*, 2012). Pendekatan STEM merupakan pendekatan interdisipliner, dimana pendekatan tersebut dimulai dengan masalah nyata dalam kehidupan sehari-hari yang menghubungkan keempat disiplin STEM dengan pemikiran kritis, keterampilan memecahkan masalah, dan pengetahuan untuk mencapai kesimpulan. Integrasi interdisipliner ini memusatkan perhatian peserta didik pada suatu masalah yang menggabungkan konten dan keterampilan dari berbagai disiplin STEM (Wang *et al.*, 2011). Pendekatan terpadu dapat diilustrasikan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Pendekatan Terpadu.

(Asmuniv, 2015)

Berdasarkan penjabaran metode pendekatan STEM di atas, pada penelitian ini metode pendekatan yang digunakan adalah metode pendekatan terpadu yang mengintegrasikan keempat disiplin ilmu (*science, technology, engineering, and mathematics*). STEM sendiri dapat disimpulkan sebagai pendekatan dengan mengintegrasikan empat disiplin ilmu yaitu sains, teknologi, teknik, dan matematika dalam suatu pembelajaran berbasis masalah dunia nyata. STEM dapat melatih berbagai keterampilan peserta didik untuk membangun sumber daya manusia sehingga mampu menghadapi tantangan global dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Salah satu keterampilan yang dapat dilatihkan yaitu keterampilan

pemecahan masalah maupun keterampilan proses sains untuk membantu peserta didik dalam menemukan solusi dari masalah yang ada.

2.1.3 *Project Based Learning (PjBL) Terintegrasi STEM*

PjBL menekankan pada kenyataan bahwa dalam pembelajaran tidak hanya mengintegrasikan pengetahuan dari berbagai disiplin ilmu tetapi juga mengintegrasikan antara teori-teori dengan praktik yang dikonstruksi secara mandiri. Sedangkan pembelajaran STEM merupakan pembelajaran interdisipliner yang menekankan kegiatan pemecahan masalah dari berbagai perspektif (Martín-Páez *et al.*, 2019). Oleh karena itu, pembelajaran PjBL dan STEM cocok diterapkan secara bersamaan (Laboy-Rush, 2010).

Model PjBL yang terintegrasi dengan STEM merupakan suatu langkah inovatif dalam pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk merencanakan proses pembelajaran secara kolaboratif dan menghasilkan suatu produk tertentu yang dapat digunakan sebagai sumber belajar (Jauhariyyah dkk., 2017). PjBL STEM dapat digunakan sebagai cara belajar terbaru dengan menghasilkan sumber belajar yang dimaksud melalui pemanfaatan ilmu pengetahuan, teknologi, teknik, dan matematika yang berdampak positif pada aspek kognitif, keterampilan dan sikap terhadap pembelajaran fisika. PjBL STEM dapat diintegrasikan ke dalam materi pelajaran seperti modul, Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), media pembelajaran berbasis teknologi, dan persepsi guru terkait implementasi PjBL STEM dalam pembelajaran fisika di kelas (Roslina *et al.*, 2022).

Pembelajaran PjBL STEM merupakan pembelajaran berbasis teknologi dan rekayasa desain yang secara signifikan dapat mempengaruhi hasil belajar peserta didik dalam mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, dan matematika untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah (Purwaningsih *et al.*, 2020). Secara sederhana, pembelajaran PjBL STEM menerapkan konsep abstrak sains dan matematika ke dalam konteks teknik dengan menggunakan alat teknologi. Peluang ini membantu peserta didik

untuk membangun pengetahuannya sendiri dan memanfaatkan pembelajaran langsung yang komunikatif serta kolaboratif sehingga membantu peserta didik mengembangkan kepercayaan diri dalam kemampuannya menyelesaikan masalah (Han *et al.*, 2014).

Pembelajaran PjBL STEM selain dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah juga dapat meningkatkan prestasi peserta didik di bidang STEM (Fortus *et al.*, 2005), secara positif memengaruhi kreativitas dan sikap terhadap pembelajaran sains (Tseng *et al.*, 2013), memengaruhi motivasi belajar (Siew *et al.*, 2015), serta mampu meningkatkan KPS peserta didik (Jatmika dkk., 2020). Dengan demikian, melalui integrasi PjBL STEM, peserta didik dapat mentransfer pengetahuan empat disiplin ilmu melalui proyek-proyek yang mereka kerjakan.

Adapun langkah-langkah model *Project Based Learning* (PjBL) terintegrasi STEM menurut Laboy Rush (2010), adalah sebagai berikut:

a. *Reflection*

Kegiatan *reflection* bertujuan untuk membawa peserta didik ke dalam suatu konteks masalah dan memberikan inspirasi kepada peserta didik untuk mengobservasi masalah dengan menghubungkan apa yang sudah diketahui dan apa yang perlu dipelajari. Masalah yang diberikan mendorong peserta didik bertanya, merumuskan hipotesis untuk segera melakukan penyelidikan.

b. *Research*

Kegiatan *research* membawa peserta didik mengumpulkan informasi dan sumber yang relevan untuk mengembangkan pemahaman peserta didik dari pemahaman konkret ke pemahaman abstrak mengenai suatu masalah. Guru turut serta dalam memimpin diskusi untuk memastikan apakah peserta didik dapat mengembangkan pemahaman konseptual yang tepat dari proyek dan konsep yang relevan. Peserta didik menggali konsep, teori, dan hukum dari berbagai sumber yang relevan sehingga dapat dijadikan acuan dalam memecahkan masalah atau membangun

konsep sebagai bahan untuk merancang proyek dan menciptakan solusi berupa produk.

b. *Discovery*

Kegiatan *discovery* menghubungkan proses *research* dan informasi yang diketahui dalam penyusunan proyek. Peserta didik dituntut untuk lebih aktif dan mandiri dalam pembelajaran dan menentukan apa yang masih belum diketahui. Guru membagi peserta didik menjadi beberapa kelompok kecil untuk menyajikan solusi yang mungkin untuk suatu masalah dan berkolaborasi antar teman maupun kelompok. Pada tahap ini juga bertujuan untuk mengembangkan kemampuan peserta didik dalam membangun *habits of mind* dari proses merancang atau mendesain suatu proyek. Peserta didik merancang sebuah proyek untuk membuat produk, menentukan alat dan bahan, serta merancang desain produk sebagai solusi dari masalah yang diberikan.

c. *Application*

Kegiatan *application* memiliki tujuan untuk menguji produk/solusi yang digunakan dalam memecahkan masalah. Hasil yang diperoleh dievaluasi dan diperbaiki untuk perbaikan langkah sebelumnya. Peserta didik mengaplikasikan rancangan yang telah dibuat dengan secara langsung merancang, membuat, dan menguji hasil uji coba produk. Peserta didik kemudian melakukan eksperimen untuk uji coba produk dan mengumpulkan data untuk membuktikan hipotesis.

d. *Communication*

Kegiatan yang terakhir yaitu mempresentasikan produk/solusi yang telah dirancang kepada teman teman dan guru. Tahap ini dapat mengembangkan keterampilan komunikasi dan kolaborasi serta kemampuan untuk menerima dan menerapkan umpan balik yang konstruktif. Peserta didik dapat saling memberi pertanyaan atau menyampaikan gagasan berdasarkan pemahaman konsep yang dimiliki

dan memberi kesimpulan terhadap konsep, teori, maupun penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Bhakti *et al* (2020) pembelajaran berbasis proyek yang terintegrasi STEM peserta didik dapat belajar dalam empat aspek yaitu sains, teknologi, teknik dan matematika dari produk yang telah mereka buat. Konsep sains diperoleh dari bahan materi yang dipelajari. Konsep teknologi diperoleh dari produk, bahan ajar, maupun media pembelajaran yang diaplikasikan sesuai dengan perkembangan teknologi saat ini. Konsep teknik/rekayasa diperoleh dari kemampuan peserta didik untuk membuat alat sendiri. Konsep matematika diperoleh dari kemampuan peserta didik untuk menghitung rumus dan dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.

Adapun kegiatan-kegiatan peserta didik berdasarkan langkah-langkah model *Project Based Learning* terintegrasi STEM dapat dideskripsikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Pemetaan Langkah-langkah PjBL STEM dengan Kegiatan Peserta Didik

No	Sintak <i>Project Based Learning</i> Terintegrasi STEM	Kegiatan Peserta Didik	Aspek STEM
(1)	(2)	(3)	(4)
1.	<i>Reflection</i>	Peserta didik diberi masalah (diberikan tayangan video dan PPT) untuk diobservasi berdasarkan pengetahuan yang sudah diketahui dan yang perlu diketahui sehingga dapat memunculkan pertanyaan peserta didik dan merumuskan hipotesis	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Sains</i> Analisis konsep fisika terhadap masalah yang diberikan • <i>Technology</i> Menggunakan media pembelajaran berupa video dan PPT
2.	<i>Research</i>	Peserta didik mengumpulkan informasi dari berbagai sumber belajar (guru, buku,	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Sains</i> Teori fisika yang diperoleh dari berbagai sumber dan berkaitan

Tabel 2.2 (lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)
		e-LKPD, modul, internet, dll) dari masalah yang diamati untuk mengembangkan pengetahuan dan menggiring peserta didik menemukan acuan dalam memecahkan masalah atau membangun konsep sebagai bahan untuk merancang proyek	<p>dengan konsep-konsep untuk perancangan proyek</p> <ul style="list-style-type: none"> • Technology Menggunakan internet untuk memperoleh informasi, menggunakan bahan ajar elektronik berupa LKPD elektronik • Mathematic Menghitung persamaan-persamaan berdasarkan dari informasi yang diperoleh
3. <i>Discovery</i>		Peserta didik berdiskusi secara berkelompok berpanduan LKPD elektronik untuk merancang sebuah proyek untuk membuat produk, menentukan alat dan bahan, serta merancang desain produk sebagai solusi dari masalah yang diberikan	<ul style="list-style-type: none"> • Sains Teori fisika yang digunakan untuk merancang proyek • Technology Menggunakan bahan ajar LKPD elektronik sebagai panduan kegiatan peserta didik dalam merancang proyek • Engineering Merancang atau mendesain proyek • Mathematic Menerapkan persamaan-persamaan yang diperoleh untuk merancang proyek
4. <i>Application</i>		<ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik membuat produk dengan menggunakan alat dan bahan berdasarkan rancangan proyek yang telah dibuat kemudian diuji coba rancangan produknya • Peserta didik melakukan eksperimen untuk uji 	<ul style="list-style-type: none"> • Sains Teori fisika yang digunakan untuk membuat produk • Technology Menggunakan bahan ajar LKPD elektronik sebagai panduan kegiatan peserta didik dalam membuat produk

Tabel 2.2 (lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)
		coba produk dan mengumpulkan data untuk membuktikan hipotesis berbantuan <i>e-LKPD</i> sebagai panduan belajar dan <i>Lab Virtual</i> sebagai pembuktian konsep	<ul style="list-style-type: none"> • Engineering Membuat produk berdasarkan rancangan yang telah dibuat. Menguji coba dan merevisi produk yang telah dibuat
			<ul style="list-style-type: none"> • Mathematic Menerapkan konsep fisika pada produk, menerapkan konsep kerja produk, dan menghitung persamaan-persamaan dari data yang diperoleh setelah melakukan eksperimen
5. Communication		<ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik mempresentasikan hasil proyek yang telah diuji coba di depan teman-teman dan guru menggunakan proyektor • Peserta didik dapat saling memberi pertanyaan atau menyampaikan gagasan berdasarkan pemahaman konsep yang dimiliki 	<ul style="list-style-type: none"> • Sains Teori fisika yang dipresentasikan berdasarkan hasil eksperimen dan uji coba produk • Technology Menggunakan bahan ajar LKPD elektronik untuk mempresentasikan hasil rancangan proyek, uji coba produk dan hasil eksperimen • Engineering Mengomunikasikan hasil rancangan dan hasil uji coba produk

Berdasarkan beberapa pendapat di atas, diperoleh definisi PjBL terintegrasi STEM merupakan model pembelajaran yang berbasis proyek dengan mengintegrasikan pengetahuan sains dan matematika ke dalam konteks teknik dengan menggunakan alat teknologi sebagai wujud integrasi keempat disiplin ilmu STEM yang menghasilkan produk diakhir pembelajaran. Langkah-langkah pembelajaran PjBL STEM yang digunakan dalam penelitian adalah langkah-langkah PjBL STEM menurut Laboy-Rush (2010)

yang terdiri dari lima langkah yaitu *reflection*, *research*, *discovery*, *application*, dan *communication*.

2.1.4 Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (e-LKPD)

Lembar Kerja Peserta Didik elektronik (*e-LKPD*) biasa disebut juga Lembar Kerja Siswa (LKS) elektronik atau digital merupakan salah satu perangkat pembelajaran yang berperan penting dalam pembelajaran. *e-LKPD* menjadi salah satu bahan ajar dengan pemanfaatan teknologi yang mendukung jalannya pembelajaran. *e-LKPD* didefinisikan sebagai alat pembelajaran berupa panduan kerja peserta didik untuk mempermudah peserta didik dalam memahami materi pembelajaran dalam bentuk elektronik yang pengaplikasiannya dapat menggunakan *desktop* komputer, *notebook*, *smartphone*, maupun *handphone*. *e-LKPD* berisi sekumpulan kegiatan mendasar yang harus dilakukan oleh peserta didik untuk memaksimalkan pemahaman dalam upaya mencapai tujuan (Umriani *et al.*, 2020). *e-LKPD* memiliki empat fungsi, yaitu:

- a. Sebagai bahan ajar yang dapat meminimalkan peran dari pendidik dan mengoptimalkan kemandirian peserta didik dalam pembelajaran.
- b. Sebagai bahan ajar yang membantu peserta didik dalam memahami materi yang dipelajari.
- c. Sebagai bahan ajar yang ringkas namun memiliki tugas untuk membantu dalam proses berlatih.
- d. Memudahkan penyampaian pembelajaran ke peserta didik.

E-LKPD dalam pembelajaran fisika dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu:

- a. *E-LKPD* Non-eksperimen

E-LKPD non-eksperimen lebih banyak memuat teks yang menuntun peserta didik untuk berdiskusi terhadap materi pelajaran.

- b. *E-LKPD* Eksperimen

E-LKPD eksperimen memiliki karakteristik khusus yang memuat petunjuk eksperimen. Sistematika *e-LKPD* eksperimen pada umumnya

terdiri dari judul, pengantar, tujuan, alat dan bahan, langkah kerja, tabel pengamatan, kolom kesimpulan, dan pertanyaan. Pada model pembelajaran tertentu seperti PjBL misalnya, bagian alat dan bahan, langkah kerja, dan tabel pengamatan dirancang oleh peserta didik (Prastowo, 2011).

E-LKPD berbasis proyek dapat mengatasi keterbatasan waktu belajar di sekolah karena peserta didik dapat merancang sendiri dan mengerjakan proyek tersebut di luar jam sekolah (Andriyani dkk., 2018). Penggunaan *e-LKPD* dalam pembelajaran diharapkan dapat membangkitkan semangat peserta didik untuk aktif selama proses pembelajaran dan melatih peserta didik untuk lebih mandiri dalam menemukan suatu fakta maupun konsep pengetahuan (Mudlofir dan Rusydiyah, 2016).

e-LKPD disusun berdasarkan beberapa tahapan sesuai dengan pendapat Depdiknas (2008), 1) judul, mata pelajaran, semester, dan tempat, 2) petunjuk belajar, 3) kompetensi yang akan dicapai, 4) indikator, 5) informasi pendukung (materi yang akan dibahas), 6) tugas-tugas dan langkah-langkah kerja, 7) penilaian. Adapun perangkat lunak yang dapat digunakan untuk membuat *e-LKPD* adalah *Software Microsoft Word* dan *Flip PDF Professional*. *Flip Pdf Professional* merupakan aplikasi yang dapat digunakan untuk mengkonversi PDF publikasi halaman *flipping digital* yang memungkinkan untuk menciptakan konten pembelajaran yang interaktif dengan beberapa fitur yang mendukung (Sriwahyuni dkk., 2019).

Berdasarkan beberapa pendapat di atas, dapat disimpulkan bahwa Lembar Kerja Peserta Didik elektronik (*e-LKPD*) adalah bahan ajar sebagai panduan belajar peserta didik untuk memahami materi dan melakukan kegiatan penyelidikan dan pemecahan masalah. Jenis *e-LKPD* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *e-LKPD* eksperimen yang disesuaikan dengan sintaks model PjBL terintegrasi STEM dengan struktur LKPD terdiri dari 1) judul, mata pelajaran, semester, dan tempat, 2) petunjuk belajar, 3) kompetensi yang akan dicapai, 4) indikator, 5) informasi pendukung (materi yang akan

dibahas), 6) tugas-tugas dan langkah-langkah kerja, 7) penilaian. Adapun perangkat lunak yang digunakan untuk membuat *e-LKPD* adalah *Software Microsoft Word* dan *Flip PDF Professional*.

2.1.5 Keterampilan Proses Sains

Keterampilan Proses Sains (KPS) merupakan semua keterampilan yang diterapkan untuk menemukan dan mengembangkan ilmu pengetahuan dengan metode ilmiah. KPS adalah kemampuan peserta didik untuk menerapkan metode ilmiah dalam memahami, mengembangkan dan menemukan ilmu pengetahuan (Dahar, 2011). KPS merupakan wawasan dan keterampilan-keterampilan yang meliputi aspek kognitif, afektif, dan psikomotor untuk menemukan fakta, konsep, serta prinsip ilmu pengetahuan yang dapat diaplikasikan dalam pembelajaran sehingga mengembangkan pengetahuan yang didapatkan oleh peserta didik (Rais, 2010).

KPS yang melibatkan keterampilan-keterampilan intelektual (kognitif), manual, dan sosial. Keterampilan kognitif dapat terlihat dari peserta didik yang menggunakan pikirannya dalam melakukan KPS. Keterampilan manual jelas terlihat dalam KPS ketika peserta didik menggunakan alat dan bahan, melakukan pengukuran, penyusunan atau perakitan alat dalam praktikum. Keterampilan sosial dapat terlihat ketika peserta didik berinteraksi dengan sesamanya, melakukan diskusi maupun kolaborasi kelompok dalam proses belajar mengajar (Rustaman, 2005). Namun secara umum, KPS meliputi keterampilan yang dapat digunakan setiap individu dalam menjalani kehidupannya sehari-hari seperti dengan melek huruf secara ilmiah dan meningkatkan kualitas dan standar kehidupan dengan memahami sifat sains. KPS dapat mempengaruhi kehidupan pribadi, sosial dan global individu (Aktamis and Ergin, 2008).

KPS sangat penting dikuasai setiap peserta didik sebagai bekal dalam menggunakan metode ilmiah untuk mengembangkan sains berdasarkan pengetahuan baru yang diperoleh maupun pengetahuan yang telah dimiliki.

KPS menekankan pada pembentukan keterampilan memperoleh pengetahuan dan mengomunikasikan perolehannya (Afrizon dkk., 2012). Keterampilan proses sebagai pendekatan sendiri merupakan pembelajaran yang menekankan pada aktivitas belajar dan kreativitas peserta didik dalam memperoleh pengetahuan (Mulyasa, 2010). Oleh karena itu, keterampilan dinilai sebagai kemampuan menggunakan pikiran, nalar dan perbuatan secara efisien dan efektif dalam mengembangkan pengetahuan sains untuk mencapai suatu hasil tertentu, termasuk kreativitas. Adapun indikator KPS menurut Rustaman (2005: 86) dijelaskan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Indikator dan Sub Indikator KPS

Indikator (1)	Sub Indikator KPS (2)
Mengobservasi	1) Menggunakan sebanyak mungkin indera. 2) Mengumpulkan fakta yang relevan.
Mengklasifikasikan	1) Mencatat setiap pengamatan secara terpisah. 2) Mencari perbedaan dan persamaan. 3) Mengontraskan ciri ciri. 4) Membandingkan. 5) Mencari dasar pengelompokan atau penggolongan. 6) Menghubungkan hasil hasil pengamatan.
Menginterpretasi	1) Menghubungkan hasil hasil pengamatan. 2) Menemukan pola dalam suatu seri pengamatan.
Memprediksi	1) Menggunakan pola pola hasil pengamatan. 2) Mengemukakan apa yang mungkin terjadi pada keadaan yang belum diamati.
Mengajukan Pertanyaan	1) Bertanya apa, bagaimana dan mengapa. 2) Bertanya untuk meminta penjelasan. 3) Mengajukan pertanyaan yang berlatar belakang hipotesis.
Merumuskan Hipotesis	1) Mengetahui bahwa ada lebih dari satu kemungkinan penjelasan dari satu kejadian. 2) Menyadari bahwa suatu penjelasan perlu diuji kebenarannya dengan memperoleh bukti lebih banyak atau melakukan cara pemecahan masalah.
Merancang Percobaan	1) Menentukan alat/bahan/sumber yang akan digunakan. 2) Menentukan variabel/faktor penentu. 3) Menentukan apa yang diukur, diamati, dan dicatat. 4) Menentukan apa yang akan dilaksanakan berupa langkah kerja.
Menggunakan Alat dan bahan	1) Memakai alat/bahan. 2) Mengetahui alasan mengapa menggunakan

Tabel 2.3 (lanjutan)

(1)	(2)
	alat/bahan.
	3) Mengetahui bagaimana menggunakan alat/bahan.
Menerapkan Konsep	1) Menerapkan konsep yang telah dipelajari. 2) Menggunakan konsep pada pengalaman baru untuk menjelaskan apa yang sedang terjadi.
Mengomunikasikan	1) Mengubah bentuk penyajian. 2) Menggambarkan data empiris hasil percobaan atau pengamatan dengan grafik/tabel/diagram. 3) Menyusun dan menyampaikan laporan secara sistematis. 4) Menjelaskan hasil percobaan atau penelitian. 5) Membaca grafik, tabel, atau diagram. 6) Menyimpulkan.

(Sumber: Rustaman, 2005)

Berdasarkan hasil angket keterampilan proses sains peserta didik kelas X di SMAN 1 Bumi Agung pada **Lampiran 9**, diketahui bahwa keterampilan proses sains peserta didik belum secara baik dikuasai oleh peserta didik di beberapa indikator dari 10 indikator keterampilan proses sains menurut Rustaman (2005). Adapun indikator tersebut yaitu keterampilan mengobservasi, memprediksi, merumuskan hipotesis, merancang percobaan, menggunakan alat dan bahan, menerapkan konsep, dan mengomunikasikan.

Rendahnya penguasaan keterampilan proses sains pada beberapa indikator menjadi penyebab penelitian ini difokuskan untuk mengukur 7 indikator terendah dari 10 indikator keterampilan proses sains yang ada. Adapun indikator KPS yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari kegiatan mengobservasi, memprediksi, merumuskan hipotesis, merancang percobaan, menggunakan alat dan bahan, menerapkan konsep, dan mengomunikasikan. Karakteristik pokok uji KPS dibagi menjadi karakteristik umum dan karakteristik khusus (Rustaman, 2005).

a. Karakteristik Umum

- 1) Meliputi pokok uji KPS tidak boleh dibebani konsep (*non-consept burden*)

- 2) Pokok uji KPS mengandung sejumlah informasi yang harus diolah oleh responden atau peserta didik dapat berupa gambar maupun data.
- 3) Aspek yang diukur oleh pokok uji KPS harus jelas dan hanya mengandung satu aspek saja.
- 4) Sebaiknya ditampilkan gambar untuk membantu menghadirkan objek.

b. Karakteristik Khusus

- 1) Observasi: Harus dari objek atau peristiwa sesungguhnya.
- 2) Memprediksi: Harus jelas pola/kecenderungan untuk dapat mengajukan dugaan/ramalan.
- 3) Merumuskan hipotesis: Dapat merumuskan dugaan atau jawaban sementara, atau menguji pertanyaan yang ada dan mengandung hubungan dua variabel atau lebih, biasanya mengandung cara kerja untuk menguji atau membuktikan.
- 4) Merancang Percobaan: Harus memberi kesempatan untuk mengusulkan gagasan berkenaan dengan alat/bahan yang digunakan, urutan prosedur yang harus ditempuh, menentukan variabel, dan mengendalikan variabel.
- 5) Menerapkan Konsep: Memuat konsep atau prinsip yang diterapkan tanpa menyebutkan nama konsepnya.
- 6) Mengomunikasikan: Harus ada satu bentuk penyaji tertentu untuk diubah ke bentuk penyajian lainnya, misalnya bentuk uraian ke bentuk bagan atau bentuk tabel ke bentuk grafik.

Berdasarkan beberapa pendapat di atas, diperoleh definisi bahwa KPS merupakan kemampuan intelektual berdasarkan kemampuan kognitif, sikap, dan keterampilan dalam menggunakan metode ilmiah untuk memperoleh maupun mengembangkan fakta, konsep, serta prinsip pengetahuan dalam menyelesaikan masalah dunia nyata. Oleh karena itu, peserta didik diharapkan dapat memiliki pemahaman yang lebih baik terhadap konsep-konsep yang dipelajari berdasarkan KPS yang dikuasai dengan baik dalam memperoleh pengetahuan secara langsung.

2.1.6 Getaran Harmonis Sederhana

Getaran Harmonis Sederhana (GHS) merupakan gerakan bolak balik melalui suatu titik kesetimbangan secara periodik dengan amplitudo (simpangan maksimum) dan frekuensi yang tetap. Periodik artinya setiap gerakan yang terjadi akan berulang secara teratur dalam selang waktu yang sama.

a. Karakteristik Getaran Harmonis Sederhana (GHS)

Contoh kasus getaran harmonis sederhana adalah gerak bandul sederhana dan pegas. Ketika bandul diberi simpangan ke kiri, maka akan cenderung bergerak ke kanan. Jika diberi simpangan ke kanan, maka akan menormalkan dirinya bergerak ke kiri. Demikian juga dengan sebuah pegas, jika ditekan, ia akan kembali menekan. Namun, jika ditarik, ia akan kembali menarik ke arah yang berlawanan. Gerak cenderung melawan dan mempertahankan dirinya dalam keadaan normal. Geraknya bolak balik di sekitar titik kesetimbangan dalam waktu yang sama.

Dalam getaran harmonis sederhana, terdapat beberapa besaran yaitu amplitudo, frekuensi dan periode. Amplitudo (A) merupakan simpangan terjauh benda yang bergetar harmonis dari titik kesetimbangan. Frekuensi sendiri merupakan banyaknya getaran yang terjadi dalam satu satuan waktu. Secara matematis frekuensi (f) dapat ditulis sebagai berikut:

$$f = \frac{n}{t} \quad (1.1)$$

Sedangkan periode (T) merupakan waktu yang dibutuhkan untuk terjadinya satu getaran. Secara matematis periode dapat ditulis sebagai berikut:

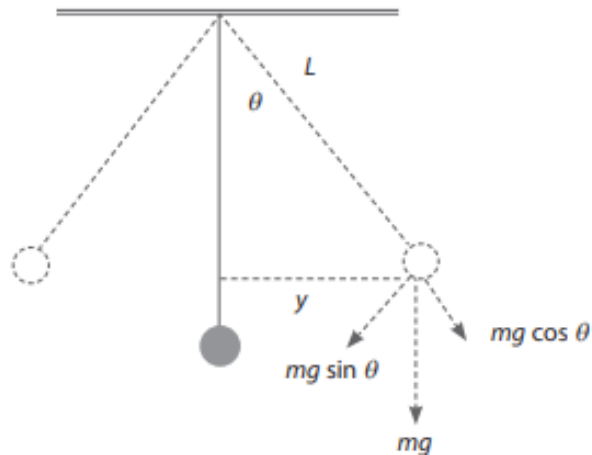
$$T = \frac{t}{n} \quad (1.2)$$

Oleh karena itu, hubungan frekuensi (f) dan periode (T) dalam getaran harmonis sederhana adalah sebagai berikut:

$$f = \frac{1}{T} \quad (1.3)$$

b. Sistem Bandul Sederhana

Pada sistem bandul sederhana terdiri dari sebuah beban massa m yang digantung pada tali (massa tali dapat diabaikan) dengan panjang L . Apabila beban ditarik ke satu sisi dengan sudut simpangan θ dan simpangan y kemudian dilepaskan, maka beban akan berayun melalui titik keseimbangan menuju sisi yang lain. Dikatakan satu getaran penuh ketika beban yang diayunkan kembali lagi ke posisi awal melalui titik keseimbangan.



Gambar 2.4 Sistem Bandul Sederhana.

(Syariffudin dkk., 2022)

Ketika beban berayun, terdapat gaya yang arahnya menuju titik kesetimbangan yang dinamakan gaya pemulih F . Secara matematis, gaya pemulih pada bandul dapat dituliskan sebagai berikut:

$$F = -mg \sin \theta, \text{ dengan } \sin \theta = \frac{y}{L} \quad (2.1)$$

$$F = -mg \left(\frac{y}{L} \right) \quad (2.2)$$

Keterangan:

F : gaya pemulih (N)

M : massa beban (kg)

G : percepatan gravitasi (m/s^2)

y : simpangan tali (m), dan

L : panjang tali (m)

Hakikatnya getaran harmonis sederhana merupakan proyeksi dari gerak melingkar beraturan (GMB) pada salah satu sumbu utamanya. Oleh karena itu, periode T dan frekuensi f dapat dihitung dengan menyamakan gaya pemulih dengan gaya sentripetal pada GMB.

$$F_{Penuh} = F_{Sentripetal} \quad (2.3)$$

$$-mg \left(\frac{y}{L} \right) = -m\omega^2 y$$

$$-mg \left(\frac{y}{L} \right) = -m(2\pi f)^2 y$$

$$g \left(\frac{y}{L} \right) = 4\pi^2 f^2 y$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}} \quad (2.4)$$

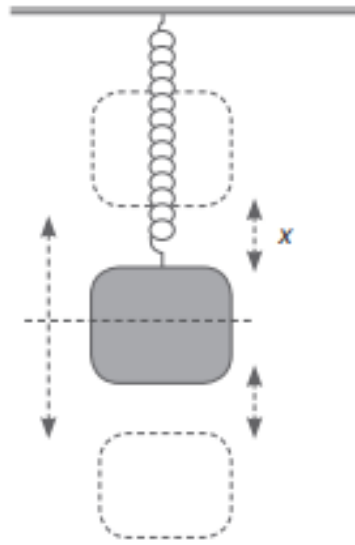
Oleh karena frekuensi merupakan kebalikan dari periode, maka diperoleh:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (2.5)$$

Berdasarkan persamaan di atas, dapat diketahui bahwa periode dan frekuensi bandul tidak bergantung pada massa dan simpangan bandul, namun hanya bergantung pada panjang tali dan percepatan gravitasi setempat.

c. Sistem Pegas

Ketika suatu beban bermassa m digantung pada sistem pegas dengan tetapan gaya pegas k kemudian ditarik, pegas akan bergerak naik-turun melalui titik kesetimbangan. Pada sistem ini terdapat gaya pemulih yang menyebabkan pegas bergerak selalu menuju titik kesetimbangan.



Gambar 2.5 Sistem Pegas.

(Gumilar, 2016)

Berdasarkan Hukum Hooke, besar gaya pemulih pada sistem pegas adalah:

$$F_{\text{Pemulih}} = -kx \quad (3.1)$$

Dengan x adalah perubahan panjang pegas. Sama halnya seperti bandul, frekuensi f dan periode T pada pegas dapat dihitung dengan menyamakan persamaan gaya pemulih dengan gaya sentripetal pada GMB.

$$F_{\text{Penuh}} = F_{\text{Sentripetal}} \quad (3.2)$$

$$-kx = -m\omega^2 x$$

$$-k = -m(2\pi f)^2$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (3.3)$$

Keterangan:

k : tetapan gaya pegas (N/m)

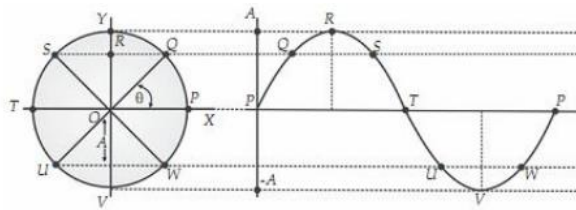
Oleh karena frekuensi merupakan kebalikan periode, maka diperoleh:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (3.4)$$

d. Persamaan Getaran Harmonis Sederhana

1) Simpangan Getaran

Simpangan getaran harmonis sederhana dapat dianggap sebagai proyeksi partikel yang bergerak melingkar beraturan pada diameter lingkaran. Gambar 2.6 melukiskan sebuah partikel yang bergerak melingkar beraturan dengan kecepatan sudut ω dan jari jari A . Dianggap mula mula partikel berada di titik P.



Gambar 2.6 Proyeksi Gerak Melingkar Beraturan terhadap Sumbu Y.
(Surya, 2017)

Ketika $t = 0$, partikel berada di titik P, setelah t sekon berada di Q, maka besarnya sudut yang ditempuh adalah:

$$\theta = \omega t = \frac{2\pi t}{T} \quad (4.1)$$

Simpangan getaran harmonis sederhana merupakan proyeksi titik Q pada salah satu sumbu utamanya (sumbu Y). Jika simpangan itu dinyatakan dengan sumbu Y, maka:

$$Y = A \sin \theta = A \sin \omega t = A \sin \frac{2\pi t}{T} \quad (4.2)$$

Besar sudut θ dalam fungsi sinus disebut sudut fase. Jika partikel mula mula berada pada posisi sudut θ_0 , maka persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y = A \sin \theta = A \sin(\omega t + \theta_0) = A \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \theta_0\right) \quad (4.3)$$

Keterangan:

Y : simpangan getaran harmonis sederhana (m)

A : amplitudo/simpangan terjauh (m)

ω : kecepatan sudut benda (rad/s)

θ_0 : sudut awal (rad)

θ : sudut fase $\omega t + \theta_0$ (rad)

2) Kecepatan Getaran Harmonis Sederhana

Kecepatan merupakan turunan pertama dari fungsi posisi. Kecepatan getaran harmonis sederhana dapat diketahui dengan menurunkan fungsi simpangan terhadap waktu. Secara matematis, kecepatan getaran harmonis sederhana dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{d[A \sin(\omega t + \theta_0)]}{dt} = A\omega \cos(\omega t + \theta_0) \quad (4.4)$$

Kecepatan maksimum v_m terjadi ketika nilai $\cos(\omega t + \theta_0) = 1$.

Dengan demikian, kecepatan maksimum getaran harmonis sederhana dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$v_m = A\omega \quad (4.5)$$

Dari kecepatan maksimum tersebut, rumus kecepatan dapat ditulis menjadi:

$$v = v_m \cos(\omega t + \theta_0) \quad (4.6)$$

Hubungan antara kecepatan, amplitudo, dan simpangan pada getaran harmonis sederhana adalah sebagai berikut:

$$v = \omega \sqrt{A^2 - y^2} \quad (4.7)$$

3) Percepatan Getaran Harmonis Sederhana

Percepatan sesaat merupakan turunan dari fungsi kecepatan. Dengan demikian, percepatan getaran harmonis sederhana dirumuskan sebagai berikut:

$$a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d[A\omega \cos(\omega t + \theta_0)]}{dt} \quad (4.8)$$

$$a_y = -A\omega^2 \sin(\omega t + \theta_0) = -\omega^2 y \quad (4.9)$$

Tanda negatif menunjukkan bahwa arah percepatan selalu berlawanan dengan arah simpangan. Percepatan maksimum getaran harmonis sederhana terjadi ketika nilai $\sin(\omega t + \theta_0) = 1$. Dengan demikian, percepatan maksimum getaran harmonis sederhana dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$a_m = -A\omega^2 \quad (4.10)$$

4) Energi Getaran Harmonis sederhana

Benda yang bergerak, memiliki energi potensial dan energi kinetik. Energi hasil penjumlahan dari kedua energi ini disebut energi mekanik. Berikut persamaan energi getaran harmonis pada titik setimbang dan pada titik balik disajikan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Energi Getaran Harmonis Sederhana pada Titik Setimbang dan Titik Balik

No	Energi	Titik Setimbang $y = 0$	Titik balik $y = 0$
1	Energi Kinetik	$\frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = \frac{1}{2}kA^2$ (maksimum)	0 (minimum)
2	Energi Potensial	0 (minimum)	$\frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = \frac{1}{2}kA^2$ (maksimum)
3	Energi Mekanik	$\frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = \frac{1}{2}kA^2$ (maksimum)	$\frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = \frac{1}{2}kA^2$ (maksimum)

(Sumber: Abdullah, 2016)

e. Pemetaan Materi Penelitian

Pada penelitian ini menyajikan materi gerak harmonik sederhana pada KD 3.11 yaitu menganalisis hubungan antara gaya dan getaran dalam kehidupan sehari-hari dan KD 4.11 yaitu melakukan percobaan getaran harmonis pada ayunan sederhana dan/atau getaran pegas berikut presentasi hasil percobaan serta makna fisisnya. Adapun pemetaan materi penelitian terhadap langkah-langkah model *Project Based Learning* terintegrasi STEM dengan keterampilan proses sains peserta didik dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Pemetaan Materi Penelitian

No.	Sintak PjBL STEM	Indikator Getaran Harmonis Sederhana	Keterampilan Proses Sains
(1)	(2)	(3)	(4)
1.	<p data-bbox="491 439 743 651">Reflection Peserta didik diberi masalah (diberikan tayangan video dan PPT) untuk diobservasi</p> <p data-bbox="491 689 743 1088">Masalah yang diberikan diobservasi berdasarkan pengetahuan yang sudah diketahui dan yang perlu diketahui sehingga dapat memunculkan pertanyaan peserta didik dan merumuskan hipotesis</p>	<p data-bbox="775 439 1015 633">3.11.1 Menjelaskan pengertian getaran harmonis serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1046 439 1334 633">• Mengobservasi Menggunakan sebanyak mungkin indera untuk mengamati masalah yang diberikan <li data-bbox="1046 678 1334 873">• Memprediksi Menggunakan pola-pola pengamatan dengan menghubungkan apa yang sudah diketahui <li data-bbox="1046 918 1334 1245">• Merumuskan hipotesis Mengetahui adanya kemungkinan penjelasan dari suatu kejadian yang mendorong peserta didik untuk memperoleh banyak informasi
2.	<p data-bbox="491 1252 743 1738">Research Peserta didik mengumpulkan informasi dari berbagai sumber belajar (guru, buku, e-LKPD, modul, internet, dll) untuk menggiring peserta didik menemukan acuan dalam membangun konsep sebagai bahan untuk merancang proyek</p>	<p data-bbox="775 1252 1015 1487">3.11.2 Memahami makna simpangan, periode dan frekuensi serta gaya pemulih pada ayunan bandul dan pegas</p> <p data-bbox="775 1525 1015 1720">3.11.3 Menentukan besarnya simpangan, periode dan frekuensi serta gaya pemulih pada bandul dan pegas</p> <p data-bbox="775 1742 1015 1935">3.11.4 Menganalisis hubungan antara gaya dan getaran pada fenomena ayunan bandul sederhana dan pegas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="1046 1252 1334 1352">• Mengobservasi Mengumpulkan fakta yang relevan <li data-bbox="1046 1391 1334 1554">• Memprediksi Mengemukakan apa yang mungkin terjadi pada keadaan yang belum diamati <li data-bbox="1046 1592 1334 1895">• Merumuskan hipotesis Menyadari bahwa suatu penjelasan perlu diuji kebenarannya dengan memperoleh lebih banyak bukti atau eksperimen untuk pemecahan masalah

Tabel 2.5 (lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)
		3.11.5 Menganalisis kecepatan, percepatan, dan energi mekanik pada ayunan bandul dan pegas	
3.	<p>Discovery</p> <p>Peserta didik berdiskusi secara berkelompok berpanduan LKPD elektronik untuk merancang sebuah proyek untuk membuat produk</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik menentukan alat dan bahan serta merancang desain produk sebagai solusi dari masalah yang diberikan 	4.11.1 Merancang proyek eksperimen getaran harmonis pada ayunan bandul sederhana	<ul style="list-style-type: none"> • Mengobservasi Menggunakan sebanyak mungkin indera untuk merancang sebuah proyek berdasarkan fakta yang relevan • Memprediksi Mengemukakan kemungkinan yang terjadi pada keadaan yang akan diamati • Merumuskan hipotesis Merumuskan dugaan sementara yang disimpulkan dari landasan teori dan harus diuji lagi kebenarannya dengan melakukan sebuah proyek percobaan • Merancang percobaan Menentukan alat dan bahan yang akan digunakan, variabel penentu, variabel yang diukur, diamati dan dicatat, serta langkah-langkah kerja proyek
4	<p>Application</p> <p>Peserta didik membuat produk dengan menggunakan alat dan bahan berdasarkan rancangan proyek yang telah dibuat</p>	3.11.6 Membuktikan hubungan gaya dan getaran pada ayunan bandul sederhana dan pegas	<ul style="list-style-type: none"> • Mengobservasi Menggunakan sebanyak mungkin indera untuk melakukan proyek membuat produk dan melakukan eksperimen

Tabel 2.5 (lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)
	<p>kemudian diuji coba rancangan produknya</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik melakukan eksperimen untuk uji coba produk dan mengumpulkan data untuk membuktikan 	<p>4.11.2 Membuat produk bandul sederhana untuk eksperimen getaran harmonis pada ayunan bandul sederhana</p> <p>4.11.3 Melakukan eksperimen getaran harmonis pada ayunan bandul</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Memprediksi Menggunakan pola-pola hasil pengamatan untuk mengemukakan kemungkinan yang terjadi terhadap keadaan yang belum diamati atau fenomena sehari-hari • Menggunakan alat dan bahan Mengetahui alasan menggunakan alat dan bahan serta mengetahui bagaimana menggunakan alat dan bahan dalam melakukan proyek dan eksperimen • Menerapkan konsep Menerapkan konsep yang telah dipelajari ke dalam proyek dan menggunakan konsep untuk menjelaskan apa yang sedang terjadi serta menjawab hipotesis • Mengomunikasikan Menggambarkan data empiris hasil percobaan atau pengamatan ke dalam grafik/tabel/diagram, menyusun laporan secara matematis, dan dapat membaca grafik, tabel, atau diagram

Tabel 2.5 (lanjutan)

(1)	(2)	(3)	(4)
5	Communication Peserta didik mempresentasikan hasil proyek yang telah diuji coba serta dapat saling memberi pertanyaan atau menyampaikan gagasan yang dipahami	4.11.4 Mempresentasikan hasil proyek eksperimen getaran harmonis pada ayunan bandul sederhana	• Mengomunikasikan Menyusun dan mempresentasikan laporan secara matematis, dan menjelaskan hasil percobaan

(Sumber: Kemendikbud, 2014)

2.2 Penelitian yang Relevan

Berdasarkan eksplorasi peneliti, ditemukan beberapa penelitian yang relevan dengan penelitian ini yang dijelaskan dalam Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Penelitian Relevan

No	Nama/Tahun/ Jurnal	Judul	Hasil Penelitian
(1)	(2)	(3)	(4)
1.	Jatmika dkk/2020/JPF K	Integrasi <i>Project Based Learning</i> dalam <i>Science Technology Engineering and Mathematics</i> untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dalam Pembelajaran Fisika	Pembelajaran fisika materi usaha dan energi dengan menggunakan model pembelajaran PjBL terintegrasi STEM mampu meningkatkan KPS peserta didik SMA. Peningkatan KPS peserta didik terjadi disemua indikator yang diujikan dalam penelitian ini yaitu keterampilan mengajukan pertanyaan, merumuskan hipotesis, merencanakan percobaan, menafsirkan, dan mengomunikasikan.
2.	Bhakti <i>et al.</i> , /2020/ <i>Journal of Physics</i>	<i>Integrated STEM Project Based Learning Implementation to Improve Student Science Process Skills</i>	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peserta didik memiliki semua indikator KPS yang termasuk dalam

(1)	(2)	(3)	(4)
			kategori baik (rata-rata nilai 79,33). Peserta didik memberikan respon positif, karena merasa lebih memahami, dan meningkatkan motivasi dan minat belajar.
3.	Fitriyani dkk/2018/ <i>Indonesian Journal of Science of Science and Mathematic Education</i>	<i>Project Based Learning: Pengaruhnya terhadap Keterampilan Proses Sains Peserta Didik di Tanggamus</i>	Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa project based learning (PjBL) memiliki pengaruh terhadap keterampilan proses sains peserta didik pada materi gerak lurus.
4.	Kurniasih, Titin/2022/Jurnal ilmiah Pendidikan Fisika	<i>Implementation of Electronic Student Worksheets with the Project-Based Learning (PjBL) model to Improve Motivation and Learning Outcomes</i>	Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penerapan LKPD elektronik dengan PjBL berbasis fisika dan kimia dalam pembelajaran online di kelas VII E SMP Negeri 14 Banjarmasin tahun pelajaran 2020/2021 dapat meningkatkan motivasi belajar dan hasil belajar siswa.

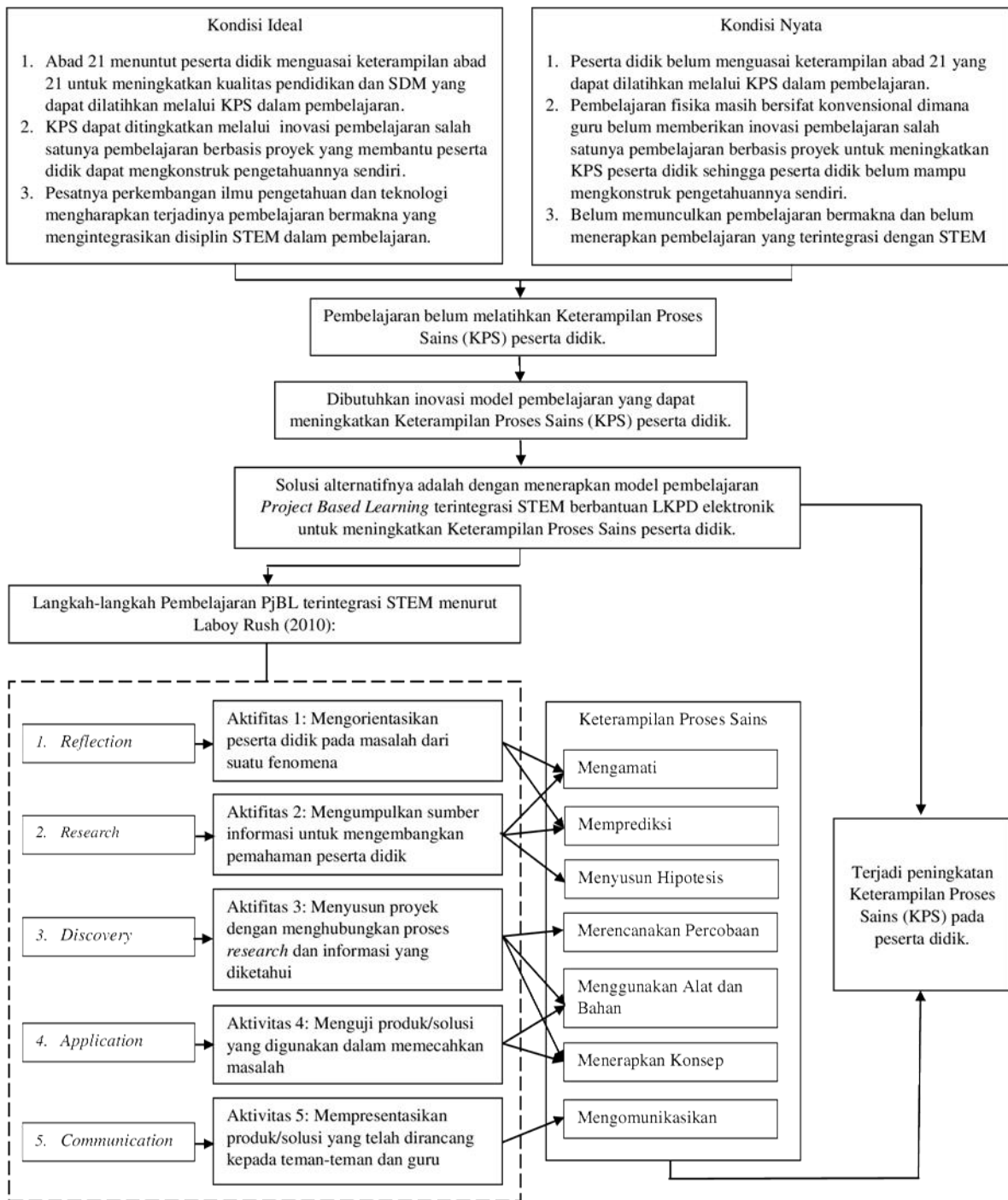
2.3 Kerangka Pemikiran

Pembelajaran abad 21 menuntut peserta didik dapat menguasai keterampilan abad 21 untuk meningkatkan kualitas pendidikan dan SDM yang dapat dilatihkan melalui KPS dalam pembelajaran. KPS dapat ditingkatkan melalui inovasi pembelajaran salah satunya yaitu pembelajaran berbasis proyek yang dapat menstimulus peserta didik mengalami pembelajaran bermakna dan meningkatkan KPS. Selain itu, pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan mengharuskan terjadinya pembelajaran bermakna yang mengintegrasikan STEM dalam pembelajaran. Penerapan PjBL STEM membutuhkan LKPD elektronik sebagai bahan ajar pendukung yang tepat dari hasil implementasi pengintegrasian STEM ke dalam PjBL sebagai panduan belajar peserta didik untuk melakukan kegiatan proyek.

Namun, berdasarkan fakta dari pembelajaran fisika yang dilakukan di SMA Negeri 1 Bumi Agung, peserta didik belum menguasai keterampilan abad 21 yang dapat dilatihkan melalui KPS dalam pembelajaran. Guru belum

memberikan inovasi pembelajaran salah satunya penerapan berbasis proyek untuk meningkatkan KPS peserta didik. Pembelajaran juga belum menerapkan pembelajaran yang terintegrasi STEM. Sehingga, dibutuhkan inovasi pembelajaran yang dapat meningkatkan KPS peserta didik. Salah satu model pembelajaran yang dianggap efektif dalam meningkatkan KPS peserta didik yaitu *Project Based Learning* (PjBL) terintegrasi STEM berbantuan LKPD elektronik.

Penerapan PjBL mendorong peserta didik untuk dapat bereksplorasi dalam merencanakan dan melaksanakan pembelajaran secara kolaboratif dengan menghasilkan suatu produk sebagai solusi yang diberikan. Selaras dengan pendekatan STEM yang menghasilkan produk akhir sebagai solusinya, pembelajaran PjBL dengan mengintegrasikan STEM membantu peserta didik memahami sebuah konsep dan bereksplorasi melalui sebuah kegiatan proyek, sehingga peserta didik terlibat aktif dalam prosesnya, dapat mengkonstruksi pengetahuannya secara mandiri maupun berkelompok dan hasil akhir yang diharapkan adalah dapat meningkatkan KPS peserta didik. Adapun bagan kerangka pemikiran dapat digambarkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Bagan Kerangka Pemikiran

2.4 Anggapan Dasar

Anggapan dasar berdasarkan kerangka teoritis dan kerangka pemikiran di atas adalah sebagai berikut:

1. Kemampuan awal peserta didik kelas eksperimen dan kelas kontrol tentang KPS dianggap sama.
2. Materi yang diberikan sama yaitu materi getaran harmonis sederhana.
3. Faktor faktor diluar penelitian diabaikan.

2.5 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka teoritis dan kerangka pemikiran di atas, maka hipotesis pada penelitian ini adalah: Terdapat pengaruh model *Project Based Learning* terintegrasi STEM berbantuan LKPD elektronik terhadap keterampilan proses sains peserta didik pada materi getaran harmonis sederhana.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian yaitu *Experimental Design* dengan desain penelitian *Non-Equivalent Control Group Design* yang menggunakan dua kelas terpilih berdasarkan kriteria tertentu (tidak acak). Adapun sampel pada penelitian ini menggunakan dua kelas yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol dari SMA N 1 Bumi Agung. Tabel 3.1 menunjukkan desain penelitian *Non-Equivalent Control Group Design*.

Tabel 3.1 Desain Penelitian *Non-Equivalent Control Group*

Kelas	Pretest	Perlakuan	Posttest
Eksperimen	O ₁	X ₁	O ₂
Kontrol	O ₃	X ₂	O ₄

(Sumber : Sugiyono, 2015)

Keterangan:

O₁ : *pretest* kelas eksperimen

O₂ : *posttest* kelas eksperimen

O₃ : *pretest* kelas kontrol

O₄ : *posttest* kelas kontrol

X₁ : penerapan model PjBL terintegrasi STEM berbantuan LKPD Elektronik

X₂ : penerapan model *Discovery Learning*

Sebelum dilakukan proses pembelajaran, diberikan *pretest* kepada peserta didik untuk melihat KPS yang dimiliki peserta didik. Kemudian peserta didik diberi *treatment* atau perlakuan menggunakan model PjBL terintegrasi STEM

berbantuan LKPD Elektronik pada kelas eksperimen dan model *Discovery Learning* pada kelas kontrol. Setelah diberi perlakuan, peserta didik diberi *posttest*. Data hasil *pretest-posttest* ini digunakan untuk mengetahui pengaruh model PjBL terintegrasi STEM terhadap KPS peserta didik.

3.2 Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi pada penelitian ini adalah semua kelas X MIPA di SMA Negeri 1 Bumi Agung Way Kanan Tahun Ajaran 2022/2023 yang berjumlah 4 kelas. Sampel pada penelitian ini menggunakan dua kelas yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol. Pemilihan kelas sampel menggunakan teknik *Purposive Sampling*, dimana kedua kelas yang dijadikan sampel dipilih berdasarkan pertimbangan tertentu. Pertimbangan tersebut berdasarkan penggunaan *smartphone* dalam pembelajaran, minat belajar fisika peserta didik lebih tinggi dan memiliki tingkat keterampilan proses sains yang relatif sama. Adapun sampel penelitian yang digunakan adalah kelas X MIPA 3 sebagai kelas kontrol dan X MIPA 4 sebagai kelas eksperimen.

3.3 Variabel Penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua variabel penelitian yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas (X) merupakan variabel yang menjadi sebab adanya pengaruh timbulnya variabel terikat (Y). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model *Project Based Learning* terintegrasi STEM berbantuan LKPD elektronik, sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini adalah KPS peserta didik.

3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan 3 tahap mulai dari tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap akhir. Berikut ini adalah penjelasan setiap tahap.

3.4.1 Tahap Persiapan

Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan studi pendahuluan melalui kegiatan survei dengan menyebar angket, mengobservasi kegiatan pembelajaran fisika di dalam kelas serta melakukan wawancara dengan guru fisika;
- b. Menentukan kelas sampel dan waktu pelaksanaan penelitian;
- c. Membuat dan menyusun perangkat pembelajaran dan instrumen penelitian.

3.4.2 Tahap Pelaksanaan

Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut:

- a. Memberikan *pretest* menggunakan instrumen tes kepada kedua kelas.
- b. Memberikan perlakuan pada kelas eksperimen dan kelas kontrol yaitu dengan menerapkan model PjBL terintegrasi STEM berbantuan LKPD elektronik pada kelas eksperimen dan menerapkan model *Discovery Learning* pada kelas kontrol.

Adapun skenario pembelajaran model PjBL terintegrasi STEM dengan model *Discovery Learning* dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Skenario Pembelajaran Model PjBL STEM dan *Discovery Learning*

Sintak <i>Discovery Learning</i> (Kelas Kontrol)	Sintak <i>Project Based Learning</i> (Kelas Eksperimen)
(1)	(2)
<p>Stimulation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diberi stimulasi untuk menyediakan kondisi interaksi belajar belajar yang dapat mengembangkan peserta didik dalam mengobservasi bahan sehingga timbul keinginan untuk menyelidiki sendiri • Langkah-langkahnya berupa mengajukan pertanyaan, 	<p>Reflection</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik mengobservasi masalah menggunakan sebanyak mungkin indera dan mengaitkannya dengan pengetahuan yang sudah diketahuinya untuk mengidentifikasi masalah menggunakan video yang ditayangkan di layar proyektor dan dapat diakses melalui <i>e-LKPD</i> • Peserta didik memprediksi pola-pola

Tabel 3.2 (lanjutan)

(1)	(2)
<p>memprediksi, membaca buku, dan aktivitas lainnya yang mengarah pada persiapan pemecahan masalah.</p> <hr/> <p>Problem Statement</p> <ul style="list-style-type: none"> Mengidentifikasi masalah-masalah yang relevan dengan topik pembelajaran yang selanjutnya harus dirumuskan dalam bentuk pertanyaan atau hipotesis 	<p>pengamatan berdasarkan pengetahuan yang sudah diketahuinya dan mencari tahu apa yang belum dan yang harus diketahui untuk memecahkan masalah berdasarkan masalah atau pertanyaan yang diberikan oleh guru.</p> <ul style="list-style-type: none"> Masalah yang diberikan mendorong peserta didik bertanya dan merumuskan hipotesis untuk segera melakukan penyelidikan.
<p>Data Collection</p> <ul style="list-style-type: none"> Peserta didik menjawab pertanyaan atau membuktikan benar tidaknya hipotesis dengan mengumpulkan data atau informasi yang relevan baik dengan membaca literatur, mengobservasi objek, ataupun melakukan uji coba dengan menggunakan alat dan bahan dan sebagainya. 	<p>Research</p> <ul style="list-style-type: none"> Peserta didik menggali konsep, teori, dan hukum dengan mengobservasi dari berbagai sumber yang relevan sehingga dapat dijadikan acuan untuk memecahkan masalah, membangun konsep pengetahuan dengan memprediksi apa yang mungkin terjadi terhadap suatu fenomena melalui demonstrasi <i>virtual lab</i>, menentukan hasil dari demonstrasi menggunakan perhitungan matematis. <hr/> <p>Discovery</p> <ul style="list-style-type: none"> Peserta didik mengobservasi dan memprediksi suatu masalah melalui <i>e-LKPD</i> yang kemudian menjadi acuan dalam merancang sebuah proyek <i>engineering</i> untuk membuat produk, menentukan alat dan bahan, merancang desain produk sebagai solusi dari masalah yang diberikan serta menerapkan disiplin <i>mathematic</i> dalam menentukan ukuran rancangan
<p>Data Processing</p> <ul style="list-style-type: none"> Peserta didik mengolah data dan informasi yang didapat kemudian diolah, diklasifikasikan, ditabulasi, bahkan perlu dihitung dengan cara tertentu ditafsirkan. 	<p>Application</p> <ul style="list-style-type: none"> Peserta didik mengaplikasikan rancangan teknik rekayasa yang dibuat secara langsung, membuat, menggunakan alat dan bahan, dan menguji hasil uji coba produk. Peserta didik melakukan eksperimen untuk uji coba produk dan mengumpulkan data untuk Membuktikan hipotesis

Tabel 3.2 (lanjutan)

(1)	(2)
<p>Verification</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik melakukan pemeriksaan secara cermat untuk membuktikan benar atau tidaknya hipotesis yang ditetapkan dengan hasil pengolahan data. • Peserta didik diberi kesempatan untuk menemukan suatu konsep, teori, aturan melalui contoh-contoh yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. 	<p>Application</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik menganalisis data yang diperoleh dari hasil eksperimen yang digunakan untuk membuktikan konsep berdasarkan menerapkan konsep yang telah dipelajari dengan melakukan perhitungan matematis, menghubungkan dengan teori yang ada dan membuktikan hipotesis
<p>Generalization</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik mengomunikasikan dan menarik sebuah kesimpulan berdasarkan hasil verifikasi yang dapat dijadikan prinsip umum dan berlaku untuk semua kejadian atau masalah yang sama. 	<p>Communication</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peserta didik mengomunikasikan hasil percobaan dan teknik rekayasa ke dalam bentuk laporan, membuat kesimpulan, dan mempresentasikan hasil proyek yang telah diuji coba di depan teman-teman dan guru. • Peserta didik dapat saling memberi pertanyaan atau menyampaikan gagasan berdasarkan pemahaman konsep yang dimiliki dan memberi kesimpulan terhadap konsep, teori, maupun penerapannya dalam kehidupan sehari-hari

- c. Melakukan observasi menggunakan instrumen non test berupa lembar observasi keterampilan proses sains yang dilakukan oleh observer selama proses pembelajaran.
- d. Memberikan *posttest* menggunakan instrumen tes pada kedua kelas untuk mengetahui KPS peserta didik setelah diberikan perlakuan.

3.4.3 Tahap Akhir

Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengolah data hasil *pretest* dan *posttest* dan instrumen non tes KPS;
- b. Membandingkan hasil analisis data instrumen tes antara sebelum diberikan perlakuan dan setelah diberi perlakuan;

- c. Memberikan kesimpulan berdasarkan hasil yang diperoleh dari langkah-langkah menganalisis data kemudian digunakan untuk menyusun laporan penelitian.

3.5 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perangkat Pembelajaran

Perangkat pembelajaran yang digunakan yaitu Silabus, Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), dan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (*E-LKPD*). Perangkat pembelajaran tersebut dibuat berdasarkan sintaks model PjBL terintegrasi STEM yang digunakan sebagai acuan.

2. Instrumen Tes Keterampilan Proses Sains (KPS)

Instrumen tes KPS berupa soal *pretest* dan *posttest* dengan materi getaran harmonis sederhana yang terintegrasi dengan indikator KPS yaitu mengobservasi, memprediksi, merumuskan hipotesis, merancang percobaan, menggunakan alat dan bahan, menerapkan konsep, dan mengomunikasikan untuk menilai KPS peserta didik.

3. Instrumen Non Tes Keterampilan Proses Sains (KPS)

Instrumen non tes KPS berupa lembar observasi dan rubrik penilaian berdasarkan indikator dan sub-indikator KPS peserta didik yang diamati selama proses belajar mengajar.

3.6 Analisis Instrumen

Sebelum instrumen digunakan dalam sampel, instrumen harus diuji terlebih dahulu menggunakan uji validitas dan uji reliabilitas dengan menggunakan bantuan program *IBM SPSS Statistics 26.0*.

3.6.1 Uji Validitas

Uji validitas merupakan uji yang dilakukan untuk melihat valid atau tidaknya instrumen yang akan digunakan. Valid yang artinya instrument tersebut dapat digunakan untuk mengukur apa yang diinginkan. Instrumen dikatakan valid jika hasilnya sesuai dengan kriteria. Berikut persamaan untuk menguji validitas instrumen.

$$r_{xy} = \frac{N (\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{\sqrt{\{(N \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2\} \{(N \Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2\}}}$$

Keterangan:

- r_{xy} : koefisien korelasi yang menyatakan validitas
 X : skor yang diperoleh dari seluruh item
 Y : skor total yang diperoleh dari seluruh item
 ΣX : jumlah skor pertanyaan
 ΣY : jumlah skor total
 N : jumlah responden

(Noor, 2012)

Kriteria pengujian instrumen yaitu sebagai berikut:

- $r_{hitung} \geq r_{tabel}$ taraf signifikan ($\alpha = 0,05$) maka instrumen tersebut valid.
- $r_{hitung} < r_{tabel}$ maka instrumen tersebut tidak valid.

3.6.2 Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas merupakan uji yang dilakukan untuk melihat reliabel atau tidaknya instrumen yang akan digunakan. Reliabilitas menguji ketepatan dan konsistensi hasil pengukuran tes relatif sama. Instrumen yang reliabel adalah instrumen yang apabila digunakan beberapa kali untuk mengukur objek yang sama, akan menghasilkan data yang sama. Untuk mencari reliabilitas instrumen dapat menggunakan persamaan *alpha cronbach*, yaitu sebagai berikut:

$$r_{11} = \left(\frac{n}{(n-1)} \right) \left(1 - \frac{\sum \delta_i^2}{\delta_i^2} \right)$$

Keterangan:

r_{11} : reliabilitas instrumen

n : jumlah butir soal

$\frac{\sum \delta_i^2}{\delta_i^2}$: jumlah varians skor tiap butir

δ_i^2 : varians total

Uji reliabilitas merupakan indeks yang menunjukkan sejauh mana pengukuran dapat dipercaya atau diandalkan. Interpretasi reliabilitas dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kriteria Interpretasi Reliabilitas

Nilai r_{xy}	Interpretasi Reliabilitas
$0,80 < r_{11} \leq 1,00$	Sangat tinggi
$0,60 < r_{11} \leq 0,80$	Tinggi
$0,40 < r_{11} \leq 0,60$	Sedang
$0,20 < r_{11} \leq 0,40$	Rendah
$0,00 < r_{11} \leq 0,20$	Sangat rendah

(Sumber : Arikunto, 2010)

3.7 Data dan Teknik Pengumpulan Data

3.7.1 Data Penelitian

Pada penelitian ini, menggunakan data kuantitatif dan kualitatif, yaitu data yang diperoleh dari hasil tes KPS peserta didik sebelum dan setelah mengikuti pembelajaran, data angket studi pendahuluan peserta didik, dan data hasil observasi KPS.

3.7.2 Teknik Pengumpulan Data

a. Teknik Non Tes

Data non tes terdiri dari data hasil wawancara dan angket untuk studi pendahuluan peserta didik dan lembar observasi KPS untuk mengukur

KPS peserta didik dalam pembelajaran. Adapun pengumpulan data hasil wawancara menggunakan teknik wawancara terbimbing, dimana peneliti sudah menyiapkan daftar pertanyaan sebelumnya. Data angket studi pendahuluan peserta didik dilakukan dengan menyebar angket kepada peserta didik dan data hasil lembar observasi KPS diperoleh dari penilaian observer selama pembelajaran .

b. Teknik Tes

Teknik pengumpulan data KPS peserta didik dilakukan dengan menggunakan tes tertulis berupa *pretest-posttest* yang berbentuk uraian. Tes KPS peserta didik yang digunakan untuk pengumpulan data telah terintegrasi dengan materi getaran harmonis sederhana. Adapun cara perhitungan nilai akhir dari pengumpulan data tes KPS yaitu:

$$\text{nilai akhir} = \frac{\text{skor yang diperoleh}}{\text{skor maksimum}} \times 100$$

(Purwanto, 2006)

3.8 Teknik Analisis Data

3.8.1 Analisis Data Kualitatif

Data instrumen non tes dalam penelitian ini berupa angket dan lembar observasi KPS peserta didik terhadap model PjBL terintegrasi STEM berbantuan LKPD elektronik. Hasil angket studi pendahuluan peserta didik dianalisis menggunakan skala *Likert* 1-4 dengan kriteria Selalu (SL), Sering (S), Kadang-Kadang (KK), dan Tidak Pernah, sedangkan hasil lembar observasi menggunakan skala *Likert* 1-4 dengan kriteria Sangat Baik (SB), Baik (B), Cukup (C), dan Kurang (K).

Besar persentase penilaian digunakan untuk mengetahui besarnya peningkatan KPS peserta didik pada tiap indikator. Adapun cara

perhitungannya adalah dengan menjumlahkan seluruh soal pada tiap indikator kemudian dibagi dengan skor total lalu dikalikan dengan 100.

$$\text{Skor indikator} = \frac{\text{Skor yang didapat pada indikator}}{\text{Skor total pada indikator}} \times 100 \%$$

Kriteria interpretasi skor dapat dilihat pada Tabel 3.4 untuk mengetahui seberapa baik KPS peserta didik pada tiap indikatornya.

Tabel 3.4 Kriteria Interpretasi Skor

Persentase Kriteria	Interpretasi
0% - 20%	Sangat tidak baik
21% - 40%	Tidak baik
41% - 60%	Cukup baik
61% - 80%	Baik
81% - 100%	Sangat baik

(Sumber: Riduwan, 2015)

3.8.2 Analisis Data Kuantitatif

Analisis data kuantitatif diperlukan untuk menentukan pilihan analisis statistik lebih lanjut atau sebagai prasyarat analisis statistik. Analisis data yang dilakukan meliputi uji normalitas dan uji homogenitas. Apabila data berdistribusi normal dan homogen, maka dapat menggunakan analisis statistik parametrik, namun apabila data tidak berdistribusi normal dan/atau tidak homogen, maka digunakan analisis nonparametrik (Suyatna, 2017).

a. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui suatu sampel penelitian berdistribusi secara normal atau sebaliknya. Untuk melakukan uji normalitas data, dapat menggunakan uji *one sample Kolmogorov-Smirnov*. Hipotesis untuk uji distribusi normal sebagai berikut:

- 1) Jika H_0 = Data terdistribusi secara normal
- 2) Jika H_1 = Data tidak terdistribusi secara normal

Dasar dari pengambilan keputusan uji normalitas berdasarkan kriteria uji distribusi normal sebagai berikut:

- 1) Nilai Sig. atau nilai probabilitas $< 0,05$ maka H_0 ditolak.
- 2) Nilai Sig. atau nilai probabilitas $\geq 0,05$ maka H_0 diterima.

b. Uji Homogenitas

Uji homogenitas adalah pengujian untuk mengetahui data KPS peserta didik pada kedua sampel memiliki varians yang homogen atau tidak.

Berikut ini rumusan hipotesis untuk uji ini adalah:

- 1) Jika $H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2$
- 2) Jika $H_1 = \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

Keterangan:

- 1) σ_1^2 = Variansi *gain* skor KPS peserta didik pada perlakuan eksperimen
- 2) σ_2^2 = variansi *gain* skor KPS peserta didik pada perlakuan kontrol

Uji hipotesisnya menggunakan rumus sebagai berikut:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

Keterangan:

- S_1^2 = varians terbesar
- S_2^2 = varians terkecil

Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ data disebut homogen, namun jika data $F_{hitung} > F_{tabel}$ data dikatakan tidak homogen. Data yang homogen selanjutnya dilakukan uji hipotesis statistik parametrik, apabila tidak homogen, maka dapat dilakukan uji hipotesis non parametrik (Suyatna, 2017).

3.9 Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis merupakan uji lanjutan berdasarkan hasil uji prasyarat yang telah dilakukan. Apabila data berdistribusi normal dan homogen, maka

dapat menggunakan analisis statistik parametrik berupa uji *Independent Sample T-test*, namun apabila data tidak berdistribusi normal dan/atau tidak homogen, maka digunakan analisis nonparametrik berupa uji *Wilcoxon*, uji *N-gain* tiap indikator, dan uji *Mann-Whitney*. Sedangkan untuk mengukur besarnya pengaruh model PJBL terintegrasi STEM berbantuan LKPD elektronik dapat menggunakan uji *Effect Size*.

3.9.1 Uji *Wilcoxon*

Uji *Wilcoxon* merupakan uji statistik non parametrik untuk data yang tidak berdistribusi normal atau tidak homogen. Uji *Wilcoxon* digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan antara dua kelompok sampel yang berhubungan (Suyanto dan Gio, 2017).

a. Rumusan Hipotesis

- 1) H_0 : Tidak terdapat perbedaan rata-rata nilai *pretest* dengan rata-rata nilai *posttest* keterampilan proses sains peserta didik secara signifikan setelah diberi perlakuan.
- 2) H_1 : Terdapat perbedaan rata-rata nilai *pretest* dengan rata-rata nilai *posttest* keterampilan proses sains peserta didik secara signifikan setelah diberi perlakuan.

b. Pengambilan keputusan

- 1) Jika nilai $\text{sig} < 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.
- 2) Jika nilai $\text{sig} \geq 0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.

3.9.2 Uji *N-gain*

Uji *N-gain* dilakukan untuk menganalisis peningkatan tes KPS peserta didik untuk mengetahui efektivitas penggunaan model PJBL terintegrasi STEM berbantuan LKPD elektronik terhadap keterampilan proses sains peserta didik berdasarkan nilai *pretest* dan *posttest*. Adapun persamaan *N-gain* yang dapat digunakan untuk mengetahui peningkatan nilai *pretest* dan *posttest* peserta didik yaitu:

$$N - gain (g) = \frac{X_{post} - X_{pre}}{X_{maks} - X_{pre}}$$

Keterangan:

- g : N -gain
 X_{post} : skor *posttest*
 X_{pre} : skor *pretest*
 X_{maks} : skor maksimum

Kriteria interpretasi N -gain dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Kriteria Interpretasi N -gain

N -gain	Klasifikasi
$(g) \geq 0,70$	Tinggi
$0,30 \leq (g) < 0,70$	Sedang
$(g) < 0,30$	Rendah

(Sumber : Meltzer, 2002)

3.9.3 Uji *Mann-Whitney*

Uji *Mann-Whitney* digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan antara dua kelompok sampel yang tidak berhubungan (Suyanto dan Gio, 2017).

a. Rumusan Hipotesis

- 1) H_0 : Tidak terdapat perbedaan rata-rata nilai *posttest* KPS peserta didik secara signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.
- 2) H_1 : Terdapat perbedaan rata-rata nilai *posttest* KPS peserta didik secara signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol.

b. Pengambilan Keputusan

- 1) Jika nilai $\text{sig} < 0,05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima;
- 2) Jika nilai $\text{sig} \geq 0,05$ maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.

3.9.4 Effect Size

Nilai *effect size* menunjukkan seberapa besar pengaruh dari suatu variabel terhadap variabel lainnya dalam sebuah penelitian. Berikut adalah rumus *effect size* menurut Fritz *et al.* (2012).

$$\mu^2 = \frac{Z^2}{N - 1}$$

Keterangan:

μ^2 : *effect size*

Z : Skor standar

N : Jumlah sampel

Adapun hasil perhitungan diinterpretasikan seperti pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Interpretasi *Effect Size*

Nilai <i>Effect Size</i>	Interpretasi
$\mu^2 \geq 0,140$	Besar
$0,06 \leq \mu^2 < 0,140$	Sedang
$0,01 \leq \mu^2 < 0,06$	Kecil

(Sumber: Fritz *et al.*, 2012)

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di SMA Negeri 1 Bumi Agung, semester genap tahun ajaran 2022/2023 pada kelas X MIPA 3 dan X MIPA 4 dapat disimpulkan bahwa penerapan model *Project Based Learning* terintegrasi STEM berbantuan LKPD elektronik memiliki pengaruh yang signifikan terhadap keterampilan proses sains peserta didik. Hasil uji hipotesis *Mann-Whitney* diperoleh nilai *sig.* $0,001 < 0,05$ menunjukkan bahwa terdapat perbedaan peningkatan rata-rata keterampilan proses sains yang signifikan. Hal tersebut didukung oleh nilai rata-rata *N-gain* kelas eksperimen dengan nilai 0,55 yang lebih besar dari kelas kontrol dengan nilai 0,41 dalam kategori sedang dan hasil lembar observasi keterampilan proses sains pada kelas eksperimen dengan persentase indikator sebesar 75% dengan kategori baik lebih besar dari pada kelas kontrol dengan rata-rata persentase indikator sebesar 64% dengan kategori baik. Hal ini menunjukkan bahwa keterampilan proses sains kelas eksperimen lebih meningkat dibandingkan dengan kelas kontrol. Adapun berdasarkan uji *effect size* diperoleh nilai *partial eta square* sebesar 0,199 yang diinterpretasikan dalam kategori besar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan model PJBL terintegrasi STEM berbantuan LKPD elektronik memiliki pengaruh yang besar terhadap keterampilan proses sains peserta didik pada materi getaran harmonis sederhana.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan setelah melakukan penelitian yaitu sebagai berikut.

1. Pembelajaran *Project Based Learning* terintegrasi STEM berbantuan LKPD elektronik efektif digunakan menjadi salah satu alternatif dalam membantu guru untuk proses pembelajaran peserta didik dalam meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik.
2. Kepada peneliti selanjutnya, sebaiknya dapat lebih memahami kekurangan dan kelebihan serta mengantisipasi kekurangan dalam pemilihan aplikasi sebagai media dalam mengimplementasikan teknologi ke dalam LKPD elektronik maupun survey lokasi menyesuaikan kekuatan jaringan supaya dapat menjadi strategi pembelajaran yang lebih efisien dan efektif.
3. Peneliti sebaiknya mempersiapkan dan melakukan pengelolaan kelas dengan baik sesuai dengan karakter peserta didik, supaya peserta didik dapat secara aktif dan kondusif selama pembelajaran maupun diskusi kelompok.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. (2016). *Fisika Dasar I*. Bandung: Institut Teknologi Bandung. 1068 hlm.
- Abidin, Y. (2014). *Desain Sistem Pembelajaran dalam Konteks Kurikulum 2013*. Bandung: PT Refika Aditama. 336 hlm.
- Afandi, Sajidan, Akhyar, M., & Suryani, N. (2019). Development Frameworks of the Indonesian Partnership 21 st -Century Skills Standards for Prospective Science Teachers: A Delphi Study. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(1), 89–100. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i1.11647>.
- Afifah, A. N., Toto, & Yulisma, L. (2019). Model Project Based Learning (PjBL) Terintegrasi STEM untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Aktivitas Belajar Siswa. *Quagga: Jurnal Pendidikan Dan Biologi*, 11(2), 93. <https://doi.org/10.25134/quagga.v11i2.1915>
- Afrizon, R., Ratnawulan, & Fauzi, A. (2012). Peningkatan Perilaku Berkarakter dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas IX MTS N Model padang pada Mata Pelajaran IPA-Fisika Menggunakan Model Problem Based Instruction. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 1(1), 73–78. <https://doi.org/https://doi.org/10.24036/jppf.v1i1.598>
- Ainley, J., Fraillon, J., Schulz, W., & Gebhardt, E. (2016). Conceptualizing and Measuring Computer and Information Literacy in Cross-National Contexts. *Applied Measurement in Education*, 29(4), 291–309. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/08957347.2016.1209205>.
- Aktamis, H., & Ergin, O. (2008). The Effect of Scientific Process Skills Education on Students' Scientific Creativity, Science Attitudes and Academic Achievements. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 9(1), 1–21.
- Andriyani, E. Y., Ernawati, M. D. W., & Malik, A. (2018). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik Berbasis Proyek pada Materi Termokimia di Kelas XI SMA. *Journal of The Indonesian Society of Integrated Chemistry*, 10(1), 9–16. <https://doi.org/10.22437/jisic.v10i1.5306>

- Andriyani, R., Shimizu, K., & Widiyatmoko, A. (2019). The effectiveness of Project-based Learning on students' science process skills: A literature review. *Journal of Physics: Conference Series*. 5th ICMSE2018. 1321(3), 1–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1321/3/032121>. IOP Publishing.
Dikutip dari
https://www.researchgate.net/publication/337284412_The_effectiveness_of_Project-based_Learning_on_students'_science_process_skills_a_literature_review
- Anggraeni, A. H. R. (2017). Analisis Profil Keterampilan Proses Sains Siswa Sekolah Dasar di Kabupaten Sumedang. *Pesona Dasar (Jurnal Pendidikan Dasar Dan Humaniora)*, 5(2), 22–23.
<https://doi.org/https://doi.org/10.24815/pear.v7i2.14753>
- Anwari, I., Yamada, S., Unno, M., Saito, T., Suwarma, I. R., Mutakinati, L., & Kumano, Y. (2015). Implementation of Authentic Learning and Assessment Through STEM Education Approach to Improve Students' Metacognitive Skills. *K-12 STEM Education*, 1(3), 123–136.
<https://doi.org/https://doi.org/10.14456/k12stemed.2015.24>
- Arikunto. (2010). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta. 413 hlm.
- Asmuniv, A. (2015). Pendekatan Terpadu Pendidikan STEM Dalam Upaya Mempersiapkan Sumber Daya Manusia Indonesia yang Memiliki Pengetahuan Pengetahuan Interdisipliner Untuk Menyongsong Kebutuhan Bidang Karir Pekerjaan Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA). *Pusat Pengembangan Dan Pemberdayaan Pendidik Dan Tenaga Kependidikan Bidang Otomotif Dan Elektronika Malang*. Dikutip dari situs
<http://www.vedomalang.com/pp%0Apptkboemlg/index.php/menuuta%0Ama/listrik-electro/1507-asv9%0D>
- Asni, & Novita, D. (2015). Pada Materi Laju Reaksi Implementation of Guided Inquiry Learning Model to Improve Student's Process Skill in Reaction Rates Matter. *UNESA Journal of Chemical Education*, 4(1), 11–17.
<https://doi.org/https://doi.org/10.26740/ujced.v4n1.p%25p>
- Bhakti, Y. B., Astuti, I. A. D., Okyranida, I. Y., Asih, D. A. S., Marhento, G., Leonard, L., & Yusro, A. C. (2020). Integrated STEM Project Based Learning Implementation to Improve Student Science Process Skills. *Journal of Physics: Conference Series*. The 1st International Conference on Educational and Technology (ICETECH). 1464(1), 1–4. Madiun, 8 Agustus 2019: IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1464/1/012016>.
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What Is STEM? A Discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3–11.
<https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x>. Dikutip dari situs

https://www.researchgate.net/publication/264295459_What_is_STEM_A_discussion_about_Conceptions_of_STEM_in_education_and_partnerships

- Bybee, R. W. (2010). What is STEM Education? *Science*, 329(5995), 996.
<https://doi.org/10.1126/science.1194998>. Dikutip dari situs
<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1194998>.
- Chiang, C. L., & Lee, H. (2016). The Effect of Project-Based Learning on Learning Motivation and Problem-Solving Ability of Vocational High School Students. *International Journal of Information and Education Technology*, 6(2), 709–712.
<https://doi.org/https://doi.org/10.7763/IJiet.2016.V6.779>
- Cohen, L., Manion, L., & Marrison, K. (2007). *Research Methods in Education Sixth Edition*. USA: Routledge. 638 hlm.
- Dahar, R. W. (2011). *Teori Teori Belajar dan Pembelajaran*. Jakarta: Erlangga. 178 hlm.
- Depdiknas. (2008). *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta: Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Dewi, A., Tika, & Suwardana. (2019). Komparasi Praktikum Riil dan Praktikum Virtual Terhadap Hasil Belajar Kimia Siswa SMA pada Pembelajaran Larutan Penyangga. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 3(2), 85–93.
- Dugger, W. E. (2010). Evolution of STEM in the U.S. *6th Biennial International Conference on Technology Education Research*, March, 1-8.
<http://www.iteea.org/Resources/PressRoom/AustraliaPaper.pdf>
- Feyzioğlu, B. (2009). An Investigation of the Relationship Between Science Process Skills With Efficient Laboratory Use and Science Achievement in Chemistry Education. *Journal of Turkish Science Education*, 6(3), 114–132.
<http://www.tused.org/index.php/tused/article/view/132>
- Firman, H. (2015). Pendidikan Sains Berbasis STEM: Konsep, Pengembangan, dan Peranan Riset Pascasarjana. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA Dan PKLH*, 22 Agustus, 12(1), 1–17.
<http://dx.doi.org/10.1080/01443410.2015.1044943>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.581>
<https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2547ebf4-bd21-46e8-88e9-f53c1b3b927f/language-en>
<http://europa.eu/>
<http://www.leg.st>
- Fitriyani, L. O., & Anggraini, W. (2018). Project Based Learning: Pengaruhnya Terhadap Keterampilan Proses Sains Peserta Didik di Tanggamus. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 1(3), 243–253.
<https://doi.org/https://doi.org/10.24042/ij sme.v1i3.3599>

- Fortus, D., Krajcik, J., Dershimer, R. C., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Design-Based Science and Real-World Problem-Solving. *International Journal of Science Education*, 27(7), 855–879. <https://doi.org/10.1080/09500690500038165>
- Fritz, C., Morris, P., & Richler, J. (2012). Effect Size Estimates: Current Use, Calculations, and Interpretation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(1), 2–18. <https://doi.org/10.1037/a0024338>
- Gumilar, S. (2016). *Sistem Getaran Pegas*. Fisika Sekolah. Dikutip dari situ <http://www.fisikasekolah.com/2016/12/sistem-getaran-pegas.html>. Diakses tanggal 15 Agustus 2023.
- 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*, 13(5), 1–25. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9526-0>
- Hariningwang, C. N., & Fitrihidajati, H. (2020). Profil Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) Berbasis Praktikum Materi Perubahan Lingkungan dan Daur Ulang Limbah Untuk Melatihkan Keterampilan Proses Sains Terintegrasi. *BIOEDU Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, 9(1), 49–59. <https://doi.org/https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/bioedu>
- Heryanti, A. . (2020). Pembelajaran Berbasis STEM untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Energi dan Keterampilan Berpikir Kreatif Melalui Projek PLTMH. *Jurnal Wahana Pendidikan*, 7(1), 77–84. <https://doi.org/10.25157/wa.v7i1.3241>
- Jatmika, S., Lestari, S., Rahmatullah, R., Pujiyanto, P., & Dwandaru, W. S. B. (2020). Integrasi Project Based Learning dalam Science Technology Engineering and Mathematics untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dalam Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Keilmuan (JPFK)*, 6(2), 107–119. <https://doi.org/10.25273/jpfk.v6i2.8688>
- Jauhariyyah, F. R., Suwono, H., & Ibrohim. (2017). Science, Technology, Engineering and Mathematics Project Based Learning (STEM-PjBL) pada Pembelajaran Sains. *Prosiding Seminar Pendidikan IPA Pascasarjana UM*, 2, 432–436.
- Kemendikbud. (2014). *Materi Pelatihan Implementasi Kurikulum 2013 Tahun 2014*. Jakarta: Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pendidikan Dan Kebudayaan Dan Penjaminan Mutu Pendidikan. 197 hlm.
- Kurniasih, T. (2022). Implementation of Electronic Student Worksheets with the Project-Based Learning (PjBL) model to Improve Motivation and Learning Outcomes. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(1), 147–154.

<https://doi.org/10.20527/jipf.v6i1.4859>

- Laboy-Rush, D. (2010). Integrated STEM Education Through Project-Based Learning. *Learning.Com*, 12. <https://doi.org/10.51272/pmena.42.2020-381>
- Lasauskiene, J., & Rauduvaite, A. (2015). Project-Based Learning at University: Teaching Experiences of Lecturers. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 197, 788–792. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.182>
- Lumbantobing, S. S., Faradiba, F., Prabowo, D. J., Sianturi, M., & Guswantoro, T. (2022). The Effect of Project Based Learning Integrated STEM to Increase Science Process Skill. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 8(2), 299–305. <https://doi.org/10.29303/jpft.v8i2.4439>
- Maghfiroh, N. (2016). Pengaruh Project Based Learning Terhadap Keterampilan Proses Sains, Motivasi Belajar, dan Berpikir Kreatif Siswa Kelas X SMA Negeri Sidoarjo. *Jurnal Pendidikan*, 1(8), 1588–1593. <http://mulok.library.um.ac.id/index3.php/76191.html>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez-González, J. M. (2019). What are We Talking About When We Talk About STEM Education? A Review of Literature. *Science Education*, 103(4), 799–822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- McNutt, M. (2013). Improving Scientific Communication. *Science*, 342(6154), 13. <https://doi.org/https://doi.org/10.1126/science.1246449>. Dikutip dari situs <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1246449>
- Meltzer, D. E. (2002). The Relationship Between Mathematics Preparation and Conceptual Learning Gains in Physics: A Possible “Hidden Variable” in Diagnostic Pretest Scores. *American Journal of Physics*, 70(12), 1259–1268. <https://doi.org/10.1119/1.1514215>
- Mudlofir, A., & Rusydiyah, E. F. (2016). *Desain Pembelajaran Inovatif: Dari Teori ke Praktik*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada. 273 hlm.
- Mulyasa, E. (2010). *Menjadi guru Profesional, Menciptakan Pembelajaran Kreatif dan Menyenangkan*. Bandung: Remaja Rosdakarya. 232 hlm.
- Murnawianto, S., Sarwanto, S., & Rahardjo, S. B. (2017). STEM-Based Science Learning in Junior High School: Potency for Training Students’ Thinking Skill. *Pancaran Pendidikan*, 6(4), 69–80. <https://doi.org/10.25037/pancaran.v6i4.86>
- Nawahdani, A. M., Maison, Kurniawan, D. A., & Melisa, D. (2021). Analisis Model Project Based Learning Terhadap Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Pada Mata Pelajaran Fisika. *Seminar Nasional Matematika Dan Sains FKIP Universitas Wiralodra*, 11 Desember, 348–354.

<https://prosiding.biounwir.ac.id/article/view/185>

- Noor, J. (2012). *Metodologi Penelitian*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group. 290 hlm.
- Nugroho, T. A. T., & Surjono, H. D. (2019). The Effectiveness of Mobile-Based Interactive Learning Multimedia in Science Process Skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(2), 1–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/2/022024>
- Nurdiansah, I., & Makiyah, Y. S. (2021). Efektivitas Modul Hybrid Project Based Learning (H-Pjbl) Berbasis Laboratorium Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 7(2), 104–110. <https://doi.org/10.29303/jpft.v7i2.2750>
- Nurulwati, Herliana, F., Elisa, & Musdar. (2021). The Effectiveness of Project-Based Learning to Increase Science Process Skills in Static Fluids Topic. *AIP Conference Proceedings*, 2320(020037), 5. <https://doi.org/10.1063/5.0037628>
- Porter, B. De, & Hernacki, M. (2002). *Quantum Learning (Membiasakan Belajar Nyaman dan Menyenangkan)*. Bandung: Kaifa. 356 hlm.
- Prastowo, A. (2011). *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta: DIVA Press. 419 hlm.
- Purwaningsih, E., Sari, S. P., & Suryadi, A. (2020). The Effect of STEM-PjBL and Discovery Learning on Improving Student's Problem-Solving Skills of Impulse and Momentum Topic. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(4), 465–476. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i4.26432>
- Purwanto, M. N. (2006). *Ilmu Pendidikan Teoritis dan Praktis*. Yogyakarta: Remaja Rosdakarya. 197 hlm.
- Putri, N. L. P. D., & Astawan, I. G. (2022). E-LKPD Interaktif Dengan Model Project Based Learning Materi Bangun Ruang Kelas V Sekolah Dasar. *Jurnal Pedagogi Dan Pembelajaran*, 5(2), 303–311. <https://doi.org/10.23887/jp2.v5i2.47231>
- Putri, Y. E. E., Lesmono, A. D., & Ismanto, I. (2020). Hasil Belajar Siswa SMA Pada Pembelajaran Fisika Menggunakan Model Problem Based Learning (PBL) Dengan Pendekatan STEM (Science, Technology, Mathematics and Engineering). *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 9(4), 147. <https://doi.org/10.19184/jpf.v9i4.17970>
- Rahmadanty, F., & Wasis. (2020). Analisis Keterampilan Proses Sains Siswa SMA/MA dan Kaitannya dengan Pemahaman Konsep Getaran Harmonik Sederhan. *Inovasi Pendidikan Fisika*, 09(03), 428–438.

<https://doi.org/https://doi.org/10.26740/ipf.v9n3.p428-438>

- Rais, M. (2010). Model project based-learning sebagai upaya meningkatkan prestasi akademik Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Dan Pengajaran*, 43(3), 246–252. <https://doi.org/https://doi.org/10.23887/jppundiksha.v43i3.129>
- Riduwan. (2015). *Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian*. Bandung: Alfabeta. 282 hlm.
- Roberts, A., & Cantu, D. (2012). Applying STEM Instructional Strategies to Design and Technology Curriculum. *Technology Education in the 21st Century*. *Technology Education in the 21st Century*, 73, 111–118.
- Rochmadona, A. D., & Nurita, T. (2021). Penerapan Model Discovery Learning Pada Pembelajaran Daring Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa di SMP Negeri 1 Sidoarjo. *Pensa E-Jurnal : PENDIDIKAN SAINS*, 9(3), 266–271. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/pensa>
- Roslina, Samsudin, A., & Liliawati, W. (2022). Effectiveness of Project Based Learning Integrated STEM in Physics Education (STEM-PjBL). *Phenomenon*, 12(1), 120–139. <https://doi.org/10.21580/phen.2022.12.1.11722>
- Rosyidah, N. D., Kusairi, S., & Taufiq, A. (2021). Kemampuan Berpikir Kritis Siswa melalui Model STEM PjBL disertai Penilaian Otentik pada Materi Fluida Statis. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 5(10), 1422. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v5i10.14107>
- Rustaman, N. Y. (2005). *Strategi Belajar Mengajar Biologi*. Malang: Universitas Negeri Malang. 229 hlm.
- Saleh, S. Y., Muhiddin, N. ., & Rusli, M. . (2020). Studi Keterampilan Proses Sains (KPS) Peserta Didik Kelas VIII SMP Negeri 12 Makassar. *Jurnal IPA Terpadu*, 3(2), 75–86. <https://doi.org/https://doi.org/10.35580/ipaterpadu.v3i2.11294>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *Skin Research*, 41(1), 49–52.
- Septikasari, R., & Fransandy, R. N. (2018). Keterampilan 4C Abad 21 dalam Pembelajaran. *Jurnal Tarbiyah Al-Awlad*, VIII(2), 112–122.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2014). *Physics for Scientists and Engineers*. California: Thomson Brooks/Cole. 1296 hlm.
- Shear, L., Novais, G., Means, B., & Gallagher, L. (2010). ITL Research Design. In *SRI International* (p. 36). https://www.sri.com/wp-content/uploads/2021/12/itl_research_design_15_nov_2010.pdf
- Sheskin, D. J. (2011). *Handbook Parametric and Non Parametric Statistical*

- Procedures: Fifth Edition*. New York: Chapman and Hall/CRC. 1928 hlm.
- Siew, N. M., Amir, N., & Chong, C. L. (2015). The Perceptions of Pre-Service and In-Service Teachers Regarding a Project-Based STEM Approach to Teaching Science. *SpringerPlus*, 4(1), 1–20. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-4-8>
- Soetardjo & Soejitno, P. O. (1998). *Proses Belajar Mengajar dengan Metode Pendekatan Keterampilan Proses*. Surabaya: SIC Surabaya. 178 hlm.
- Sriwahyuni, I., Risdianto, E., & Johan, H. (2019). Pengembangan Bahan Ajar Elektronik Menggunakan Flip Pdf Professional Pada Materi Alat-Alat Optik Di Sma. *Jurnal Kumparan Fisika*, 2(3), 145–152. <https://doi.org/10.33369/jkf.2.3.145-152>.
- Suansah. (2015). Penerapan Pendekatan Inkuiri Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Siswa pada Pembelajaran IPA Pokok Bahasan Konduktor dan Isolator Panas. *Profesi Pendidikan Dasar*, 2(1), 59–67. <https://doi.org/https://journals.ums.ac.id/index.php/ppd/index>
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta. 456 hlm.
- Sulastri, I., Sahala, S., & Mursyid, S. (2021). Analisis Keterampilan Proses Sains Tentang Gerak Harmonis Peserta Didik Kelas X SMA. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Khatulistiwa*, 10(9), 1–8. <http://dx.doi.org/10.26418/jppk.v10i9.49127>
- Surya, A. (2017). *Gerak Periodik*. Physics by Rangga Agung's Team. <https://physicsranggaagung.wordpress.com/2017/06/26/gerak-periodik/>
- Suyanto, & Gio, P. U. (2017). *Statistika Nonparametrik dengan SPSS, Minitab, dan R*. Medan: USU Press. 137 hlm.
- Suyatna, A. (2017). *Uji Statistik Berbantuan SPSS untuk Penelitian Pendidikan*. Yogyakarta: Media Akademi. 113 hlm.
- Syariffudin, A., Ashari, A., & Pratiwi, U. (2022). Perancangan Alat Peraga Gerak Harmonik Berupa Bandul Matematis Menggunakan Sensor Photodiode Berbasis Arduino. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Komputer*, 2(01), 196–207. <https://doi.org/10.47709/jpsk.v2i01.1462>
- The George Lucas Educational Foundation. (2005). Instructional Module Project Based Learning. *Edutopia*. <http://www.edutopia.org/modules/PBL/whatpbl.php>
- Tilakaratnea, T., & Yatigammaa, E. S. (2017). Achievement Level of Science Process Skills of Junior Secondary Students: Based on a Sample of Grade

Six and Seven Students from Sri Lanka. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12(9), 2089–2108.

Trianto. (2012). *Model Pembelajaran Terpadu*. Jakarta: Bumi Aksara. 390 hlm.

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*, 23(1), 87–102.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10798-011-9160-x>

Tukan, Maria Benedikta. (2015). Perbedaan Penggunaan Laboratorium Real dan Laboratorium Virtual pada Keterampilan Proses dan Hasil Belajar Mahasiswa Materi Asam Basa pada Mata Kuliah Kimia Dasar II. *Seminar Nasional Pendidikan Sains UKSW*. 171-176.

Turiman, P., Omar, J., Daud, A. M., & Osman, K. (2012). Fostering the 21st Century Skills through Scientific Literacy and Science Process Skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 59, 110–116.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.253>

Umriani, F., Suparman, Hairun, Y., & Sari, D. P. (2020). Analysis and Design of Mathematics Student Worksheets Based on PBL Learning Models to Improve Creative Thinking. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(7), 226–237.
<http://sersc.org/journals/index.php/IJAST/article/view/9431>

Wang, H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2011). STEM Integration : Teacher Perceptions and Practice STEM Integration : Teacher Perceptions and Practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 1(2), 1–13. <https://doi.org/10.5703/1288284314636>

Wena, M. (2009). *Strategi Pembelajaran Inovatif Kontemporer (Suatu Tinjauan Konseptual Operasional)*. Jakarta: Bumi Aksara. 261 hlm.

Wenning, C. J. (2011). Experimental Inquiry in Introductory Physics Course. *Journal of Physics Teacher Education*, 6(2), 1–20.
<https://doi.org/10.12737/762>

Wibowo, I. G. A. W. (2018). Penerapan Keterampilan Ilmiah Peserta Didik dalam Pembelajaran Fisika Melalui Penerapan Pendekatan STEM dan E-Learning. *Journal of Education Action Research*, 2(4), 315–321.
<https://doi.org/https://doi.org/10.23887/jear.v2i4.16321>

Widestra, R. A., Yulkifli, Y., & Samudra, E. Y. A. (2020). Preliminary analysis of interactive student worksheets development using the science process skill approaching the 21st century physics learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1481(1), 1–9. <https://doi.org/10.1088/1742->

6596/1481/1/012072

Winarni, J., Zubaidah, S., & Supriyono, K. H. (2016). STEM: Apa, Mengapa, dan Bagaimana. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA Pascasarjana UM*, 1, 976–984.

Yusuf, I., & Asrifan, A. (2020). Peningkatan Aktivitas Kolaborasi Pembelajaran Fisika Melalui Pendekatan STEM dengan Purwarupa Pada Siswa Kelas Xi Ipa Sman 5 Yogyakarta. *Uniqbu Journal of Exact Sciences (UJES)*, 1(3), 32–48. <https://doi.org/10.47323/ujes.v1i3.68>