

**PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS PJBL TERINTEGRASI STEM
UNTUK MENSTIMULUS KEMAMPUAN BERPIKIR SISTEM
SISWA SMA PADA MATERI HUKUM NEWTON
TENTANG GRAVITASI**

(TESIS)

Oleh

**DUDI HAIDY
NPM 2023022001**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS PjBL TERINTEGRASI STEM UNTUK MENSTIMULUS KEMAMPUAN BERPIKIR SISTEM SISWA SMA PADA MATERI HUKUM NEWTON TENTANG GRAVITASI

Oleh

Dudi Haidy

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan LKPD berbasis PjBL terintegrasi STEM yang valid, praktis, dan efektif untuk menstimulus kemampuan berpikir sistem peserta didik. Desain yang digunakan pada penelitian pengembangan ini menggunakan 4D yang terdiri atas 4 tahapan yaitu *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate*. Instrumen pengumpulan data yang digunakan meliputi angket analisis kebutuhan, skala uji validitas, skala uji keterlaksanaan, skala uji kemenarikan, skala uji keterbacaan, dan instrumen soal berpikir sistem. Pada Penelitian menunjukkan bahwa LKPD hasil pengembangan valid, praktis dan uji validitas yang telah dilakukan, LKPD dinyatakan valid ditinjau dari validasi media dan desain diperoleh rata-rata persentase sebesar 85,78%, validasi isi diperoleh rata-rata persentase 82,22%, dan validasi konstruk diperoleh rata-rata persentase 80,63%. Hasil uji kepraktisan di tinjau dari rata-rata persentase keterbacaan sebesar 71,21%, rata-rata persentase keterlaksanaan sebesar 73,56% dan rata-rata respon peserta didik sebesar 78,22%. Hasil uji keefektifan ditunjukkan oleh hasil uji *N-Gain* sebesar 0,55 dalam kategori sedang yang mengindikasikan adanya peningkatan hasil belajar peserta didik untuk menstimulus kemampuan berpikir sistem. Oleh karena itu, penelitian pengembangan LKPD berbasis PjBL terintegrasi STEM pada materi hukum newton tentang gravitasi dinyatakan valid, praktis, dan efektif.

Kata Kunci: Berpikir Sistem, LKPD, PjBL, STEM

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF STEM INTEGRATED PJBL-BASED LKPD TO STIMULUS SYSTEMS THINKING CAPABILITY HIGH SCHOOL STUDENTS ON NEWTON LAW MATERIALS ABOUT GRAVITY

By

Dudi Haidy

This research aims to describe STEM-integrated PjBL-based LKPD that is valid, practical, and effective for stimulating students' systems thinking abilities. The design used in this development research uses 4D which consists of 4 stages, namely define, design, develop and disseminate. The data collection instruments used include a needs analysis questionnaire, validity test scale, implementability test scale, attractiveness test scale, readability test scale, and systems thinking question instrument. The research shows that the LKPD resulting from the development is valid, practical and the validity tests that have been carried out, the LKPD is declared valid in terms of media and design validation, obtained an average percentage of 85.78%, content validation obtained an average percentage of 82.22%, and construct validation obtained an average percentage of 80.63%. The practicality test results were reviewed from the average readability percentage of 71.21%, the average implementation percentage of 73.56% and the average attractiveness test of 78.22%. The effectiveness test results are shown by the N-Gain test results of 0.55 in the medium category, which indicates an increase in student learning outcomes to stimulate systems thinking abilities. Therefore, research into the development of STEM-integrated PJBL-based LKPD on Newton's law of gravity is declared valid, practical and effective.

Keywords:LKPD, PjBL, STEM, Systems Thinking

**PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS PjBL TERINTEGRASI STEM
UNTUK MENSTIMULUS KEMAMPUAN BERPIKIR SISTEM
SISWA SMA PADA MATERI HUKUM NEWTON
TENTANG GRAVITASI**

Oleh

Dudi Haidy

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PENDIDIKAN**

Pada

**Program Studi Magister Pendidikan Fisika
Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Tesis : **PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS PjBL TERINTEGRASI STEM UNTUK MENSTIMULUS KEMAMPUAN BERPIKIR SISTEM SISWA SMA PADA MATERI HUKUM NEWTON TENTANG GRAVITASI**

Nama Mahasiswa : **Dudi Haidy**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2023022001**

Program Studi : **Magister Pendidikan Fisika**

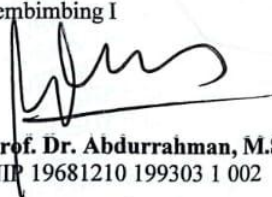
Jurusan : **Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

Fakultas : **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**

MENYETUJUI

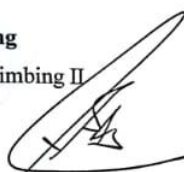
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I



Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.
NIP 19681210 199303 1 002


Pembimbing II



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

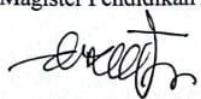
2. Mengetahui

Ketuan Jurusan
Pendidikan MIPA



Dr. Nuzhanurawati, M.Pd.
NIP 19670808 199103 2 001

Ketua Program Studi
Magister Pendidikan Fisika



Dr. I Wayan Distrik, M.Si.
NIP 19631215 199102 1 001

MENGESAHKAN

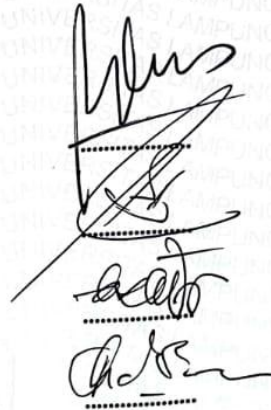
1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.

Sekretaris : Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.

Penguji Anggota : 1. Dr. I Wayan Distrik, M.Si.

2. Dr. Chandra Ertikanto, M.Pd.

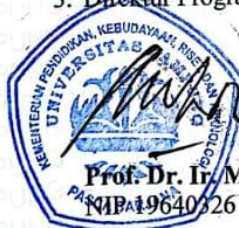


2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



Prof. Dr. Sunyono, M.Si.
NIP.19851230 199111 1 001

3. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP.19640326 198902 1 001

4. Tanggal Lulus Ujian Tesis : 20 Juni 2024

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini adalah:

Nama : Dudi Haidy

NPM : 2023022001

Fakultas/Jurusan : KIP/ Pendidikan MIPA

Program Studi : Magister Pendidikan Fisika

Alamat : Beringin Jaya, Kec. Rebang Tangkas, Kab. Way kanan

Dengan ini menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar pasca sarjana pada 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.

Bandarlampung, 20 juni 2024



NPM 202302201

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di pahayu pada tanggal 24 Oktober 1996, sebagai anak pertama dari Bapak Saifuddin dan Ibu Aisah. Penulis mengawali pendidikan formal di SD Negeri 01 Beringin Jaya pada tahun 2003, selanjutnya pada tahun 2009 melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Rebang Tangkas. Pada tahun 2012 penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Baradatu dan lulus pada tahun 2015. Pada tahun 2015 penulis diterima di Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Tarbiyahdan Keguruan Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung dan dinyatakan lulus pada tahun 2019. Pada tahun 2020 penulis melanjutkan studinya di Program Studi Magister Pendidikan Fisika Universitas Lampung.

MOTTO

“Jadilah Seperti Padi semakin berisi semakin merunduk “

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehaadirat Allah *Subhanahu wa Ta'ala* yang selalu melimpahkan rahmat dan ridho-Nya dan semoga sholawat serta salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW. Penulis mempersembahkan karya sederhana ini sebagai tanda bukti yang tulus dan mendalam kepada:

1. Orang tua tercinta, Bapak Saifuddin dan ibu Aisah yang telah memberikan motivasi, dukungan, dan do'a bagi penulis.
2. Adikku tersayang Faris Apriansyah yang telah memberikan semangat dan doa.
3. Kekasihku tersayang Murni Rahayu yang telah memberikan semangat motivasi serta doa bagi penulis.
4. Para pendidik baik guru maupun dosen yang penulis hormati.
5. Keluarga besar magister pendidikan fisika 2020
6. Almamater tercinta Universitas Lampung.

SANWACANA

Puji syukur penulis haturkan kepada Allah *Subhanahu wa Ta'ala*, atas segala rahmat dan kasih sayang-Nya, penulis dapat menyelesaikan tesis ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pendidikan Fisika di Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Sunyono, M.Si, selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. I Wayan Distrik, M. Si., selaku Ketua Program Studi Magister Pendidikan Fisika. Terima kasih untuk bimbingan, motivasi, arahan, saran dan kritik selama proses penyelesaian tesis ini.
6. Bapak Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si., selaku Pembimbing I yang telah memotivasi, membimbing dan mengarahkan penulis selama penulisan tesis ini.
7. Bapak Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd., selaku Pembimbing II yang telah memotivasi, membimbing dan mengarahkan penulis selama penulisan tesis ini.

8. Bapak Dr. I Wayan Distrik, M. Si., selaku Pembahas I. Terimakasih untuk arahan, saran dan kritik selama proses penyelesaian tesis ini.
9. Ibu Dr. Viyanti, M.Pd., selaku validator produk. Terimakasih untuk bimbingan, motivasi, arahan, saran dan kritik selama proses penyelesaian tesis ini.
10. Ibu Yeni Sri Purwati, S.Pd, M.Pd., selaku validator produk. Terimakasih untuk arahan, saran dan kritik selama proses pembuatan produk.
11. Bapak, Ibu Dosen dan Staf Program Studi Magister Pendidikan Fisika. Terimakasih atas ilmu, dukungan dan bantuannya. .
12. Ibu Murih Rahayu, S.Pd, M.Pd., selaku Guru Fisika MA Muhammadiyah sukarame. Terimakasih atas dukungan dan kerjasamanya.
13. Peserta didik kelas X IPA MA Muhammadiyah Sukarame. Terima kasih atas partisipasinya selama penelitian berlangsung.
14. Teman-teman seperjuangan Magister Pendidikan Fisika Universitas Lampung angkatan 2020, mbak yeni, mbak Ida, mbak Alimatul, Bizry, Alma, Putri, Amel, Murih, Kiki, Reka, Zahra, pak Iswahyudi, dan Adyt. Terimakasih atas motivasi, dukungan dan bantuannya.
15. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi penulis berharap semoga tesis ini dapat berguna dan bermanfaat.

Bandarlampung, 13 Juni 2024

Dudi Haidy

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
I. PENDAHULUAN	
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
1.6 Spesifikasi Produk	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kerangka Teori	8
2.1.1 Teori Belajar <i>Hand On Activity</i>	8
2.1.2 Teori Belajar Lev Vygotsky	9
2.1.3 Pembelajaran Menggunakan Multimedia.....	10
2.1.4 LKPD	12
2.1.5 STEM-PJBL	15
2.1.6 Berpikir Sistem.....	21
2.1.7 Hukum Newton tentang Gravitasi.....	23
2.2 Penelitian Relevan	24
2.3 Kerangka Pemikiran	26
2.4 Desain Hipotetik	31
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Desain Penelitian	32
3.2 Subjek Penelitian	32
3.3 Prosedur Pengembangan.....	32
3.4 Teknik Pengumpulan Data	40
3.5 Teknik Analisis Data	41
3.6 Uji Hipotesis	46

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian	
4.1.1 <i>Define</i> (Pendefinisian).....	47
4.1.2 <i>Design</i> (Perancangan)	49
4.1.3 <i>Develop</i> (Pengembangan)	52
4.1.4 <i>Dissiminate</i> (Penyebaran)	55
4.2 Pembahasan	
4.2.1 Kevalidan <i>e</i> -LKPD berbasis PBL Hasil Pengembangan	61
4.2.2 Kepraktisan <i>e</i> -LKPD berbasis PBL Hasil Pengembangan.....	62
4.2.3 Keefektifan <i>e</i> -LKPD berbasis PBL Hasil Pengembangan	64

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	67

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Definisi Literasi STEM	16
2. Indikator Keterampilan Berpikir Sistem	22
3. Hubungan Antara STEM dan Materi Pembelajaran.....	23
4. Hasil Penelitian Yang Relevan.....	25
5. Kriteria Validasi	41
6. Interpretasi Skor Kuisisioner Validasi	42
7. Kriteria Kepraktisan	42
8. Interpretasi Skor Kuisisioner Kepraktisan	43
9. Perbedaan Perlakuan Kelas Eksperimen dan Kontrol.....	43
10. Kriteria Koefisien Validitas	44
11. Kriteria Koefisien Reliabilitas.....	45
12. Kriteria Interpretasi N-Gain	46
13. Rancangan Awal LKPD.....	51
14. Hasil Uji Validasi Ahli.....	53
15. Rekomendasi Perbaikan LKPD.....	54
16. Hasil Uji Keterbacaan	55
17. Hasil Uji Keterlaksanaan.....	56
18. Hasil Respon Peserta Didik.....	57
19. Hasil Analisis Diskriptif.....	58
20. Hasil Uji Normalitas	59
21. Hasil Uji Paired t test	59
22. Hasil Uji N-Gain	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Posisi Berpikir Sistem pada Konteks HOTS	22
2. Kerangka Pemikiran	30
3. Tampilan Awal Aplikasi <i>3D Pageflip Profesional</i>	35
4. Jendela <i>Project type</i> dan Jendela <i>Select a Template</i>	36
5. Jendela Import PDF	37
6. Publish Hasil dalam Berbagai Format	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Respon Kebutuhan Guru Terhadap LKPD Berbasis PjBL	75
2. Respon Peserta didik Terhadap LKPD Berbasis PjBL	81
3. Cara Membuat e-LKPD Berbasis PjBL	84
4. Instrumen Uji Validasi isi	86
5. Instrumen Uji Validasi konstruk	94
6. Instrumen Uji Validasi desain dan bahasa	106
7. Instrumen Uji Kemudahan dan keterbacaan	114
8. Instrumen uji Uji Keterlaksanaan Penggunaan LKPD.....	118
9. Instrumen uji kepraktisan LKPD.....	122
10. Rekapitulasi hasil uji validasi isi.....	126
11. Rekapitulasi Hasil Uji Validasi Konstruk.....	127
12. Rekapitulasi Hasil Uji Validasi Desain dan Bahasa	128
13. Rekapitulasi Hasil Uji Kemudahan dan Keterbacaan	129
14. Rekapitulasi Hasil Uji Keterlaksanaan.....	130
15. Rekapitulasi Hasil Uji kepraktisan.....	131
16. Daftar Nilai <i>Pretest</i> dan <i>Postest</i> siswa.....	132
17. Rekapitulasi Hasil Analisis Deskriptif.....	133
18. Hasil Uji normalitas	134
19. Hasil Uji <i>Paired Sample T-test</i>	135
20. Kisi-Kisi Soal Berpikir Sistem (HOTS).....	136
21. Soal Berpikir Sistem (HOTS)	138
22. Kunci Jawaban	149
23. RPP.....	172
24. Dokumentasi	187
25. LKPD	189

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Abad 21 menawarkan sebuah kehidupan yang lebih menantang dari sebelumnya. Menuntut siswa memiliki keterampilan 4C (*Creative, Critical Thinking, Communicative, and Collaborative*). Keterampilan ini dikenal sebagai 21 Century Skills (Trilling, B., & Hood, 1999). Peserta didik harus mampu menghubungkan konsep dan materi yang ada, sehingga bisa memahami dan menyelesaikan permasalahan dalam pembelajaran di kelas (Beers *et al.*, 2011).

Berbagai kemampuan abad ini menuntut semua bidang pembelajaran diantaranya pembelajaran fisika, Pembelajaran fisika menunjang peserta didik dalam segi intelegensi, bakat, kemampuan motorik dan skema berpikir, diantaranya kemampuan dalam berpikir sistem. *System thinking* atau berpikir sistem adalah salah satu kemampuan yang sangat penting di abad 21. Berpikir sistem membantu siswa mengatur pikiran dengan cara yang bermakna dan membuat hubungan antara masalah yang tampaknya tidak terkait menjadi saling berkaitan (Clark *et al.*, 2017).

Salah satu fenomena yang membentuk kemampuan berpikir sistem adalah Hukum newton tentang gravitasi yang membahas tentang bagaimana seorang siswa mampu mengubah pola pikirnya untuk memecahkan masalah secara sistematis. Kemampuan berpikir sistem sangat diperlukan karena ketika siswa memiliki kemampuan ini proses untuk mengaitkan materi yang satu dengan yang lainnya, akan lebih mudah. Berpikir sistem dapat berkontribusi pada pengembangan pemahaman siswa dari sistem kehidupan yang dinamis (Schuler *et al.*, 2017).

Kemampuan ini diperlukan dalam pendidikan mengingat pembekalan ilmu di sekolah masih berfokus pada fakta-fakta yang terisolasi dari pada hubungan yang sistemik dan proses dari waktu ke waktu. Meskipun dicatat sebagai hal penting, integrasi pemikiran sistem dalam pendidikan masih terbatas (Gilissen *et al.*, 2017). Kemampuan berpikir sistem menuntut untuk memahami struktur bertingkat dari beberapa konsep dan keterkaitan antara konsep-konsep tersebut, berpikir sistem dengan indikatornya digolongkan sebagai bagian dari *high order thinking skills* (HOTS) atau kemampuan berpikir tingkat tinggi (Gilbert, 2018). Kemampuan berpikir sistem berhubungan erat dengan pengetahuan domain spesifik konten, namun pengetahuan tentang domain spesifik konten yang berkarakter sistem. Kasus ini seharusnya dapat dijadikan salah satu gambaran bahwa kemampuan berpikir sistem sangatlah penting.

Beberapa peserta didik di Indonesia bahkan lebih pandai menghafal, tetapi kurang terampil dalam mengaplikasikan pengetahuan yang dimilikinya. Salah satu penyebab kurangnya kemampuan berpikir sistem peserta didik, yaitu kurangnya materi ajar atau media pembelajaran yang beredar di Indonesia, jika dibandingkan dengan negara-negara yang lain.

Perkembangan teknologi meningkat secara drastis dan terus berevolusi hingga saat ini, dibuktikan dengan banyaknya inovasi-inovasi yang dibuat oleh manusia. Perkembangan teknologi yang drastis mempengaruhi kehidupan manusia terutama dibidang pendidikan. Namun, pendidikan pula memiliki peranan penting dalam memajukan teknologi (Riyadi & Ertikanto, 2018). Dunia pendidikan sekarang telah memasuki era teknologi, dimana penggunaan media menjadi alat yang digunakan dalam proses pembelajaran teknologi yang dipakai secara tepat dalam pendidikan dapat mempengaruhi kualitas belajar mengajar dikelas, sehingga penggunaan media pembelajaran seperti LKPD sangatlah bermanfaat bagi pendidik.

Lembar Kerja Peserta Didik adalah salah satu media yang dapat digunakan dalam proses belajar mengajar dan juga dapat mendukung dalam proses belajar mengajar (Latifah & Setiawati, 2016). LKPD adalah sarana pembelajaran yang dapat dipakai dalam menggali proses belajar mengajar yang dilakukan dan dapat menciptakan keaktifan peserta didik (Nurmanda Sari & Nurhayati, 2017). Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) merupakan salah satu sumber belajar yang dapat dikembangkan oleh guru sebagai fasilitator dalam kegiatan pembelajaran. LKPD yang disusun dapat dirancang dan dikembangkan sesuai dengan kondisi dan situasi kegiatan pembelajaran yang akan dihadapi.

Menstimulus kemampuan berpikir sistem siswa di butuhkan suatu pendekatan yang bersifat holiistik yaitu menggunakan pendekatan STEM. *Science, Technology, Engineering, dan Mathematics* (STEM) merupakan pendekatan populer saat ini dalam perkembangan dunia pendidikan khususnya di bidang IPA. Pendekatan STEM dibentuk berdasarkan perpaduan beberapa disiplin ilmu menjadi satu kesatuan ilmu baru yang utuh. Pendekatan STEM merupakan perpaduan dari sains, teknologi, rekayasa, dan matematika ke dalam satu kurikulum secara keseluruhan. Pendidikan STEM dapat mengembangkan kompetensi untuk diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.

Pendidikan STEM merupakan filosofi pedagogis yang bertujuan untuk menggambarkan keterkaitan antara ilmu pengetahuan, teknologi, teknik dan matematika untuk memecahkan masalah kompleks dalam situasi kehidupan nyata (Nidawang chantong, 2020). Biasanya sekolah SMA yang menggunakan pendekatan STEM menerapkan berbagai strategi pembelajaran, termasuk PBL atau pembelajaran berbasis proyek/PJBL), dengan tujuan membangun keterampilan siswa abad ke-21, memfasilitasi kesuksesan akademis jangka panjang, dan mendorong pengejaran karir (Noble *et al.*, 2020). STEM PjBL adalah pendekatan yang mengarahkan siswa untuk mengeksplorasi masalah yang tidak jelas yang mengintegrasikan STEM dalam lingkungan terbatas, Implementasi ini akan memanfaatkan strategi pengajaran dalam proyek, membantu siswa memahami pelajaran, meningkatkan

komunikasi dan *soft skill*, serta peningkatan *leadership skill* dan kreativitas (Dasuki *et al.*, 2020).

Pendekatan yang berpusat pada siswa, kegiatan langsung, mempromosikan kolaborasi, komunikasi tim, konstruksi pengetahuan, dan memiliki penilaian formatif telah diindikasikan sebagai komponen utama STEM PjBL. Dengan melibatkan siswa dalam menyelesaikan proyek dunia nyata, bekerja dalam kelompok kolaboratif, menerapkan penalaran ilmiah, dan mengembangkan solusi nyata, STEM PjBL menunjukkan bahwa kegiatan pembelajaran dapat meningkatkan prestasi siswa. PjBL selama ini pada pembelajaran topik hukum newton tentang gravitasi, masih belum memanfaatkan suatu alat atau proyek tetapi lebih menekankan pada keterampilan berpikir sistem (Samsudin dkk., 2020).

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan yang dilakukan dengan penyebaran angket kuesioner melalui *google form* pada beberapa guru fisika, didapatkan informasi bahwa bahan ajar yang digunakan oleh guru bersumber dari buku paket, LKPD, dan internet. LKPD yang digunakan guru ternyata belum cukup untuk menstimulus kemampuan berpikir sistem peserta didik. Guru menjelaskan bahwa LKPD yang digunakan hanya berisikan materi dan soal-soal, sehingga sulit untuk menstimulus kemampuan berpikir sistem peserta didik.

Sedangkan berdasarkan hasil dari penelitian pendahuluan yang dilakukan dengan penyebaran angket kuesioner melalui *google form* pada peserta didik kelas X MIPA didapatkan informasi bahwa peserta didik merasa kesulitan dalam memahami materi hukum newton tentang gravitasi jika menggunakan LKPD cetak. Peserta didik menginginkan LKPD yang menarik yang memuat gambar/video yang memuat fenomena terkait hukum newton tentang gravitasi, percobaan/eksperimen, animasi yang bisa diakses menggunakan laptop ataupun handphone sehingga pembelajaran lebih menyenangkan, hal ini tentu saja sangat berpengaruh kepada kemampuan berpikir sistem peserta didik. Model pembelajaran yang digunakan oleh guru juga masih monoton dimana pembelajaran masih berpusat kepada guru, hal ini menjadikan peserta

didik merasa bosan sehingga kemampuan berpikir sistem peserta didik kurang maksimal sehingga peserta didik membutuhkan suatu model yang menyenangkan sehingga mampu menstimulus kemampuan peserta didik.

Melihat keadaan tersebut, diperlukan bahan ajar yang dapat mendorong semangat peserta didik dalam melaksanakan proses belajar mengajar fisika terutama pengenalan kemampuan berpikir sistem dan juga sangat dibutuhkan suatu model serta pendekatan yang dapat menstimulus kemampuan berpikir sistem dalam pembelajaran fisika khususnya dalam materi hukum newton tentang gravitasi. Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka penulis akan melakukan penelitian pengembangan yang berjudul “Pengembangan E-LKPD Berbasis PjBL Terintegrasi STEM untuk Menstimulus Kemampuan Berpikir Sistem siswa SMA pada Materi Hukum Newton Tentang Gravitasi”

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka masalah penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimanakah LKPD berbasis PjBL terintegrasi STEM yang valid untuk menstimulus kemampuan berpikir sistem siswa SMA ?
2. Bagaimanakah LKPD berbasis PjBL terintegrasi STEM yang praktis untuk menstimulus kemampuan berpikir sistem siswa SMA?
3. Bagaimanakah LKPD berbasis PjBL terintegrasi STEM yang efektif untuk menstimulus kemampuan berpikir sistem siswa SMA?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendeskripsikan validitas LKPD berbasis PjBL terintegrasi STEM untuk menstimulus kemampuan berpikir sistem siswa SMA.
2. Mendeskripsikan kepraktisan LKPD berbasis PjBL terintegrasi STEM untuk menstimulus kemampuan berpikir sistem siswa SMA.
3. Mendeskripsikan efektivitas LKPD berbasis PjBL terintegrasi STEM untuk menstimulus kemampuan berpikir sistem siswa SMA.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Bagi peneliti, dapat memberikan pengetahuan, wawasan, pengalaman, dan bekal berharga bagi peneliti, terutama dalam pengembangan LKPD berbasis PjBL terintegrasi STEM untuk menstimulus kemampuan berpikir sistem siswa SMA.
2. Bagi pendidik, dapat memberikan informasi mengenai pengembangan e-LKPD berbasis PjBL terintegrasi STEM untuk menstimulus kemampuan berpikir sistem siswa SMA. dan dapat dijadikan alternatif dalam memilih bahan ajar yang berbeda.
3. Bagi peserta didik, dapat memberikan pengalaman belajar yang berbeda sehingga diharapkan mampu menstimulus kemampuan berpikir sistem siswa SMA.
4. Bagi dunia pendidikan, dapat memberikan masukan dan sumbangan pemikiran dalam upaya peningkatan kualitas proses pembelajaran fisika.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian merupakan penjelasan tentang batasan sebuah subjek yang terdapat di sebuah masalah. Untuk menghindari anggapan yang berbeda terhadap masalah yang akan dibahas maka peneliti membatasi ruang lingkup penelitian sebagai berikut:

1. Pengembangan merupakan proses menerjemahkan spesifikasi desain kedalam suatu wujud fisik tertentu. Pengembangan dalam penelitian ini adalah pengembangan LKPD berbasis PjBL terintegrasi STEM untuk menstimulus kemampuan berpikir sistem siswa SMA.
2. LKPD adalah media peserta didik mengerjakan sesuatu terkait dengan apa yang sedang dipelajarinya atau menjadi *science activity* dalam rangka mempermudah kegiatan pembelajaran, sedangkan PjBL merupakan model pembelajaran yang membuat sebuah proyek .

Sedangkan STEM merupakan sistem pembelajaran secara kohesif dan pembelajaran aktif yang melibatkan empat aspek dibutuhkan secara bersamaan.

3. Berpikir sistem merupakan kemampuan proses untuk mengaitkan materi yang satu dengan yang lainnya, akan lebih mudah. (Clark *et al.*,2017) Dengan indikatornya menganalisis komponen sistem, menyusun komponen sistem dan implemetasi kemampuan berpikir sistem.
4. Penelitian ini menggunakan tema hukum newton tentang gravitasi yang terdapat pada KI 1 dan 2, KD 3.8 dan 4.8 Fisika SMA kelas X kurikulum 2013.

1.6 Spesifikasi Produk

Produk yang dikembangkan berupa LKPD berbasis PjBL terintegrasi STEM. Spesifikasi produk adalah sebagai berikut :

1. LKPD terintegrasi STEM berbasis PjBL bertujuan untuk menstimulus Kemampuan berpikir sistem siswa SMA.
2. LKPD terintegrasi STEM berbasis PjBL mempunyai rasional teoritik yang logis, dikembangkan berdasarkan teori konstruktivisme, teori pembelajaran berbasis Projek , teori *dual coding*, teori pembelajaran multimedia, dan teori pembelajaran bermakna.
3. LKPD terintegrasi STEM berbasis PjBL meliputi 5 tahap kegiatan, pembukaan wawasan sains, literasi, penyelidikan, rancangan percobaan, penarikan kesimpulan dan kegiatan presentasi.
4. LKPD terintegrasi STEM berbasis PjBL mengarahkan pada lingkungan belajar kooperatif, berorientasi pada masalah yang menampilkan fenomena pada tahap awal sebagai *ill-structured problem* sebagai pemicu pembelajaran.
5. Berdasarkan aktivitas yang dirancang dalam produk yang dikembangkan, LKPD terintegrasi STEM berbasis PjBL termasuk bahan ajar yang kegiatannya berpusat pada peserta didik

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kerangka Teori

2.1.1 *Hands On Activity*

Hands On Activity adalah suatu model yang di rancang untuk melibatkan siswa dalam menggali informasi dan bertanya, beraktivitas dan menemukan, mengumpulkan data dan menganalisis serta menemukan kesimpulan sendiri (Waras Kamdi, 2007). Menurut Anggraeni *Hand On Activity* dapat membantu siswa dalam upaya peningkatan keterampilan proses, karena *Hands On Activity* merupakan stimulus bagi siswa untuk aktif selama proses pembelajaran (Ria Yulia Gloria, 2010). Siswa diberi kebebasan dalam mengkonstruksi pemikiran dan temuan selama melakukan aktivitas sehingga siswa melakukan dengan tanpa beban, menyenangkan dan dengan motivasi yang tinggi. Model pembelajaran *Hands On Activity* yaitu model pembelajaran di mana siswa tidak hanya melihat dan mendengarkan guru menjelaskan, tetapi dalam pembelajaran ini siswa mengamati, melakukan dan mengidentifikasi secara langsung pada obyek yang di pelajari (Kartono, 2010).

Model pembelajaran ini dapat membuat siswa mempunyai pengalaman langsung, sehingga dapat mengatasi masalah belajar siswa sulit mengingat materi pelajaran. Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran *Hands On Activity* di definisikan sebagai model pembelajaran yang melibatkan aktifitas dan pengalaman langsung dengan fenomena alam atau pengalaman pendidikan yang secara aktif melibatkan siswa dalam pengamatan suatu objek untuk mendapatkan atau pemahaman.

2.1.2 Teori Belajar Lev Vygotsky

Zone of proximal development merupakan celah antara *actual development* dan *potensial development*, dimana antara apakah seorang anak dapat melakukan sesuatu tanpa bantuan orang dewasa dan apakah seorang anak dapat melakukan sesuatu dengan arahan orang dewasa atau kerjasama dengan teman sebaya (Gunawan, 2002).

Teori dalam kegiatan pembelajaran juga dikenal apa yang dikatakan *scaffolding* yaitu memberikan sejumlah besar dukungan kepada anak selama tahap-tahap awal pembelajaran dan kemudian mengurangi bantuan dan memberikan kesempatan kepada anak itu untuk mengambil tanggung jawab yang semakin besar segera setelah ia mampu melakukannya sendiri. lebih banyak menekankan peranan orang dewasa dan anak-anak lain dalam memudahkan perkembangan si anak.

Pengalaman dengan orang lain secara berangsur menjadi semakin mendalam dan membentuk gambaran batin anak tentang dunia. Karena itulah berpikir setiap anak dengan cara yang sama dengan anggota lain dalam kebudayaannya.

Di dalam teori belajar ini membedakan antara *aktual development* dan *potensial development* pada anak. *Actual development* ditentukan apakah seorang anak dapat melakukan sesuatu tanpa bantuan orang dewasa atau guru. Sedangkan *potensial development* membedakan apakah seorang anak dapat melakukan sesuatu, memecahkan masalah di bawah petunjuk orang dewasa atau kerjasama dengan teman sebaya.

Pertama, belajar merupakan proses secara biologi sebagai proses dasar. Kedua, proses secara psiko-sosial sebagai proses yang lebih tinggi dan esensinya berkaitan dengan lingkungan sosial budaya.

Berdasarkan hal di atas, banyak penganut paham ini yang menyerukan untuk meningkatkan penggunaan aktivitas kooperatif di sekolah. Mereka beralasan bahwa interaksi di antara siswa dalam tugas-tugas pembelajaran akan terjadi dengan sendirinya untuk mengem-bangkan pencapaian

prestasi siswa. Para siswa akan saling belajar satu sama lain karena dalam diskusi mereka mengenai konten materi, konflik kognitif akan timbul, alasan yang kurang pas juga akan keluar, dan pemahaman dengan kualitas yang lebih tinggi akan muncul.

2.1.3 Pembelajaran Menggunakan Multimedia

Perkembangan teknologi dari waktu ke waktu mengalami perubahan yang signifikan. Kemajuan teknologi yang begitu cepat dan pesat berpengaruh terhadap kehidupan manusia. Teknologi menjadi kebutuhan primer yang harus dipenuhi untuk membantu dan memudahkan manusia dalam segala bidang, salah satunya di bidang pendidikan. Pemanfaatan teknologi dalam pendidikan bertujuan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pembelajaran.

Penggunaan multimedia dalam pembelajaran bermanfaat untuk membantu guru dan peserta didik dalam proses pembelajaran. Pembelajaran menjadi lebih terstruktur dan sistematis, logis dan jelas mulai dari konsep atau materi, contoh dan latihan-latihan, menjadi lebih interaktif dan menarik perhatian peserta didik.

Multimedia berasal dari bahasa latin yaitu kata multi dan media. Multi berarti banyak atau bermacam-macam, sedangkan berarti perantara atau sesuatu yang dipakai untuk menghantarkan, menyampaikan, atau membawa sesuatu (Sudarwati dkk., 2018). Pembelajaran beberapa topik yang membutuhkan akurasi yang tinggi, dapat dilaksanakan dengan bantuan teknologi komputer/multimedia, seperti grafik dan diagram dapat disajikan dengan mudah dan cepat, penampilan gambar, warna, visualisasi, video, animasi dapat mengoptimalkan peran indra dalam menerima informasi ke dalam sistem informasi (Kariadinata, 2012).

Multimedia merupakan kombinasi atau perpaduan dari tipe-tipe media yang berbeda seperti teks, grafik, video, audio, animasi. Media-media ini diintegrasikan ke dalam sistem perantaraan tunggal di bawah kontrol komputer. Pembelajaran berbasis multimedia merupakan pembelajaran yang menggunakan bantuan komputer/multimedia dengan memanfaatkan gadget (Kurniawati dan Nita, 2018). Gadget digunakan semua kalangan, laki-laki perempuan, besar kecil, tua maupun muda, mereka semua senantiasa mengikuti arus perkembangan teknologi pada saat ini.

Gadget merupakan perangkat elektronik yang memiliki fungsi yang sangat spesifik, misalnya sebagai perekam suara, memainkan video, menampilkan foto, bahkan bisa digunakan sebagai alat pengawas. Gadget merupakan salah satu inovasi teknologi yang memungkinkan orang untuk melakukan sesuatu pekerjaan dikala mendesak tidak perlu repot untuk mencari laptop atau komputer (Fitriansyah, 2016). Gadget adalah sebuah fitur untuk mempermudah segala kebutuhan dan kegiatan manusia, sehingga digemari dan menjadi pilihan dari berbagai kalangan, terutama kalangan pelajar pada saat ini, dengan alasan yang dapat memudahkan para pelajar untuk mengakses informasi, menambah wawasan, sebagai gaya hidup dan eksistensi diri. Gadget memiliki aplikasi dan pembaharuan dari hari ke hari yang membuat hidup manusia bisa dikatakan lebih instan. Banyak pelajar yang menggunakan gadget disekolah mereka, seperti: HP Android, laptop dan sejenisnya, karena memang tidak dapat dipungkiri lagi bahwa saat ini kehadirannya sangat membantu dan bermanfaat bagi mereka, salah satunya dalam proses pembelajaran. Gadget menjadi kebutuhan peserta didik karena fungsi dan macam-macam fitur yang disediakan. Kebutuhan ini terutama dalam hal sosialisasi dan update berita terkini. Manfaat gadget bagi peserta didik antara lain: a) membantu para pelajar dalam mengerjakan tugas sekolah; b) memudahkan komunikasi; c) sebagai media refreasing; d) mengakses informasi; e) eksistensi diri (Putra, 2017).

Gadget dapat menjadi modal bagi guru dalam mengembangkan kreatifitasnya mengajar. Pola mengajar yang paling tepat bagi peserta didik di era digital ini adalah dengan mengajarkannya belajar dalam dunianya, yaitu dunia digital. Gadget menjadi hal yang mudah untuk digunakan dalam pembelajaran guru sebaiknya tidak lari dari dunia peserta didik yang dipenuhi teknologi jika ingin tetap didengar dan diperhatikan. Masuklah ke dunia peserta didik sehingga bisa mendampingi mereka menggunakan gadget dengan bijak. Keterampilan literasi digital harus dimiliki oleh peserta didik agar peserta didik dapat menggunakan gadget dengan bijak.

2.1.4 Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)

LKPD merupakan bahan ajar yang terdiri dari beberapa informasi dan pertanyaan yang didesain untuk membantu peserta didik dalam memahami ide-ide yang kompleks (Gentile et al., 2011). LKPD menurut Yildirim et al., (2011) adalah bahan ajar yang didalamnya terdapat langkah-langkah tentang bagaimana peserta didik seharusnya belajar. LKPD juga merupakan petunjuk/pedoman yang berisi langkah-langkah penyelesaian tugas yang dapat membantu peserta didik memperoleh pengetahuan secara langsung, sehingga peserta didik tidak hanya memperoleh pengetahuan yang disampaikan guru (Ducha et al., 2012). Berdasarkan beberapa definisi tersebut dapat diketahui bahwa LKPD merupakan salah satu bahan ajar yang berisi panduan untuk melakukan aktivitas pembelajaran yang sistematis dan terarah. LKPD juga merupakan petunjuk pencarian informasi bagi peserta didik dalam menemukan konsep agar peserta didik dapat mencapai tujuan yang diharapkan.

LKPD dapat berfungsi sebagai suplemen pembelajaran, yang memberikan informasi tambahan kepada peserta didik untuk mengontruksi pengetahuan dan mengembangkan keterampilannya sehingga dapat meningkatkan prestasi akademik peserta didik (Purnamasari dkk., 2021). LKPD dapat menarik minat belajar peserta didik jika digabungkan dengan metode pengajaran tertentu (Lee, 2014). Manfaat penggunaan LKPD di antaranya:

1) dapat membantu guru dalam mengarahkan peserta didik untuk dapat menemukan konsep-konsep melalui aktivitas mandiri atau kelompok; 2) dapat mengembangkan keterampilan proses, sikap ilmiah serta membangkitkan minat peserta didik terhadap alam sekitarnya; dan 3) dapat memudahkan guru untuk melihat keberhasilan peserta didik dalam mencapai tujuan belajar (Abdurrahman, 2015).

Perkembangan teknologi yang begitu pesat dalam pendidikan menuntut untuk berpacu untuk selalu menginovasi bahan ajar. Pemanfaatan teknologi yang ada juga memungkinkan pembelajaran berlangsung dengan efektif (Yelianti & Muswita, 2018).

Penyajian bahan ajar tidak hanya terbatas pada media cetak saja, akan tetapi sudah memanfaatkan media digital. Inovasi dalam mengembangkan suatu bahan ajar dalam kegiatan pembelajaran. Salah satunya bahan ajar yang dapat di transformasikan penyajiannya kedalam bentuk elektronik yaitu LKPD (Awaluddin & Wanarti R, 2016).

LKPD elektronik adalah salah satu media berbantu komputer yang terdalamnya terdapat gambar, animasi dan video-video yang lebih afektif agar peserta didik tidak merasa bosan (Nadya R & Dedi Rohendi, 2016). LKPD elektronik didefinisikan sebagai alat pembelajaran yang dirancang secara elektronik, berisimateri sistematis dan menarik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan.

Teknologi informasi memberikan peluang untuk beraktifitas dalam menyiapkan bahan ajar sehingga memudahkan dalam mentransfer ilmu dan teknologi kepada pesera didik. Selama ini pembelajaran fisika telah menggunakan media berbasis ICT, seperti media powerpoint, video, musik, maupun media online, akan tetapi belum terintegrasi menjadi satu kesatuan (beberapa file) sehingga memerlukan waktu untuk mengakses media pembelajaran yang memenuhi satu kesatuan tersebut. LKPD elektronik merupakan sebuah bentuk penyajian bahan ajar yang disusun secara sistematis kedalam unit pembelajaran tertentu yang disajikan dalam format

elektronik yang didalamnya terdapat animasi, gambar, video, navigasi yang membuat pengguna lebih interaktif dengan program. Media elektronik yang dapat diakses oleh peserta didik mempunyai manfaat dan karakteristik yang berberda-beda. Jika ditinjau dari manfaatnya media elektronik sendiri dapat menjadikan proses pembelajaran lebih menarik (Anggraini Diah Puspitasari, 2019).

LKPD elektronik ini menggunakan aplikasi yaitu *3D pageflip profesional*, yang dapat dimanfaatkan untuk membuat LKPD digital dengan efek 3D. Aplikasi ini menggunakan fasilitas dengan tampilan yang sangat menarik. Aplikasi ini mampu mengubah LKPD berbentuk PDF, Open Office, gambar LKPD 3D flash yang menajubkan dengan berbagai format. *3D pageflip profesional* merupakan perangkat lunak untuk membuat bahan ajar dengan efek 3D dengan memiliki navigasi yang lengkap, sehingga efek membalik pada LKPD elektronik akan terasa lebih nyata.

Adapun kelebihan yang dimiliki oleh aplikasi *3D pageflip profesional* yaitu aplikasi ini menggunakan fasilitas dengan tampilan yang sangat menarik, navigasi yang lengkap, efek membalikan LKPD elektronik lebih nyata, serta tampilan video yang lebih jelas.

Selain memiliki kelebihan aplikasi ini juga memiliki kekurangannya diantaranya, yaitu membutuhkan jumlah perangkat komputer untuk digunakan, proses instalnya cukup lama, jika menggubakan tulisan dalam buku harus menggunakan font yang ukurannya besar agar terlihat lebih jelas. LKPD elektronik ini memiliki nilai lebih dibandingkan LKPD cetak. Oleh karnanya, dengan memanfaatkan kemampuan aplikasi yang digunakan mampu menampilkan fitur-fitur video, suara, maupun gambar, yang akan membantu peserta didik dalam memvisualisasikan materi yang bersifat abstrak (Nanang Supriadi, 2015)

2.1.5 STEM PjBL

Keterampilan Abad 21 dan Skala Kompetensi yang digunakan. Untuk mengukur sikap calon guru terhadap pendidikan, Skala Sikap Pendidikan STEM dapat digunakan. Selain itu, Pembelajaran Berbasis proyek dapat digunakan untuk mengidentifikasi semua jenis keterampilan yang diperlukan dalam menghadapi revolusi abad 21. Sebagai hasil dari penelitian, diamati bahwa sikap calon guru pra sekolah tentang STEM pendidikan dan PJBL memiliki hubungan sedang dan bermakna dengan persepsi kemahiran mereka menuju keterampilan abad ke-21. (Akcanca, 2020)

STEM PjBL adalah pendekatan yang mengarahkan siswa untuk mengeksplorasi masalah yang tidak jelas yang mengintegrasikan STEM dalam lingkungan terbatas. Pendekatan yang berpusat pada siswa, kegiatan langsung, mempromosikan kolaborasi, komunikasi tim, konstruksi pengetahuan, dan memiliki penilaian formatif telah diindikasikan sebagai komponen utama STEM PjBL. Dengan melibatkan siswa dalam menyelesaikan proyek dunia nyata, bekerja dalam kelompok kolaboratif, menerapkan penalaran ilmiah, dan mengembangkan solusi nyata, penelitian terkini di STEM PjBL menunjukkan bahwa kegiatan pembelajaran dapat meningkatkan prestasi siswa di bidang STEM (N.Hoiruningtyas, APermana sari, 2016). Simulasi interaktif pendekatan STEM dalam kasus fenomena kompleks yang berkaitan dengan hukum Newton tentang gravitasi. PhET simulation dapat dimanfaatkan dalam menggunakan pendekatan STEM dalam pembelajaran. pembelajaran lingkungan yang mengintegrasikan laboratorium virtual untuk berbagai disiplin ilmu, banyak digunakan di pendidikan (Stanescu, 2020).

STEM PJBL dapat menjadi metode pembelajaran yang bermanfaat tentang penguasaan kosakata bagi siswa di kelas sains dan matematik, pembelajaran berbasis proyek (PJBL) sains, teknologi, teknik, dan matematika (STEM) digunakan untuk mendorong minat dan menumbuhkan pengetahuan siswa (Bicer et al., 2015).

Definisi literasi STEM ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Definisi Literasi STEM

No	STEM	Literasi
1	Sains (<i>Science</i>)	Literasi sains : kemampuan dalam mengidentifikasi informasi ilmiah, lalu mengaplikasikannya dalam dunia nyata yang juga mempunyai peran dalam mencari solusi.
2	Teknologi (<i>Technology</i>)	Literasi teknologi : keterampilan dalam menggunakan berbagai teknologi, belajar mengembangkan teknologi, menganalisis teknologi dapat mempengaruhi pemikiran siswa dan masyarakat.
3	Teknik (<i>Engineering</i>)	Literasi desain : kemampuan dalam mengembangkan teknologi dengan desain yang lebih kreatif dan inovatif melalui penggabungan berbagai bidang keilmuan.
4	Matematika (<i>Mathematics</i>)	Literasi matematika: kemampuan dalam menganalisis dan menyampaikan gagasan, rumusan, menyelesaikan masalah secara matematik dalam pengaplikasiannya

Sumber : *National Governor's Association center for Best Practices*

Tiga pendekatan untuk pengajaran pendidikan STEM saat ini sedang dipraktikkan adalah:

1. Pendekatan Silo

Pendekatan silo merupakan pendidikan STEM mengacu pada instruksi yang terisolasi dalam setiap mata pelajaran setiap individu didorong untuk mempelajari konten.

2. Pendekatan Tertanam

Pendekatan tertanam STEM dapat secara luas didefinisikan sebagai pendekatan untuk pendidikan dimana pengetahuan diperoleh melalui penekatan pada situasi dunia nyata dan teknik pemecahan masalah dalam konteks sosial, budaya dan fungsional

3. Pendekatan Terpadu

Pendekatan terpadu untuk STEM merupakan pendekatan yang mengintegrasikan masing-masing konten bidang STEM dan menjadikannya satu subjek pada pengajaran (Robert, A & Cantu, 2012).

Project based learning (PjBL) merupakan pendekatan pengajaran yang dibangun di atas kegiatan pembelajaran dan tugas nyata yang memberikan tantangan bagi peserta didik yang terkait dengan kehidupan sehari-hari untuk dipecahkan secara berkelompok (Goodman & Stivers, 2010). Pembelajaran berbasis proyek merupakan model pembelajaran yang berpusat pada peserta didik dan memberikan pengalaman belajar yang bermakna bagi peserta didik. Pengalaman belajar peserta didik maupun konsep dibangun berdasarkan produk yang dihasilkan dalam proses pembelajaran berbasis proyek (Afriana, Permana sari, 2016). *Project based learning* atau pembelajaran berbasis proyek merupakan model pembelajaran yang berpusat pada peserta didik untuk melakukan suatu investigasi yang mendalam terhadap suatu topik. Peserta didik secara konstruktif melakukan pendalaman pembelajaran dengan pendekatan berbasis riset terhadap permasalahan dan pertanyaan yang berbobot, nyata, dan relevan (Grant, 2002). Model *project based learning* adalah model pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada pendidik untuk mengelola pembelajaran dikelas dengan melibatkan kerja proyek. Kerja proyek merupakan suatu bentuk kerja yang memuat tugas-tugas kompleks berdasarkan kepada pertanyaan dan permasalahan yang sangat menantang dan menuntun peserta didik untuk merancang, memecahkan masalah, membuat keputusan, melakukan kegiatan investigasi, serta memberikan kesempatan peserta didik untuk bekerja secara mandiri (Lestari, 2015).

Project based learning adalah pendekatan pembelajaran yang memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a) peserta didik membuat keputusan tentang sebuah kerangka kerja,
- b) adanya permasalahan atau tantangan yang diajukan kepada peserta didik,
- c) peserta didik mendesain proses untuk menentukan solusi atas permasalahan atau tantangan yang diajukan,

- d) peserta didik secara kolaboratif bertanggung jawab untuk mengakses dan mengelola informasi untuk memecahkan permasalahan,
- e) proses evaluasi dijalankan secara kontinyu,
- f) peserta didik secara berkala melakukan refleksi atas aktivitas yang sudah dijalankan,
- g) produk akhir aktivitas belajar akan dievaluasi secara kualitatif,
- h) situasi pembelajaran sangat toleran terhadap kesalahan dan perubahan.

Keunggulan penerapan model *project based learning* yaitu:

- 1) meningkatkan motivasi belajar peserta didik untuk belajar mendorong kemampuan mereka untuk melakukan pekerjaan penting, dan mereka perlu dihargai.
- 2) Meningkatkan kemampuan pemecahan masalah
- 3) Membuat peserta didik menjadi lebih aktif dan berhasil memecahkan problem-problem yang kompleks.
- 4) Meningkatkan kolaborasi
- 5) Mendorong peserta didik untuk mengembangkan dan mempraktikkan keterampilan komunikasi
- 6) Meningkatkan keterampilan peserta didik dalam mengelola sumber
- 7) Memberikan pengalaman kepada peserta didik pembelajaran dan praktik dalam mengorganisasi proyek dan membuat alokasi waktu dan sumber-sumber lain seperti perlengkapan untuk menyelesaikan tugas
- 8) Menyediakan pengalaman belajar yang melibatkan peserta didik secara kompleks dan dirancang berkembang sesuai dunia nyata
- 9) Melibatkan para peserta didik untuk belajar mengambil informasi dan menunjukkan pengetahuan yang dimiliki, kemudian diimplementasikan dengan dunia nyata

- 10) Membuat suasana belajar menjadi menyenangkan, sehingga peserta didik maupun pendidik menikmati proses pembelajaran”
(Nurfitriyanti, 2016).

Menurut *Educational Technology Division-Ministry of Education* terdapat 6 langkah agar pelaksanaan pembelajaran berbasis proyek ini berhasil yaitu dengan mempersiapkan pertanyaan penting terkait suatu topik materi yang akan dipelajari, membuat rencana proyek, membuat jadwal, memonitor pelaksanaan pembelajaran berbasis proyek (PjBL), melakukan penilaian, dan valuasi pembelajaran berbasis proyek (PjBL).

Langkah-langkah model pembelajaran *Project based learning* adalah sebagai berikut:

- 1) Membuka pelajaran dengan suatu pertanyaan menantang (*start with the big question*) Pembelajaran dimulai dengan sebuah pertanyaan driving question yang dapat memberi penugasan pada peserta didik untuk melakukan suatu aktivitas. Topik yang diambil hendaknya sesuai dengan realita dunia nyata dan dimulai dengan sebuah investigasi mendalam.
- 2) Merencanakan proyek (*design a plan for the project*). Perencanaan dilakukan secara kolaboratif antara pendidik dengan peserta didik. Dengan demikian peserta didik diharapkan akan merasa memiliki atas proyek tersebut. Perencanaan berisi tentang aturan main, pemilihan aktivitas yang dapat mendukung dalam menjawab pertanyaan esensial dengan mengintegrasikan berbagai subjek yang mendukung, serta menginformasikan alat dan bahan yang dapat dimanfaatkan untuk menyelesaikan proyek.
- 3) Menyusun jadwal aktivitas (*create a schedule*). Pendidik dan peserta didik secara kolaboratif menyusun jadwal aktivitas dalam menyelesaikan proyek. Waktu penyelesaian proyek harus jelas, dan peserta didik diberi arahan untuk mengelola waktu yang ada. Biarkan peserta didik mencoba menggali sesuatu yang baru, akan tetapi

pendidik juga harus tetap mengingatkan apabila aktivitas peserta didik melenceng dari tujuan proyek. Proyek yang dilakukan oleh peserta didik adalah proyek yang membutuhkan waktu yang lama dalam pengerjaannya, sehingga pendidik meminta peserta didik untuk menyelesaikan proyeknya secara berkelompok di luar jam sekolah. Ketika pembelajaran dilakukan saat jam sekolah, peserta didik tinggal mempresentasikan hasil proyeknya di kelas.

- 4) Mengawasi jalannya proyek (*monitor the students and the progress of the project*). Pendidik bertanggungjawab untuk melakukan monitor terhadap aktivitas peserta didik selama menyelesaikan proyek. Monitoring dilakukan dengan cara memfasilitasi peserta didik pada setiap proses. Dengan kata lain, pendidik berperan sebagai mentor bagi aktivitas peserta didik. Pendidik mengajarkan kepada peserta didik bagaimana bekerja dalam sebuah kelompok. Setiap peserta didik dapat memilih perannya masing masing dengan tidak mengesampingkan kepentingan kelompok.
- 5) Penilaian terhadap produk yang dihasilkan (*assess the outcome*). Penilaian dilakukan untuk membantu pendidik dalam mengukur ketercapaian standar, berperan dalam mengevaluasi kemajuan masing masing peserta didik, memberi umpan balik tentang tingkat pemahaman yang sudah dicapai oleh peserta didik, serta membantu pendidik dalam menyusun strategi pembelajaran berikutnya. Penilaian produk dilakukan saat masing-masing kelompok mempresentasikan produknya di depan kelompok lain secara bergantian.
- 6) Evaluasi (*evaluate the experience*). Pada akhir proses pembelajaran, pendidik dan peserta didik melakukan refleksi terhadap aktivitas dan hasil proyek yang sudah dijalankan. Proses refleksi dilakukan baik secara individu maupun kelompok. Pada tahap ini, peserta didik diminta untuk mengungkapkan perasaan dan pengalamannya selama menyelesaikan proyek (George Lukas Education Foundation, 2014).

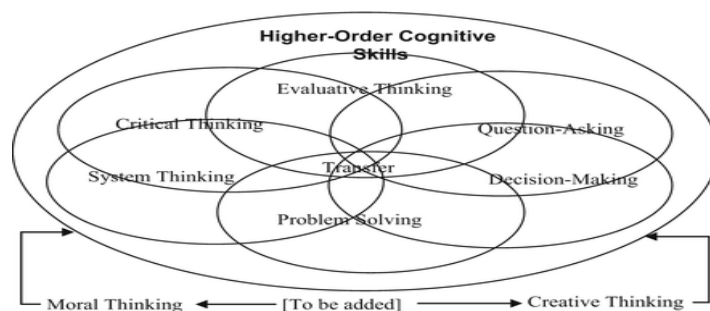
2.1.6 Berpikir Sistem

System thinking atau berpikir sistem adalah salah satu kemampuan yang sangat penting di abad 21. Berpikir sistem membantu siswa mengatur pikiran mereka dengan cara yang bermakna dan membuat hubungan antara masalah yang tampaknya tidak terkait menjadi saling berkaitan (Clark et al., 2017). Proses memahami yang dilakukan oleh siswa akan berjalan lebih cepat jika siswa mampu untuk mengaitkan suatu konsep dengan konsep lain. Kemampuan berpikir sistem sangat diperlukan karena ketika siswa memiliki kemampuan ini proses untuk mengaitkan materi yang satu dengan yang lainnya, akan lebih mudah. Berpikir sistem dapat berkontribusi pada pengembangan pemahaman siswa dari sistem kehidupan yang dinamis (Schuler et al., 2017).

Kemampuan ini diperlukan dalam pendidikan mengingat pembekalan ilmu di sekolah masih berfokus pada fakta-fakta yang terisolasi daripada pada hubungan yang sistemik dan proses dari waktu ke waktu. Meskipun dicatat sebagai hal penting, integrasi pemikiran sistem dalam pendidikan masih terbatas (Gilissen et al., 2017).

Kemampuan berpikir sistem menuntut untuk memahami struktur bertingkat dari beberapa konsep dan keterkaitan antara konsep-konsep tersebut (Gilbert, 2018). Berpikir sistem dengan indikatornya digolongkan sebagai bagian dari *high order thinking skills* (HOTS) atau kemampuan berpikir tingkat tinggi. Kemampuan berpikir sistem berhubungan erat dengan pengetahuan domain spesifik konten, namun pengetahuan tentang domain spesifik konten yang berkarakter sistem.

Kemampuan berpikir sistem yang baik akan membantu siswa dalam mengambil keputusan sehingga terhindar dari sebuah kesalahan, karena dengan berpikir sistem mampu membantu membuat keputusan yang komprehensif dengan melihat dampak dari keputusan atau persoalan di bidang lain (Clark et al. 2017). Berpikir sistem merupakan salah satu jenis pemikiran yang kompleks. Kompleksitas dan keterhubungan pemikiran sistem dengan aspek lain dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Posisi Berpikir Sistem pada Konteks Berpikir Tingkat Tinggi

Kemampuan berpikir sistem yang dikembangkan menggunakan media peta konsep. Aspek-aspek yang terdapat pada indikator model terpadu lebih sederhana dan sangat relevan dengan kebutuhan siswa SMA serta kurikulum yang sedang digunakan.

Tabel 2. Keterampilan Berpikir Sistem dan Indikatornya

No	Keterampilan Berpikir	Sistem Indikator Berpikir sistem
1	Menganalisis komponen sistem	Mengidentifikasi komponen-komponen dan proses dalam sistem
2	Menyusun komponen-komponen sistem	<ul style="list-style-type: none"> a. Mengidentifikasi hubungan antar komponen sistem b. Mengidentifikasi hubungan dinamis didalam sistem c. Mengorganisasi komponen sistem, proses, dan interaksinya kedalam kerangka hubungan.
3	Implementasi kemampuan berpikir sistem	<ul style="list-style-type: none"> a. Mengenali dimensi tersembunyi didalam sistem (memahami fenomena melalui pola dan hubungan timbal balik yang tidak terlihat langsung) b. Membuat generalisasi tentang sistem c. Memprediksi akibat yang muncul dari perubahan yang terjadi pada sistem.

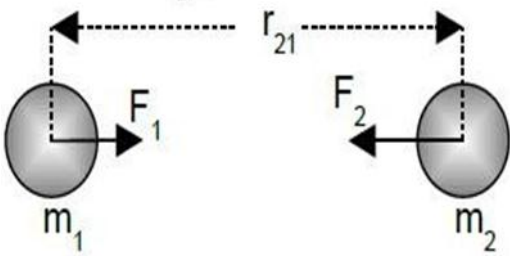
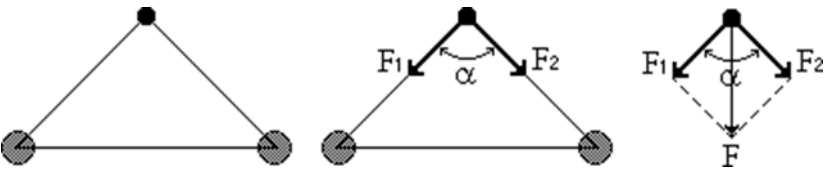
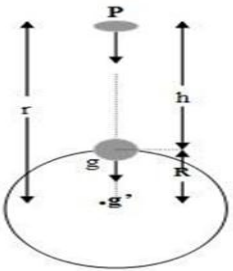
(Lena mangoceh, 2014)

Pemetaan konsep berupa soal berpikir sistem menjadi instrumen yang memadai untuk menganalisis pemikiran sistem siswa. Soal berpikir sistem bersifat eksternal representasi model mental, yang terdiri dari konsep (*node*) yang terhubung ke masing-masing lainnya, dalam setiap kasus membangun proposisi dalam penilainnya dipandu menggunakan rubik penilaian. Tingkatan level kemampuan berpikir sistem (*framework*), yaitu kemampuan berpikir sistem siswa dikatakan berada pada kategori sangat baik jika jawaban siswa berada pada tingkatan level 4 atau disebut *High level*. Kategori sangat baik jika jawaban siswa berada pada level 3 atau *Basic level*, berada pada kategori cukup jika jawaban siswa berada pada level 2 *Basic level* tapi lebih rendah dari level 3 dan berada pada kategori kurang jika jawaban siswa berada pada level 1.

2.1.7 Hukum Newton Tentang Gravitasi

Tabel 3. Hubungan STEM dengan Materi Pembelajaran

STEM	Materi Pembelajaran
S (<i>science</i>) merupakan pelajaran yang mengaitkan dengan ilmu alam. Aspek mengajukan pertanyaan masuk daalam aspek <i>science</i>	Gaya gravitasi adalah besaran vektor yang arahnya senantiasa menuju pusat massa benda. Gaya tarik menarik yang bekerja antara dua benda sebanding dengan massa masing-masing benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak kedua benda.
T (<i>Technology</i>) yaitu mengaitkan teknologi dengan sains yang biasanya dihubungkan dengan teknologi modern saat ini yang dibuat oleh manusia dengan perkembangan dengan sangat cepat	Teknologi yang dapat digunakan dalam pembelajaran hukum newton tentang gravitasi yang paling mudah dapat memanfaatkan teknologi virtual Phet (<i>phet simulation</i>) yang bisa diakses kapanpun dan dimanapun. Teknologi tersebut dapat mempermudah baik pendidik maupun peserta didik
E (<i>engineering</i>) yaitu mengoprasikan atau mendasin dengan prosedur yang benar yang	Melihat bagaimana peserta didik mempresentasikan hasil dan megembangkannya ,pendidik membantu peserta didik dalam membuat karya yang sesuai dengan vidio maupun model pembelajaran yang dipersipkan oleh pendidik terkait dengan materi hukum newton tentang gravitasi, melalui percobaan

<p>dapat memecahkan permasalahan dan bermanfaat bagi manusia.</p>	<p>sederhana</p>
<p>M (Mathematics) yaitu menganalisis dan menafsirkan data, atau meningkatkan inovasi dan teknologi dan dapat menghasilkan bahasa ilmu eksak dan sains, teknologi dan teknik</p>	<p>a. Gravitasi</p>  $F_1 = F_2 = F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ <p>Keterangan: G = konstanta gravitasi ($6,673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$) F = Gaya tarik menarik antara kedua benda (gaya gravitasi) (N) m_1 = massa benda 1 (kg) m_2 = massa benda 2 (kg) r = jarak dua benda diukur dari pusat berat (m)</p>  <div style="border: 2px solid orange; padding: 10px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1 F_2 \cos \alpha}$ </div> <p>b. Kuat Medan Gravitasi (Percepatan Gravitasi)</p>  $F = G \frac{m M}{r^2}$ $W = F$ $m \cdot g = G \frac{m M}{R^2} \text{ Maka}$

	$g = G \frac{M}{R^2}$ <p>Keterangan: g = percepatan gravitasi di permukaan bumi (m/s^2) G = konstanta gravitasi ($6,673 \times 10^{-11} Nm^2/kg^2$) M = massa bumi (kg) R = jari-jari bumi (m)</p>
--	--

2.2 Penelitian yang relevan

Penelitian sebelumnya yang relevan terhadap peneliti lakukan terkait pengembangan E-LKPD berbasis PJBL terintegrasi STEM untuk menstimulus kemampuan berpikir Sistem siswa SMA pada materi Hukum Newton tentang Gravitasi :

Tabel 4. Hasil Penelitian Relevan

No	Nama Peneliti	Hasil Penelitian	Rekomendasi
1	Idris Ahmadi	Peserta didik lebih antusias dan menarik serta tidak bosan dalam belajar menggunakan E-LKPD berbasis ICT menggunakan infokus. Dengan hasil pengembangannya berupa LKPD elektronik tersebut mendapatkan respon yang sangat baik terhadap produk yang dikembangkan.	E-LKPD berbasis PJBL terintegrasi STEM perlu untuk di Kembangkan
2	Eka Yuni Andriyani	Pengembangan e-LKPD berbasis proyek yang dikembangkan memperoleh angka presentase 91,06% masuk kedalam katagori valid dan layak untuk digunakan dalam pembelajaran kimia dikarnakan dapat meningkatkan kemampuan berfikir kreatif siswa yaitu dengan marancang proyek sendiri mengenai termodinamika.	Pengembangan E-LKPD berbasis PJBL perlu dikembangkan dalam materi lain

3	Radu Bog Toma dan Ileana M Greca.	Peserta didik yang berpartisipasi dalam pembelajaran STEM terpadu memiliki sikap ilmiah lebih baik	Implementasi pendekatan STEM untuk pendidikan sains perlu dibahas lebih lanjut
4	Resti Nuraeni, Setiono, Himatul Aliyah	Kemampuan berpikir sistem siswa kelas XI SMA Negeri Kota Sukabumi tahun ajaran 2019/2020 masih dalam kategori <i>basic level</i> dan kategori kurang.	melatihkan kemampuan berpikir sistem melalui model, strategi dan pendekatan pembelajaran yang mampu memberdayakan kemampuan berpikir sistem siswa.

2.3 Kerangka Pemikiran

Pembelajaran berbasis proyek merupakan model pembelajaran yang berpusat pada peserta didik dan memberikan pengalaman belajar yang bermakna bagi peserta didik. Pengalaman belajar peserta didik maupun konsep dibangun berdasarkan produk yang dihasilkan dalam proses pembelajaran berbasis proyek. Pada model PjBL peserta didik tidak hanya memahami konten, tetapi juga menumbuhkan keterampilan pada peserta didik bagaimana berperan di masyarakat. Keterampilan yang ditumbuhkan dalam PjBl diantaranya keterampilan komunikasi dan presentasi, keterampilan manajemen organisasi dan waktu, keterampilan penelitian dan penyelidikan, keterampilan penilaian diri dan refleksi, partisipasi kelompok dan kepemimpinan, dan pemikiran kritis.

Idealnya suatu pendekatan terpadu pada berbagai disiplin ilmu dapat diterapkan dalam pembelajaran fisika, misalnya pendekatan STEM yang mengintegrasikan *science*, *technology*, *engineering*, dan *mathematics* yang menciptakan pemikir yang kreatif dan inovatif. Namun hasil observasi disekolah menunjukkan pembelajaran fisika yang diterapkan tidak terintegrasi

dengan STEM. Kurangnya pengarahan pendidik untuk mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu pada pembelajaran fisika menjadikan pembelajaran fisika seperti pembelajaran asing dan tidak menarik minat peserta didik untuk belajar. keterlibatan peserta didik dalam pendekatan STEM menjadikan pembelajaran lebih bermakna karena peserta didik dapat mengintegrasikan pengetahuan yang baru diperoleh dengan pengetahuan yang telah ada. Konsep fisika erat kaitannya dengan masalah atau fenomena dalam kehidupan sehari-hari. *System thinking* atau berpikir sistem adalah salah satu kemampuan yang sangat penting di abad 21. Berpikir sistem membantu siswa mengatur pikiran mereka dengan cara yang bermakna dan membuat hubungan antara masalah yang tampaknya tidak terkait menjadi saling berkaitan.

Pertumbuhan teknologi yang pesat hendaknya dimanfaatkan untuk membuat berbagai sumber belajar yang dapat digunakan peserta didik untuk belajar secara mandiri dan tidak terbatas hanya pada media cetak. Hal ini sesuai dengan teori kognitif pembelajaran multi media bahwa komunikasi dapat disampaikan melalui beragam media selain buku cetak, tetapi juga media pembelajaran online, narasi, permainan serta simulasi interaktif. Disisi lain pembelajaran bermakna juga mendukung bahwa pembelajaran yang mengaitkan konsep yang dimiliki peserta didik dengan materi yang dipelajari untuk representasi visual dan verbal akan menciptakan pengetahuan yang bermakna dan baru bagi peserta didik.

Model *Project Based Learning* merupakan model pembelajaran yang lebih menekankan pada keterampilan proses sains dan berkaitan dengan kehidupan nyata atau sehari-hari sehingga karakteristik materi yang sesuai dalam penerapan model *Project Based learning* ini yaitu:

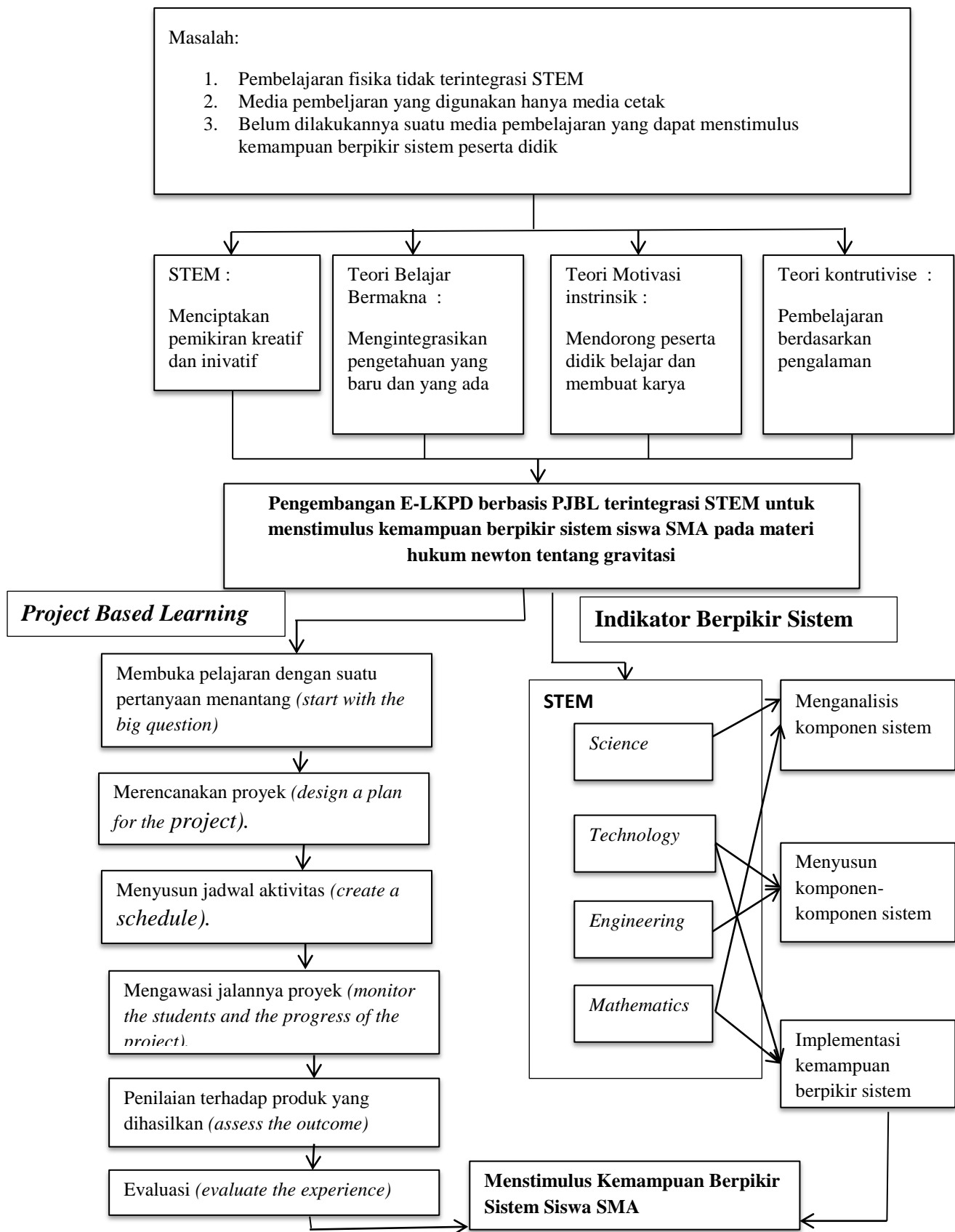
1. Memiliki kompetensi dasar yang lebih menekankan pada aspek keterampilan atau pengetahuan pada tingkat penerapan, analisis, sintesis, dan evaluasi (memodifikasi, mencoba, membuat, menggunakan, mengoperasikan, memproduksi, merekonstruksi, mendemonstrasikan, menciptakan, merancang, menguji, dll)

2. Dapat menghasilkan sebuah produk
3. Memiliki keterkaitan dengan permasalahan nyata atau kehidupan sehari-hari.

langkah-langkah model pembelajaran *Project Based Learning* adalah sebagai berikut:

- 1) Membuka pelajaran dengan suatu pertanyaan menantang (*start with the big question*) Pembelajaran dimulai dengan sebuah pertanyaan driving question yang dapat memberi penugasan pada peserta didik untuk melakukan suatu aktivitas. Topik yang diambil hendaknya sesuai dengan realita dunia nyata dan dimulai dengan sebuah investigasi mendalam.
- 2) Merencanakan proyek (*design a plan for the project*). Perencanaan dilakukan secara kolaboratif antara pendidik dengan peserta didik. Dengan demikian peserta didik diharapkan akan merasa memiliki atas proyek tersebut. Perencanaan berisi tentang aturan main, pemilihan aktivitas yang dapat mendukung dalam menjawab pertanyaan esensial dengan mengintegrasikan berbagai subjek yang mendukung, serta menginformasikan alat dan bahan yang dapat dimanfaatkan untuk menyelesaikan proyek.
- 3) Menyusun jadwal aktivitas (*create a schedule*). Pendidik dan peserta didik secara kolaboratif menyusun jadwal aktivitas dalam menyelesaikan proyek. Waktu penyelesaian proyek harus jelas, dan peserta didik diberi arahan untuk mengelola waktu yang ada. Biarkan peserta didik mencoba menggali sesuatu yang baru, akan tetapi pendidik juga harus tetap mengingatkan apabila aktivitas peserta didik melenceng dari tujuan proyek. Proyek yang dilakukan oleh peserta didik adalah proyek yang membutuhkan waktu yang lama dalam pengerjaannya, sehingga pendidik meminta peserta didik untuk menyelesaikan proyeknya secara berkelompok di luar jam sekolah. Ketika pembelajaran dilakukan saat jam sekolah, peserta didik tinggal mempresentasikan hasil proyeknya di kelas.

- 4) Mengawasi jalannya proyek (*monitor the students and the progress of the project*). Pendidik bertanggungjawab untuk melakukan monitor terhadap aktivitas peserta didik selama menyelesaikan proyek. Monitoring dilakukan dengan cara memfasilitasi peserta didik pada setiap proses. Dengan kata lain, pendidik berperan sebagai mentor bagi aktivitas peserta didik. Pendidik mengajarkan kepada peserta didik bagaimana bekerja dalam sebuah kelompok. Setiap peserta didik dapat memilih perannya masing masing dengan tidak mengesampingkan kepentingan kelompok.
- 5) Penilaian terhadap produk yang dihasilkan (*assess the outcome*). Penilaian dilakukan untuk membantu pendidik dalam mengukur ketercapaian standar, berperan dalam mengevaluasi kemajuan masing masing peserta didik, memberi umpan balik tentang tingkat pemahaman yang sudah dicapai oleh peserta didik, serta membantu pendidik dalam menyusun strategi pembelajaran berikutnya. Penilaian produk dilakukan saat masing-masing kelompok mempresentasikan produknya di depan kelompok lain secara bergantian.
- 6) Evaluasi (*evaluate the experience*). Pada akhir proses pembelajaran, pendidik dan peserta didik melakukan refleksi terhadap aktivitas dan hasil proyek yang sudah dijalankan. Proses refleksi dilakukan baik secara individu maupun kelompok. Pada tahap ini, peserta didik diminta untuk mengungkapkan perasaan dan pengalamannya selama menyelesaikan proyek.



Gambar 2. Kerangka Pemikiran

2.4 Desain Hipotetik (*Story Board*)

Setelah mengumpulkan informasi, selanjutnya membuat produk awal E-LKPD berbasis PJBL terintegrasi STEM untuk menstimulus kemampuan berpikir sistem siswa SMA yang menarik sehingga dapat digunakan dalam proses belajar mengajar. Tahap ini peneliti melakukan rancangan desain dengan menentukan konsep E-LKPD yang dikembangkan. E-LKPD ini di desain untuk digunakan sebagai media pembelajaran agar pembelajaran yang dilakukan lebih menarik, dan tidak membosankan bagi peserta didik selama proses pembelajaran yang dilakukan. Hasil tahapan ini adalah desain media berupa konten media yang dimuat pada E-LKPD. Pada gambar 3 disajikan desain hipotetik tentang E-LKPD yang akan dibuat.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*Research and Development* atau *R & D*). Penelitian pengembangan yang dimaksudkan adalah mengembangkan produk yang akan digunakan guru sebagai bahan ajar berupa LKPD berbasis PJBL terintegrasi STEM untuk menstimulus kemampuan berpikir sistem siswa SMA .

Produk yang akan dikembangkan berupa LKPD. Model pengembangan pada penelitian ini diadaptasi dari model pengembangan 4 D tahapannya yaitu *Define* (Pendefinisian), *Design* (Perancangan), *Develop* (Pengembangan) dan *Disseminate* (Penyebaran). Materi yang digunakan adalah hukum newton tentang gravitasi.

3.2 Subjek Penelitian

Penelitian ini memiliki dua subjek, yaitu subjek pengembangan dan subjek uji coba. Subjek pengembangan ini merupakan instrumen yang dikembangkan dan telah divalidasi oleh dua dosen pendidikan fisika Universitas Lampung serta guru fisika SMA. Subjek uji coba produk yaitu 60 peserta didik yang telah mempelajari materi hukum newton tentang gravitasi.

3.3 Prosedur Pengembangan

Model 4-D yang akan digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 4 tahap utama yaitu: Tahap Pendefinisian (*Define*), Tahap Perencanaan (*Design*), Tahap Pengembangan (*Develop*), dan Tahap Penyebarluasan (*Dissemination*).

1. Tahap Pendefinisian (*Define*)

Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan untuk menetapkan dan mendefinisikan syarat-syarat pengembangan. Tahap ini sering dinamakan analisis kebutuhan. Tiap-tiap produk tentu membutuhkan analisis yang berbeda-beda. Secara umum, dalam pendefinisian ini dilakukan kegiatan analisis kebutuhan pengembangan, syarat-syarat pengembangan produk yang sesuai dengan kebutuhan pengguna serta model penelitian dan pengembangan model (*Research and Development*) yang cocok digunakan untuk mengembangkan produk. Analisis biasa dilakukan melalui studi literatur atau penelitian pendahuluan

Penelitian pendahuluan berupa observasi awal dalam kegiatan pembelajaran yang dilakukan dengan observasi sekolah sekaligus pemberian angket pendidik, angket dan instrumen tes untuk peserta didik kelas X di SMA.

Dalam penelitian pendahuluan tersebut peneliti akan menganalisis kebutuhan seperti menganalisis kemampuan berpikir sistem peserta didik, model pembelajaran yang diterapkan pendidik dan media pembelajaran yang digunakan oleh guru dan bahan ajar apa yang digunakan oleh guru.

Analisis angket guru dan peserta didik dilakukan untuk mengetahui media apa saja yang digunakan oleh guru dalam proses pembelajaran fisika, tingkat kemampuan berpikir sistem peserta didik.

2. Tahap Perencanaan (*Design*)

Setelah melakukan tahapan analisis dan ditemukan masalah pada tahap sebelumnya, maka kemudian peneliti akan melakukan pengkajian materi dan pengkajian konten pada LKPD, lalu hasil dari analisis akan digunakan sebagai acuan dalam membuat desain pengembangan LKPD berbasis *project based learning* sehingga dapat bermanfaat bagi peserta didik dalam menstimulus kemampuan berpikir sistem.

Pada tahap desain mencakup:

a. Pengkajian materi

Pada tahap ini ditentukan materi yang akan di sampaikan pada peserta didik. Materi yang akan dipilih dalam penelitian ini adalah materi hukum newton tentang gravitasi kemudian menentukan indikator dari materi yang dipilih sebagai rambu-rambu dalam pembuatan LKPD yang diinginkan.

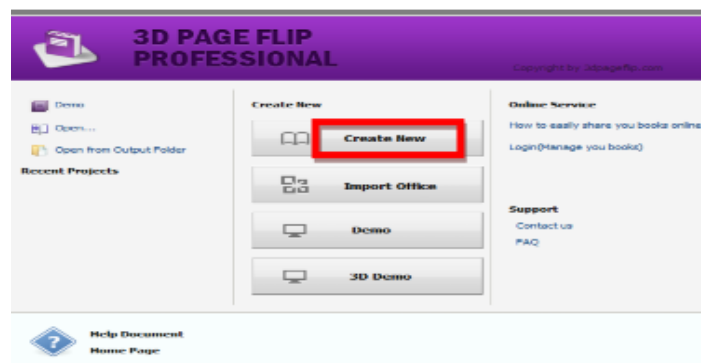
b. Perancangan produk

Setelah melakukan penetapan dan pemantapan materi, kemudian peneliti akan melakukan perancangan awal dalam pembuatan produk berupa LKPD. LKPD yang akan dirancang disesuaikan dengan kompetensi dasar, silabus pada materi hukum newton tentang gravitasi kelas X. Langkah pembuatan produk melalui beberapa tahapan yaitu:

- 1) Membuat cover yang menarik
- 2) Membuat konsep materi
- 3) Menentukan susunan materi dengan diberi gambar animasi dan video yang berhubungan dengan materi.
- 4) Menentukan ukuran kertas, font, spasi, dan jenis huruf yang akan digunakan dalam penyusunan LKPD.
- 5) Menentukan kombinasi warna yang menarik sebagai pendukung pembelajaran
- 6) Menentukan gambar dan video yang menarik sebagai pendukung pembelajaran.
- 7) Menentukan struktur penulisan.
- 8) Membuat sketsa susunan LKPD.
- 9) Mengemas materi pembelajaran kemudian ubah dalam formatpdf.
- 10) Menggabungkan cover yang dibuat di canva dan isi yang di buat di Ms Word

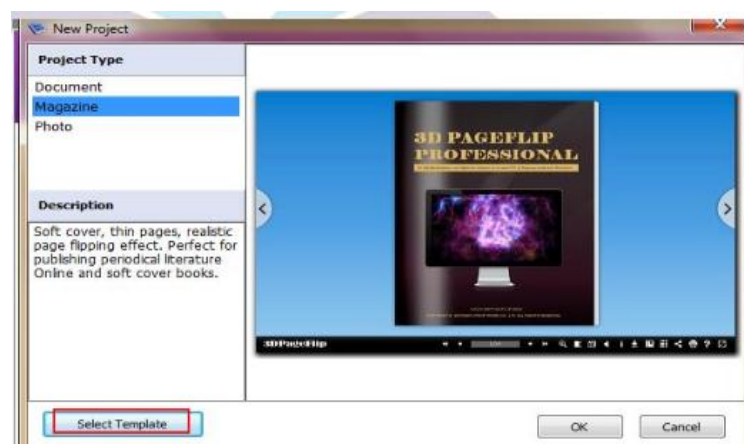
LKPD ini menggunakan aplikasi yaitu *3D pageflip profesional*, terdapat langkah-langkah pembuatannya yaitu sebagai berikut:

- 1) Mendownload terlebih dahulu aplikasi *3D pageflip profesional* yang sudah tersedia di internet
- 2) Pastikan bahwa di komputer sudah terinstal aplikasi *3D pageflip profesional*,
- 3) Buka aplikasi 3d pageflip profesional dan pilih create new,

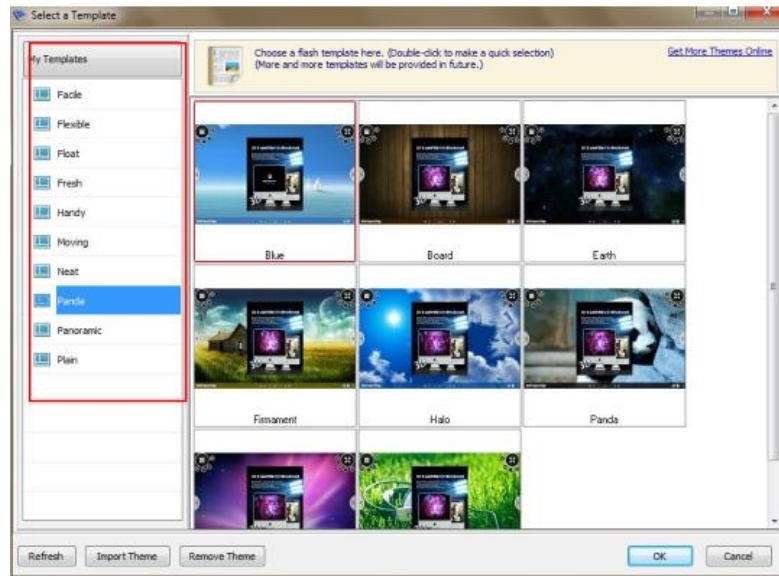


Gambar 3. Tampilan awal saat membuka aplikasi *3D pageflip profesional*

- 4) Akan muncul jendela *project type* dan pilih *project type magazine*, untuk mengatur template pilih *select template* kemudian pilih template yang diinginkan kemudian ok,



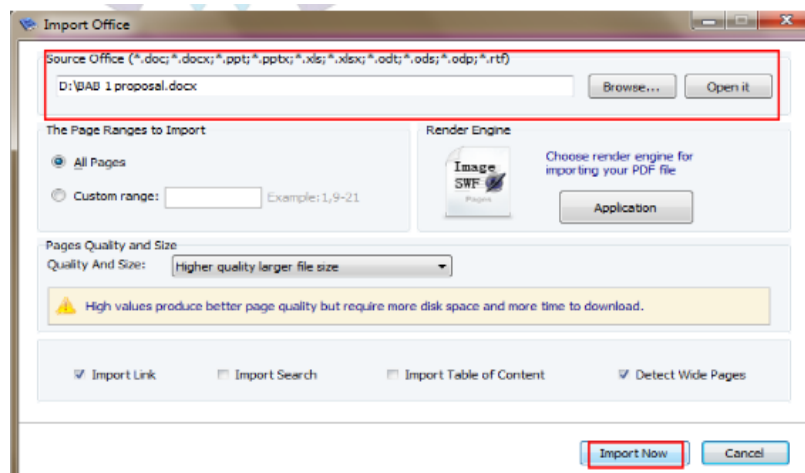
(a)



(b)

Gambar 4. (a) Jendela *project type* (b)Jendela *select a template*

- 5) Setelah itu akan muncul jendela import Pdf. Disini akan dimasukan LKPD dalam bentuk Pdf yang sudah disiapkan dengan mengetik pada tombol “*browser*” kemudian *import now*



Gambar 5. Jendela import pdf

- 6) Tampilan awal project anda akan muncul. Untuk menambahkanisi dari LKPD klik *edit page*
- 7) Tiga tools yang perlu diperhatikan dalam mengedit, seperti
- a. Tools mengatur halaman (*add new page, edit select page, dalete select page, make page up, dan make page down*)

- b. Tools untuk import (*select import, add link, add movie, add network video, add image, dan lainnya*). Setelah mengklik apa yang akan di *import, drag pointer* membuat kotak kemudian *double* klik kotak yang dibentuk dan pilih objek
- c. Properties, kotak untuk menampilkan pengaturan dari gambar, video, audio, animasi, *flash*, dan lainnya. Properties akan muncul bila sudah ada *object* yang di *import/* dipilih. Bila proses mengedit sudah selesai, klik tanda silang pada bagian pojok kanan atas di bawah close jendela,
- 8) Setelah proses mengedit selesai kemudian klik *Apply Change*
 - 9) *Save project* dapat dilakukan dengan mengklik tombol “*save*” pada menu “*files*” atau dengan tombol CTRL+S,
 - 10) Publish, klik pada tombol convert to 3D book di sebelah kanan tombol *Apply Change*.



Gambar 6. Publish hasil dalam berbagai format

Hasil dari project yang dibuat bisa di publish ke dalam *format flash/htm, zip, exe, dan 3DP*. Untuk menghasilkan LKPD berbasis elektronik yang dapat diakses melalui android, *publish* dengan format *3D Pageflip*.

3. Tahap Pengembangan (*Development*)

Pada tahap pengembangan produk ini akan dilakukan pembuatan bahan ajar berupa LKPD meliputi penyesuaian kompetensi inti, kompetensi dasar, tujuan, petunjuk penggunaan, uraian materi, contoh soal, pembahasan dan latihan soal. Selain itu, dilakukan validasi terhadap LKPD menggunakan kuesioner. Tujuan validasi untuk mengetahui kelayakan produk yang dikembangkan untuk diimplementasikan pada pembelajaran. Sehingga nanti akan didapat saran untuk memperbaiki LKPD sebelum diujicobakan di lapangan (Lumbantobing *et al.*, 2019).

Validasi yang akan dilakukan pada penelitian ini meliputi validasi media dan validasi materi. Validasi dilakukan secara bersiklus hingga diperoleh produk yang valid. Adapun indikator kevalidan produk jika skor pada masing-masing item ≥ 3 , sehingga total skor keseluruhan ≥ 3 . Selain validitas pada tahap pengembangan juga dilakukan ujicoba produk. Tujuan ujicoba produk untuk mengetahui respon dari pendidik dan peserta didik.

Validasi media merupakan proses atau kegiatan untuk menilai apakah rancangan produk LKPD berbasis *Project Based Learning* sudah dikategorikan sebagai LKPD yang efektif dan efisien dalam menstimulus kemampuan berpikir sistem siswa. Validasi ahli ini dilakukan oleh ahli materi dan ahli media dengan menggunakan instrumen validasi. Pada langkah ini akan didapatkan masukan dari validator sebagai bahan perbaikan LKPD kedepannya sebelum diujikan kepada peserta didik

Ahli materi menganalisis dan melihat materi yang disusun sesuai dengan kompetensi inti dan tujuan pembelajaran. Sedangkan ahli media menganalisis dan mengkaji dari segi media, pemilihan kata sesuai dengan karakteristik sasaran, kemenarikan animasi dan aspek kebahasaan, penyajian teks, gambar, video secara menyeluruh. Setelah desain produk divalidasi oleh para ahli materi dan ahli media, maka

dapat diketahui kelayakan dari LKPD pada materi hukum newton tentang gravitasi yang sedang dikembangkan.

Setelah desain produk divalidasi oleh ahli materi dan ahli media akan dapat diketahui kelemahan atau kekurangan dari LKPD berbasis *project based learning* tersebut. Kelemahan tersebut kemudian akan diperbaiki untuk menghasilkan produk yang lebih baik, layak dan efektif.

4. Tahap Penyebarluasan (*Dissemination*)

Tahap penyebarluasan ini merupakan tahap akhir dalam penelitian ini. Produk yang telah direvisi sesuai dengan kekurangan LKPD pada uji coba terbatas dan lapangan serta respon peserta didik setelah menggunakan LKPD. Pada tahap penyebaran ini juga akan diperoleh respon guru terhadap LKPD yang telah dikembangkan. Respon guru ini bertujuan untuk mengukur LKPD yang telah dikembangkan

a. Uji coba terbatas

Kegiatan uji coba terbatas terdiri atas uji kelompok kecil (5 orang peserta didik yang dipilih secara acak). Uji coba terbatas ini dilakukan untuk menilai tingkat kepraktisan awal produk sebelum di uji coba pada kelompok yang lebih luas. Data kepraktisan diperoleh dengan menggunakan lembar kuesioner respon peserta didik terkait tentang keterbacaan dan kemudahan LKPD. Berdasarkan data hasil analisis uji coba terbatas ini, maka dilakukan revisi (perbaikan) dan penyempurnaan terhadap produk yang dikembangkan, sehingga produk yang dikembangkan berikutnya adalah sebuah produk yang siap digunakan pada uji coba lapangan

b. Uji coba lapangan

Uji lapangan adalah uji coba produk yang sudah direvisi dari hasil validasi ahli dan uji coba kelompok terbatas, pada kelompok yang lebih luas. Pengujian ini dilakukan untuk

mengetahui kepraktisan dan keefektifan dari produk yang dikembangkan.

Data kepraktisan diperoleh dari hasil jawaban kuesioner respon peserta didik dan lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran. Sedangkan data untuk mengetahui keefektifan produk, diperoleh dari nilai angket peserta didik terkait kemampuan berpikir sistem.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Pengambilan data akan dilakukan berdasarkan jenis instrument penelitian yang terdiri atas

1. Data Analisis Kebutuhan

Pada tahap pengumpulan data analisis kebutuhan akan dilakukan dengan memberikan angket kebutuhan peserta didik dan guru mengenai sumber belajar yang terdapat di sekolah, ketertarikan peserta didik terhadap sumber belajar yang disediakan di sekolah, dan kegiatan pembelajaran di kelas.

2. Data Validitas Produk

Data validitas produk yang akan dikembangkan terdiri dari uji validasi isi materi yang berisi tentang kelayakan materi pembelajaran fisika yaitu LKPD pada materi hukum newton tentang gravitasi apakah sesuai dengan kompetensi inti dan tujuan pembelajaran yang telah disusun menggunakan *skala likert* menjadi beberapa pernyataan. Selain itu, data validasi produk juga berupa validasi isi media yang menganalisis dan mengkaji dari segi tampilan media, aspek suara, kemenarikan media dan aspek kemudahan penggunaan media secara menyeluruh yang dikembangkan menggunakan *skala likert* menjadi beberapa pernyataan.

3. Data Kepraktisan Produk

Data angket digunakan untuk mengetahui respon peserta didik dan pendidik setelah menggunakan LKPD yang dikembangkan pada materi hukum newton tentang gravitasi . Peserta didik diminta

kesediaannya untuk memberikan tanggapan terhadap LKPD yang dikembangkan dengan memberikan tanda (\surd) pada pilihan yang disajikan dalam bentuk skala likert untuk setiap item pernyataan yang ada pada angket respon peserta didik setelah penggunaan LKPD

4. Data Keefektifan Produk

Data keefektifan produk digunakan untuk mengetahui keefektifan penggunaan LKPD yang dikembangkan dalam menstimulus kemampuan berpikir sistem peserta didik.

3.5 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data pada penelitian ini meliputi analisis kevalidan, kepraktisan dan keefektifan LKPD yang dikembangkan apakah sesuai dengan tujuan pada penelitian dan pengembangan ini.

1. Analisis Kevalidan LKPD

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik LKPD yang valid yang telah dikembangkan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis kevalidan sebagai berikut:

Menghitung skor rata-rata setiap validator menggunakan rumus:

$$\bar{V} = \frac{\sum V}{n}$$

Keterangan:

\bar{V} = Nilai rata-rata setiap pernyataan

$\sum V$ = Jumlah total skor dari responden n

n = Banyak responden

Kriteria analisis rata-rata yang digunakan validator ahli, sebagai berikut:

Tabel 5. Kriteria Validasi Analisis Rata-rata Setiap Pernyataan

Rata-rata	Kriteria Validasi
$4,20 \leq V \leq 5,00$	Sangat Layak
$3,40 \leq V < 4,20$	Layak
$2,60 \leq V < 3,40$	Cukup Layak
$1,80 \leq V < 2,60$	Kurang Layak
$1,00 \leq V < 1,80$	Tidak Layak

Kemudian menganalisis pernyataan secara keseluruhan, setelah setiap pernyataan dianalisis, menggunakan *skala likert* dengan rumus:

$$P = \frac{\sum Skor \times f}{Skor \text{ tertinggi}} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Jumlah persentase; f = Frekuensi validator

Hasil analisis lembar instrumen digunakan untuk mengetahui kriteria tampilan, penyajian materi, kesesuaian bahasa, ketertarikan dengan LKPD yang dikembangkan dengan interpretasi sebagai berikut

Tabel 6. Interpretasi Skor Kuesioner Validasi

Skor	Tingkat Pencapaian (%)	Kualifikasi
5	$80 < V \leq 100$	Sangat Valid
4	$60 < V \leq 80$	Valid
3	$40 < V \leq 60$	Cukup Valid
2	$20 < V \leq 40$	Kurang Valid
1	$0 \leq V \leq 20$	Tidak Valid

2. Analisis Kepraktisan LKPD

Kepraktisan LKPD diperoleh dari kuesioner kelompok kecil dan respon pendidik dianalisis menggunakan skala likert seperti pada tabel berikut:

Tabel 7. Skor Respon Pendidik dan Peserta Didik

Skor Pernyataan Positif	Pernyataan	Skor Pernyataan Negatif
5	Sangat praktis	1
4	Praktis	2
3	Cukup praktis	3
2	Tidak praktis	4
1	Sangat tidak praktis	5

Kemudian kuesioner dianalisis dan dipersentasekan dengan menggunakan rumus:

$$P = \frac{\sum Skor \times f}{Skor tertinggi} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Jumlah presentase yang dicapai pada setiap alternatif jawaban

f = Frekuensi yang memilih suatu alternatif jawaban

Tanggapan atau pendapat pendidik dan peserta didik dilihat dari hasil persentase setiap pernyataan. Pedoman interpretasi data yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Interpretasi Skor Kuesioner Respon Pendidik dan Peserta Didik

Skor	Tingkat Pencapaian (%)	Keterangan Respon	
		Pernyataan Positif	Pernyataan Negatif
5	$80 < P \leq 100$	Sangat praktis	Sangat tidak praktis
4	$60 < P \leq 80$	Praktis	Tidak praktis
3	$40 < P \leq 60$	Cukup praktis	Cukup praktis
2	$20 < P \leq 40$	Tidak praktis	Praktis
1	$0 \leq P \leq 20$	Sangat tidak praktis	Sangat praktis

3. Analisis Keefektifan LKPD

Analisis Keefektifan *e*-LKPD diterapkan di dua kelas yaitu, kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Tabel 9. Perbedaan Perlakuan Kelas Eksperimen dan Kontrol

Kelas	Perlakuan		
A	0_1	X_1	0_2
B	0_3	X_2	0_4

Dimana kelas A kelas eksperimen yang akan di beri perlakuan menggunakan LKPD berbasis PJBL terintegrasi STEM, sedangkan kelas Kontrol akan diberikan perlakuan menggunakan LKPD biasa.

Analisis Keefektifan LKPD ditentukan oleh hasil angket respon peserta didik dan hasil tes kemampuan berpikir sistem pada LKPD. Sebelum instrumen tes berpikir sistem pada LKPD di uji keefektifannya, terlebih dahulu instrumen tes kemampuan berpikir sistem dilakukan validitas teoritis atau validasi oleh ahli yang relevan dalam bidangnya yaitu dosen ahli dalam pendidikan fisika. Hasil validasi oleh ahli dianalisis secara kualitatif dan diperbaiki sesuai saran dari para ahli sampai instrumen tes kemampuan berpikir sistem pada LKPD dinyatakan valid. Setelah dilakukan validitas teoritis, selanjutnya dilakukan validitas empirik atau ujicoba butir soal dalam tes kemampuan berpikir sistem kepada peserta didik yang telah menerima materi hukum newton tentang gravitasi . Setelah melalui uji empirik dan selanjutnya dilakukan analisis validitas dan reliabilitas butir soal secara kuantitatif terhadap hasil ujicoba.

a. Uji Validitas Butir Soal

Uji validitas dilakukan untuk mengetahui tingkat kelayakan butir soal pada LKPD yang akan dikembangkan dalam penelitian ini. Untuk menghitung validitas butir soal akan menggunakan uji *pearson correlation* pada program SPSS 20

Tabel 10. Kriteria Koefisien Validitas

Koefisien Validitas	Keterangan
$0,80 \leq r_{xy} \leq 1,00$	Sangat Tinggi
$0,60 \leq r_{xy} < 0,80$	Tinggi
$0,40 \leq r_{xy} < 0,60$	Sedang
$0,20 \leq r_{xy} < 0,40$	Rendah
$0,00 \leq r_{xy} < 0,20$	Rendah Sekali

b. Uji Reliabilitas Butir Soal

Uji reliabilitas dilakukan untuk mengetahui konsistensi dari suatu butir soal pada LKPD yang digunakan sebagai alat ukur sehingga hasilnya dapat dipercaya. Dalam penelitian ini untuk menguji

reliabilitas butir soal menggunakan uji *cronbach's alpha* pada program SPSS 20. Nilai koefisien reliabel *alpha r_i* akan diinterpretasikan menurut Tabel 11.

Tabel 11. Kriteria Koefisien Reliabilitas

Koefisien Reliabilitas	Keterangan
$0,80 < r_i = 1,00$	Sangat Tinggi
$0,60 < r_i = 0,80$	Tinggi
$0,40 < r_i = 0,60$	Sedang
$0,20 < r_i = 0,40$	Rendah
$0,00 < r_i = 0,20$	Sangat Rendah

c. Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk menguji apakah data hasil tes berdistribusi normal. Pengujian dilakukan menggunakan uji statistik parametrik *one -sample kolmogorov-smirnov test* menggunakan bantuan program komputer SPSS 20.

1) Hipotesis

H_0 = data terdistribusi secara normal

H_1 = data tidak terdistribusi secara normal

2) Pedoman pengambilan keputusan

Nilai Asymp.Sig < 0,05 maka H_0 ditolak

Nilai Asymp.Sig > 0,05 maka H_0 diterima

d. Uji Homogenitas

Uji homogenitas digunakan untuk mengetahui bahwa dua atau lebih kelompok dari sampel yang digunakan memiliki variasi yang sama. Uji Homogenitas pada penelitian ini menggunakan uji *homogeneity of variances* dengan program SPSS 20.00 dengan taraf signifikansi 5% atau 0,05. Syarat statistic multivariatmanova akan terpenuhi jika distribusi homogen dengan ketentuan sebagai berikut:

Nilai Asymp.Sig < 0,05 maka H_0 ditolak

Nilai Asymp.Sig > 0,05 maka H_0 diterima

e. Uji N-Gain

Nilai *N-Gain* digunakan untuk mengetahui peningkatan kemampuan peserta didik. Nilai *N-gain* dihitung berdasarkan hasil *pretest* dan *posttest* dengan rumus sebagai berikut:

$$N - Gain = \frac{\text{nilai posttest} - \text{nilai pretest}}{\text{skor maksimal ideal} - \text{nilai pretest}}$$

Kriteria interpretasi nilai *n-gain* dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Kriteria Interpretasi N-Gain

<i>N-Gain</i>	Kriteria Interpretasi
0,71 – 1,00	Tinggi
0,41 – 0,70	Sedang
0,10 – 0,40	Rendah

3.6 Uji Hipotesis

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis kovarian (ANCOVA). Kovariat digunakan untuk menghilangkan atau mengurangi noise pada analisis data yang disebabkan oleh variabel lain selain variabel yang diteliti sehingga efek dari variabel yang diteliti dapat terlihat jelas (Trochim, 2006)

ANCOVA menghasilkan F-ratio yang membandingkan jumlah varian yang sistematis dengan jumlah varian yang tidak sistematis. F-ratio merupakan rasio atau perbandingan antara seberapa bagus model yang diuji dengan seberapa buruk model tersebut. Teknik statistika analisis kovarian (ANCOVA) menggabungkan analisis regresi dengan analisis varian.

Pedoman pengambilan keputusan sebagai berikut.

Nilai Asymp.Sig < 0,05 maka H_0 ditolak

Nilai Asymp.Sig > 0,05 maka H_0 diterima.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan maka kesimpulan yang diperoleh sebagai berikut.

1. LKPD berbasis PjBL terintegrasi STEM hasil pengembangan dinyatakan valid, yaitu secara media dan desain 85,78%, validasi isi diperoleh rata-rata sebesar 82,22%, dan validasi konstruk di peroleh rata-rata sebesar 80,63%.
2. LKPD berbasis PjBL terintegrasi STEM hasil pengembangan dinyatakan praktis, ditinjau dari skor rata-rata uji keterbacaan sebesar 71,21%, rata-rata uji keterlaksanaan sebesar 73,56%, dan rata-rata uji kemenarikan sebesar 78,22%.
3. LKPD berbasis PjBL terintegrasi STEM hasil pengembangan dinyatakan efektif, ditunjukkan oleh hasil uji N-Gain sebesar 0,55 mengindikasikan adanya peningkatan hasil belajar peserta didik untuk menstimulus keterampilan berpikir sistem.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan LKPD berbasis PjBL untuk mensimulus kemampuan berpikir sistem peserta didik, maka diajukan beberapa saran dari penulis sebagai berikut:

1. Penulis menyarankan agar LKPD berbasis PjBL ini digunakan dalam pembelajaran materi hukum newton tentang gravitasi karena berdasarkan uji validitas dan praktikalitasnya layak digunakan dalam proses pembelajaran.
2. Penulis menyarankan peneliti selanjutnya dapat mengembangkan LKPD berbasis PjBL yang lebih interaktif dan tidak berbayar supaya tidak membebankan pengguna LKPD berbasis PjBL ketika diterapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman. (2015). *Guru Sains Sebagai Inovator: Merancang Pembelajaran Sains Inovatif Berbasis Riset*. Yogyakarta : Media Akademi.
- Akcanca, N. (2020). 21st Century Skills : The Predictive Role of Attitudes Regarding STEM Education and Problem-Based Learning, *16*(5), 0–3. <https://doi.org/10.29329/ijpe.2020.277.27>
- Awaluddin., Winarti, R. (2016). E-Modul Gerak Refleks Berbasis Pendekatan Kontekstual untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, *5*(3), 279. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v5i3.13238>
- Basri, B., Tayeb, T., Abrar, A. I. P., Nur, F., & Angriani, A. D. (2020). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Masalah dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Aljabar. *Al-Khwarizmi: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, *8*(2), 173–182. <https://doi.org/10.24256/jpmipa.v8i2.1542>
- Beers, P., Wesselink, R., Mulder, M., & Oonk, C. (2011). Roles and Tasks Of Higher Education Teachers in The Regional Atelier. *ECER 2011*, *1*, 2071.
- Bele Sole, F., & Made Anggraini, D. (2018). Inovasi Pembelajaran Elektronik dan Tantangan Guru Abad 21. *Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Ilmu Pendidikan: E-Saintika*, *1*, 10.
- Bicer, A., Boedeker, P., Capraro, R. M., Mary, M., The, M. M., Bicer, A., ... Capraro, M. M. (2015). The Effects of STEM PBL on Students ' Mathematical and Scientific Vocabulary Knowledge To cite this article : The Effects of STEM PBL on Students ' Mathematical and Scientific Vocabulary Knowledge.
- Clark, S., Petersen, J. E., Frantz, C. M., Roose, D., Ginn, J., & Daneri, D. R. (2017). Teaching systems thinking to 4 th and 5 th graders using Environmental Dashboard display technology. *Journal of Plos One*, *12*, 1–11.
- Dasuki, A., Hawari, M., Iryani, A., & Noor, M. (2020). Project Based Learning Pedagogical Design in STEAM Art Education.

- Dian, R.F., Awaluddin., Wanarti, P. (2016). Pengembangan Modul Elektronik PCL Pada Standar Kompetensi Pemrograman Peralatan Sistem Pengendali Elektronik Dengan PCL Untuk SMK Raden Patah Kota Mojolerto. *Jurnal Pendidikan Teknik eEektro*, 5, 712.
- Ducha, N., Ibrahim, M., & Masittusyifa, R. K. (2012). Pengembangan LKS Berorientasi Keterampilan Proses Pada Pokok Bahasan Sistem Pernapasan manusia. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 1(1), 7–10.
- Fahrurrozi, M., Mohzana, H. (2020). *Pengembangan Perangkat Pembelajaran: Tinjauan Teoretis dan Praktek* (Vol. 51, Issue 1). NTB: Universitas Hamzanwadi Press.
- Fitriansyah, F. (2016). Pemanfaatan Media Pembelajaran (Gadget) untuk Memotivasi Belajar Siswa. *Cakrawala: Jurnal Humaniora Bina Sarana Informatika*, 16(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.31294/jc.v16i1.1279>
- Foundation, G.L.E. (2014). Intructional Module Project Based Learning.
- Gentile, D. A., Choo, H., Liau, A., Sim, T., Li, D., Fung, D., & Khoo, A. (2011). Pathological Video Game Use Among Youths: A Two-Year Longitudinal Study. *Pediatrics*, 127(2), 319–329. <https://doi.org/10.1542/peds.2010-1353>
- Ghaliyah, S., Bakri, F. (2015). Pengembangan Modul Elektronik Berbasis Model Learning Cycle 7E Pada Pokok Bahasan Fluida Dinamik Untuk Siswa SMA Kelas XI. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 4.
- Gilbert, L. A. D. S. G. & K. J. K. (2018). Developing Undergraduate Students System Thingking Skills with an InTeGrate Module. *Journal of Geoscience Education*, 67, 1–16.
- Gilissen, M. R. G. Verhoeff, R.P., Knippels M.C.P.J., W. R. van J. (2017). Design Criteria for A Teaching Approach on Systems Thinking. *ESERA Conference. Dublin City University. Dublin Ireland*.
- Gloria, R.Y. (2010). Penerapan Hands On Activity Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Siswa Pasa Kompetensi Dasar Pencemaran Lingkungan Di Kelas X SMAN 1 Gegesik,?. *Jurnal Scientiae Education*, 1(2), 2.
- Goodman, Brandon and Stivers, J. (2010). Project-Based Learning. *Educational Psychology. ESPY 505*.
- Grant, M. M. (2002). Getting A Grip of Project Based Learning : Theory, Cases and Rekomandation. *North Carolina : Meredian A Middle School Computer Technologies.*, 5.
- Grant, M. (2020). International Journal of Educational Methodology Approaches for Implementing STEM (Science , Technology , Engineering & Mathematics) Activities among Middle School Students in Thailand. , 6(1),

185–198. <https://doi.org/10.12973/ijem.6.1.185>

- Gunawan, B. (2002). Penerapan Teori Belajar Vygotsky Dalam Interaksi Belajar Mengajar.
- Hoiruningtyas, N., Sari, A.P. (2016). STEM Learning in Material Of Temperature and ITS Change to Improve Sciantific Literasi of Junior High School. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 5(1).
- Kamdi,W. (2007). *Model-Model Pembelajaran Inovatif*. Malang: universitas negeri malang.
- Kariadinata, R. (2012). Kemampuan Visualisasi Geometri Spasial Siswa Madrasah Aliyah Negeri (Man) Kelas X Melalui Software Pembelajaran Mandiri. In *jurnal State Islamic University Bandung*, 1(2), 1-13
- Kartono. (2010). “Hands On Activity Pada Pembelajaran Geometri Sekolah Sebagai Assesmen Kinerja Siswa, Kartono. Hand On Activity,.” *Jurnal Matematika Kreatif Inovatif*, 1(1), 23.
- Kurniawati, I. D., Nita, S. (2018). Media Pembelajaran Berbasis Multimedia Interaktif Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Mahasiswa. *Journal of Computer and Information Technology*, 1(2), 68. <https://doi.org/10.25273/doubleclick.v1i2.1540>
- Latifah, S., Setiawati, E. (2016). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berorientasi Nilai-Nilai Agama Islam Melalui Pendekatan Inkuiri Terbimbing Pada Materi Suhu Dan Kalor. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi*, 5.
- Lee, C.D. (2014). Worksheet Usage, Reading Achievement, Classes’ Lack of Readiness, and Science Achievement: A Cross-Country Comparison. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 2(2), 96–106. <https://doi.org/10.18404/ijemst.38331>
- Lestari, T. (2015). Peningkatan Hasil Belajar Kompetensi Dasar menyajikan Contoh-Contoh Ilustrasi Dengan Model Pembelajaran Project Based Learning dan Metode Pembelajaran Demonstrasi Bagi Siswa Kelas XI Multimedia SMK Muhammadiyah Wonosari. Skripsi. Program Studi Pendidikan .
- Listianingrum, N., Maridi., Aminah, N.S. (2017). Pengembangan Perangkat Pembelajaran IPA Menggunakan Model Inkuiri Terbimbing Berbasis Literasi Sains Untuk Memberdayakan Keterampilan Proses Sains. *Seminar Nasional Pendidikan Sains*, 11, 179.
- Lumbantobing, M. A., Munadi, S., & Wijanarka, B. S. (2019). Pengembangan e-modul interaktif untuk discovery learning pada pembelajaran mekanika teknik dan elemen mesin. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 4(1), 1–8.

- Mangoceh, L., Yarden, A. (2014). Mengembangkan keterampilan berpikir sistem siswa kelas VII dalam konteks sistem peredaran darah manusia. *Institut Pengajaran Sains, 1*, 10–15.
- Muliyadi, D.U., Wahyuni, S., R. D. H. (2016). Pengembangan Media Flash Flipbook Untuk Meningkatkan Keterampilan Berfikir Kreatif Siswa Dalam Pembelajaran IPA Di SMP. *Jurnal Pendidikan Fisika, 4*, 297.
- Muhammad, R. A., Ambarwati, R. (2021). Pengembangan E-Book Keanekaragaman Hayati sebagai Sumber Belajar untuk Melatihkan Literasi Digital Peserta Didik Kelas X SMA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu), 10(2)*, 326–334. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v10n2.p326-334>
- Nabiilla, N., Edy, S., Khikmiyah, F. (2022). Pengembangan E-LKPD Matematika Interaktif Berbasis Literasi Digital. *Journal Pembelajaran Matematika Inovatif, 5(6)*, 1581–1594. <https://doi.org/10.22460/jpmi.v5i6.1581-1594>
- Nadya, R. J., Hafsa, H., Rohendi, D. (2016). Penerapan Media Pembelajaran Modul Elektronik Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Teknologi Mekanik. *Journal Of Mechanical Engineering Education, 3*, 107.
- Nidawang, C. (2020). nternational Journal of Educational Methodology Approaches for Implementing STEM (Science , Technology , Engineering & Mathematics) Activities among Middle School Students in Thailand,6(1).
- Noble, E., Ferris, K. A., Laforce, M., & Zuo, H. (2020). A Mixed-Methods Approach to Understanding PBL Experiences in Inclusive STEM High Schools, 5(1), 1–15.
- Nurfitriyanti, M. (2016). Model Pembelajaran Project Based Learning Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika. *Jurnal Formatif, 6(2)*, 149–160.
- Nurmanda, S., Nurhayati. (2017). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKOD) Elektronik Teks Cerita Pendek Berbasis Budaya Lokal. Seminar Nasional Pendidikan Bahasa Indonesia (84).
- Purnamasari, L., Herlina, K., Distrik, I. W., & Andra, D. (2021). Students' Digital Literacy and Collaboration Abilities: An Analysis in Senior High School Students. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education, 4(1)*, 48–57. <https://doi.org/10.24042/ij sme.v4i1.8452>
- Puspitasari, A. D. (2019). Penenerapan Media Pembelajaran Menggunakan Modul Cetak Dan Modul Elektronik Pada Siswa SMA“, *Jurnal Pendidikan Fisika, 7*, 18.
- Putra, C. A. (2017). Pemanfaatan Teknologi Gadget Sebagai Media Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Tehnologi Informasi, 2(2)*, 1–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.33084/bitnet.v2i2.752>

- Ratumanan, T. G., Laurens, T. (2003). *Evaluasi Hasil Belajar yang Relevan dengan Kurikulum Berbasis Kompetensi*. Surabaya : YP3IT & Unesa University Press.
- Reni, H. E., Herpratiwi., Sutiarto, S. (2023). Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Problem Based Learning Matematika Berbasis Digital Di SMP. *Jurnal Edukasi Matematika Dan Sains*, 11(1), 96–106.
<https://doi.org/10.25273/jems.v11i1.14192>
- Riduwan. (2004). *Belajar mudah Penelitian untuk Guru Karyawan dan Peneliti Pemula*. Bandung: Alfabeta.
- Riyadi, B., Ertikanto, C. (2018). The Analysis And Design Of Guided Inquiry R-Worksheet Based To Develop High Order Thinking Skills. *Internasional Journal Of Research Granthaalayah*, 6, 5.
- Robert, A., Cantu, D. (2012). Applying STEM Instruksional Strategis to Design and Technology Curriculum. *Technology Education in the 21 St Century*. Retrieved from <http://ep.liu.se/ecp/073/013/ecp12073013.pdf>
- Rohmaya, N., Suardana, I. N., Tika, I. N. (2023). Efektifitas E-LKPD Kimia SMA/MA dengan Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berkonteks Isu-isu Sosial Sains dalam Meningkatkan Literasi Sains Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 13(1), 25–33. <https://doi.org/10.37630/jpm.v13i1.825>
- Samsudin, M. A., Jamali, S. M., & Zain, A. N. (2020). The Effect of STEM Project Based Learning on Self-Efficacy among High-School Physics Students, *17(1)*, 94–108. <https://doi.org/10.36681/tused.2020.15>
- Sari, A. P., Fitriani, S. (2016). Project Based Learning Integrated to STEM to enhance elementary school's student scientific Litercy. *Jurnal Pendidik IPA Indonesia*. ;5:2.
- Sari, F.N., Nurhayati, S. (2017). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKOD) Elektronik Teks Cerita Pendek Berbasis Budaya Lokal. *Seminar Nasional Pendidikan Bahasa Indonesia*, 84.
- Schuler, S., Fanta, D., Rosenkraenzer, F., & Riess, W. (2017). Systems thinking within the scope of education for sustainable development (ESD) – a heuristic competence model as a basis for (science) teacher education. *Journal of Geography in Higher Education*, 8265, 1–13.
- Stanescu, M. M. (2020). Exploring Interactive Simulations as a Powerful Tool in STEM-PBL Approach in Physics, *16(21)*, 1–10.
<https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n21p1>
- Sudarwati, D. N., Prianto, D. A., & Rukminingsih, M. P. (2018). *Praktik Membuat Video Dan Multimedia*. Malang: Wineka media.

- Supriadi, N. (2015). Mengembangkan Kemampuan Koneksi Matematis Melalui Buku Ajar Elektronik Interaktif (BAEI) Yang Terintegrasi Nilai-Nilai Keislaman“. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 6, 64.
- Trilling, B., Hood, P. (1999). Learning, Technology, and Education Reform in the Knowledge Age or “We’re Wired, Webbed, and Windowed, Now What? *Educational Technology*, 3, 5..
- Wulansari, R. D., Nuryadi. (2022). Efektivitas Penggunaan E-LKPD Berbasis Problem Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Konsep Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling*, 4(4), 338–344. <https://core.ac.uk/download/pdf/322599509.pdf>
- Yelianti., Muswita, R. A., Barat, P. (2019). Analisis Kemandirian Belajar Siswa sebagai Dasar Pengembangan Buku Elektronik (e-book) Fisika Terintegrasi Edupark. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 5(2), 172–179. <https://doi.org/https://doi.org/10.24036/jppf.v5i2.107441>
- Yelianti, U., Muswita., Melia, E. S. (2018). Development of Electronic Learning Media Based 3D Pageflip on Subject Matter of Photosynthetic in Plant Physiology Course“. *Jurnal Biodik*, 4, 122