

**PENGEMBANGAN *e*-LKPD BERBASIS *PROJECT*
UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR KRITIS PADA MATERI
HUKUM BOYLE**

(Skripsi)

Oleh

**SRI WAHYU LESTARI
2013022031**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN *e*-LKPD BERBASIS *PROJECT* UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS PADA MATERI HUKUM BOYLE

Oleh

SRI WAHYU LESTARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *e*-LKPD berbasis *Project* yang valid, praktis dan efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada materi hukum Boyle. Jenis penelitian pengembangan ini adalah *Design and Development Research* (DDR) yang diadaptasi dari Richey & Klien (2007) dengan menggunakan penilaian terhadap uji validitas, uji kepraktisan yang terdiri dari uji keterbacaan, uji persepsi guru dan uji respon peserta didik, uji keefektifan terdiri dari uji normalitas, *N-Gain*, *Paired Sample T-Test* dan *Independent Sample T-Test*. Pada hasil uji validitas didapatkan rata-rata nilai dari ketiga validator sebesar 3,57, dengan rata-rata validasi materi dan desain diperoleh hasil sebesar 3,53 dengan kategori sangat valid dan validasi materi dan konstruk sebesar 3,60 dengan kategori sangat valid. Hasil uji kepraktisan diperoleh skor rata-rata sebesar untuk uji keterbacaan sebesar 83,1% dengan kategori terbaca, uji respon peserta didik sebesar 82% dengan kategori sangat baik, sedangkan untuk uji persepsi guru sebesar 93,7%. Sehingga rerata skor uji kepraktisan tersebut sebesar 86,6% dengan kategori sangat praktis. Uji keefektifan dapat dilihat pada hasil uji efektifitas, dengan demikian telah dihasilkan *e*-LKPD berbasis *Project* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis yang valid, praktis dan efektif yang dilihat berdasarkan peningkatan keterampilan berpikir kritis yang signifikan dilihat dari beda rata-rata kelas eksperimen dengan kelas kontrol yang signifikan dan hasil uji *N-Gain* dengan perolehan skor sebesar 0,63 dengan kategori sedang.

Kata Kunci : *e*-LKPD, Keterampilan Berpikir Kritis, *Project Based Learning*

**PENGEMBANGAN *e*-LKPD BERBASIS *PROJECT*
UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR KRITIS PADA MATERI
HUKUM BOYLE**

Oleh

SRI WAHYU LESTARI

Skripsi

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

Pada

**Program Studi Pendidikan Fisika
Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul skripsi : **PENGEMBANGAN e-LKPD BERBASIS
PROJECT UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS PADA
MATERI HUKUM BOYLE**

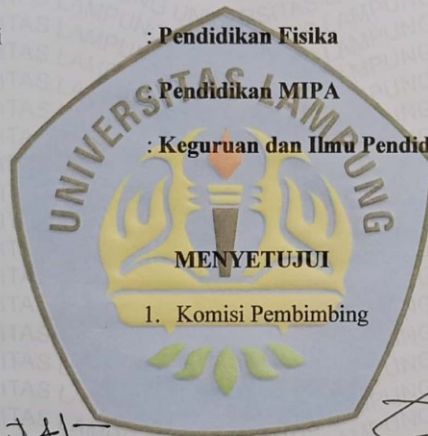
Nama Mahasiswa : **Sri Wahyu Lestari**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2013022031**

Program Studi : **Pendidikan Fisika**

Jurusan : **Pendidikan MIPA**

Fakultas : **Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



1. **Komisi Pembimbing**

Dr. Kartini Herlina, M.Si.
NIP 19650616 199102 2 001

Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si.
NIP 19600821 198503 1 004

2. **Ketua Jurusan Pendidikan MIPA**

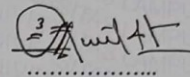
Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd.
NIP 19600301 198503 1 003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

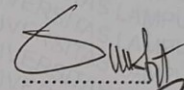
Ketua

: **Dr. Kartini Herlina, M.Si.**



Sekretaris

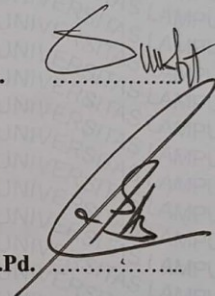
: **Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si.**



Penguji

Bukan Pembimbing

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



Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **05 April 2024**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini adalah :

Nama : Sri Wahyu Lestari
NPM : 2013022031
Fakultas/Jurusan : KIP / Pendidikan MIPA
Program Studi : Pendidikan Fisika
Alamat : Jl.RA Kartini No 01. Desa Tanjung Mas Mulya, Kecamatan
Mesuji Timur, Kabupaten Mesuji

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

Bandar Lampung, 05 April 2024



Sri Wahyu Lestari
2013022031

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tanjung Mas Mulya, pada tanggal 08 April 2002. Penulis adalah putri dari pasangan Bapak Wahono dan Ibu Musriah.

Penulis mengawali pendidikan formal pada tahun 2007 di TK Karya Utama. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan pada tahun 2008 di SDN 01 Tanjung Mas Mulya. Pada tahun 2014, penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 02 Mesuji Timur. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 01 Tanjung Raya dan lulus pada tahun 2020. Pada tahun yang sama penulis diterima dan terdaftar sebagai Mahasiswa Program Studi Pendidikan di Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Penulis merupakan mahasiswa aktif di kegiatan berorganisasi. Penulis tergabung sebagai anggota Divisi Kreativitas Mahasiswa di Aliansi Mahasiswa Pendidikan Fisika (Almafika). Penulis juga melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Negeri Batin, Kecamatan Umpu Semenguk, Kabupaten Blambangan Umpu. Kegiatan tersebut bersamaan dengan pelaksanaan Pengenalan Lapangan Persekolahan (PLP) 1 dan 2 yang dilaksanakan di SMPN 5 Umpu Semenguk.

MOTTO

*“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya
sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”
(Q.S. Al-Insyirah:5-6)*

*Keberanian untuk menghadapi tantangan, ketekunan untuk
menaklukkan rintangan, dan kesungguhan untuk meraih mimpi.
(Sri Wahyu Lestari)*

PERSEMBAHAN

Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT yang selalu melimpahkan nikmat dan hidayahnya, dan semoga shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi kita Muhammad SAW. Bersama rasa syukur yang mendalam, penulis mempersembahkan karya sederhana ini sebagai rasa tanggung jawab dalam menyelesaikan pendidikan dan tanda baktinan tulus yang mendalam kepada:

1. Orang tua tercinta, Bapak Wahono dan Ibu Musriah yang telah sepenuh hati membesarkan, mendidik, mendoakan, serta mendukung segala bentuk perjuangan penulis. Semoga Allah SWT selalu menguatkan langkahku untuk selalu membahagiakan dan membanggakan kalian;
2. Kakek dan nenek penulis, Bapak Ruhyat dan Ibu Sumirah yang selalu dengan tulus mendukung dan mendoakan penulis;
3. Keluarga besar tersayang yang senantiasa mendoakan memberikan dukungan, semangat, dan motivasi terbaiknya;
4. Para pendidik yang telah mengajarkan ilmu pengetahuan dan pengalaman, serta memberikan bimbingan terbaik kepada penulis dengan tulus dan ikhlas;
5. Sahabat dan teman-teman penulis yang selalu ada dalam setiap langkah perjuangan penulis dan senantiasa saling mengingatkan dalam kebaikan dan kesabaran;
6. Almamater tercinta Universitas Lampung.

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT, karena atas nikmat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan di FKIP Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih 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 FKIP Universitas Lampung;
3. Bapak Prof. Dr. Undang Rosidin, M.Pd., selaku ketua Jurusan Pendidikan MIPA, sekaligus Pembahas atas kesediaan dan keikhlasannya memberikan arahan dan saran untuk perbaikan skripsi ini;
4. Ibu Dr. Viyanti, S.Pd., M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika;
5. Ibu Dr. Kartini Herlina, M.Si., selaku Pembimbing I sekaligus Pembimbing Akademik atas kesediaan dan keikhlasannya dalam memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi kepada penulis selama proses menyelesaikan skripsi;
6. Bapak Prof. Dr. Agus Suyatna, M.Si., selaku Pembimbing II atas kesediaan dan keikhlasannya dalam memberikan ide, saran, bimbingan serta motivasi kepada penulis selama menyelesaikan skripsi;
7. Bapak Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si., Bapak Ahmad Naufal Umam, S.Pd., dan Ibu Sulistiani, S.Pd., selaku validator produk yang dikembangkan oleh peneliti;
8. Bapak dan Ibu Dosen serta staf program studi Pendidikan Fisika Universitas Lampung yang telah membimbing penulis dalam setiap proses pembelajaran;
9. Bapak Sudomo, M.Pd., selaku Kepala Sekolah SMAN 01 Tanjung Raya yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melaksanakan penelitian;

10. Ibu Yuni Rahmawati, S.Pd., selaku Guru Fisika SMAN 01 Tanjung Raya yang telah membantu penulis untuk melaksanakan penelitian;
11. Peserta didik kelas XI MIPA 1 dan XI MIPA 2 SMAN 01 Tanjung Raya atas bantuan dan kerjasamanya selama penelitian berlangsung;
12. Sahabat *family cemara*, Erna Wahyu Sepetianni, Oktavia Sulistya H, Putri Permata, Shella Safina, dan Syarifah Aini. Terimakasih telah menemani setiap proses, mendengarkan, membantu, dan memberikan semangat kepada penulis;
13. Teman-teman bimbingan (Mahasiswa bimbingan Dr. Kartini Herlina, M.Si.), yaitu Chairani, Lathifah, Mba Hindun, Nadya, Selia, dan Viona yang telah berjuang bersama-sama dalam menyelesaikan skripsi;
14. Teman-teman seperjuangan Fluida 20;
15. Kepada semua pihak yang terlibat dalam membantu penyelesaian penyusunan skripsi ini.

Semoga Allah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat dijadikan referensi untuk penelitian lain.

Bandar Lampung, 11 Maret 2024



Sri Wahyu Lestari
2013022031

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|------------|
| DAFTAR ISI | iv |
| DAFTAR TABEL | vi |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 5 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 5 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 5 |
| 1.5 Ruang Lingkup Penelitian | 6 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1 Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik..... | 7 |
| 2.2 Pembelajaran Berbasis <i>Project (Project Based Learning)</i> | 9 |
| 2.3 Teori Belajar | 13 |
| 2.4 Keterampilan Berpikir Kritis | 17 |
| 2.5 <i>Hands-on Activity</i> | 19 |
| 2.6 Hukum Boyle..... | 21 |
| 2.7 Alat Praktikum Hukum Boyle | 22 |
| 2.8 Keterkaitan Aktivitas Praktikum dengan Keterampilan Berpikir Kritis..... | 24 |
| 2.9 Penelitian Relevan | 26 |
| 2.10 Kerangka Pemikiran..... | 28 |
| III. METODE PENELITIAN | 31 |
| 3.1 Desain Penelitian Pengembangan..... | 31 |
| 3.2 Prosedur Pengembangan..... | 31 |
| 3.2.1 Tahap Analisis (<i>Analysis</i>)..... | 31 |
| 3.2.2 Tahap Desain (<i>Design</i>)..... | 32 |
| 3.2.3 Tahap Pengembangan (<i>Development</i>)..... | 39 |
| 3.2.4 Tahap Evaluasi (<i>Evaluation</i>)..... | 40 |
| 3.3 Instrumen Penelitian..... | 42 |
| 3.4 Teknik Pengumpulan Data | 47 |
| 3.5 Teknik Analisis Data | 48 |
| 3.5.1 Data untuk Kevalidan | 49 |
| 3.5.2 Data untuk Kepraktisan | 49 |
| 3.5.3 Data untuk Persepsi Guru terkait Penggunaan <i>e-LKPD</i> | 50 |

| | |
|--|------------|
| 3.5.4 Data untuk Respon Peserta Didik..... | 51 |
| 3.5.5 Data untuk Keefektifan..... | 52 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | 55 |
| 4.1 Hasil Penelitian..... | 55 |
| 4.1.1 Produk..... | 55 |
| 4.1.2 Hasil Validasi | 56 |
| 4.1.3 Hasil Uji Kepraktisan | 57 |
| 4.1.4 Hasil Uji Keefektifan..... | 60 |
| 4.1.5 Analisis Data Keefektifan <i>e</i> -LKPD | 62 |
| 4.2 Pembahasan | 66 |
| 4.2.1 Tahap Analisis (<i>Analysis</i>)..... | 66 |
| 4.2.2 Tahap Desain (<i>Design</i>) | 69 |
| 4.2.3 Tahap Pengembangan (<i>Development</i>)..... | 71 |
| 4.2.4 Tahap Evaluasi (<i>Evaluation</i>) | 91 |
| V. KESIMPULAN DAN SARAN | 92 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 92 |
| 5.2 Saran | 93 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 94 |
| LAMPIRAN..... | 102 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|---------|
| 1. Karakteristik <i>Project based learning</i> | 10 |
| 2. Indikator Keterampilan Berpikir Kritis | 19 |
| 3. Penelitian Relevan..... | 26 |
| 4. <i>Storyboard e-LKPD</i> | 34 |
| 5. Skala Likert pada Angket Uji Validitas | 42 |
| 6. Skala Likert pada Angket Uji Kepraktisan | 43 |
| 7. Interpretasi Koefisien Korelasi | 45 |
| 8. Hasil Uji Validitas Soal..... | 45 |
| 9. Interpretasi Reliabilitas Instrumen | 46 |
| 10. Teknik Pengumpulan Data | 47 |
| 11. Konversi Skor Penilaian Kevalidan Produk..... | 49 |
| 12. Konversi Skor Penilaian Kepraktisan | 50 |
| 13. Konversi Skor Penilaian Persepsi terhadap Produk..... | 51 |
| 14. Konversi Skor Penilaian Respon terhadap Produk | 51 |
| 15. Kriteria Interpretasi <i>N-Gain</i> | 53 |
| 16. Hasil Rerata Skor Uji Ahli | 56 |
| 17. Rangkuman Masukan Penilaian Ahli Media dan Desain..... | 57 |
| 18. Hasil Uji Keterbacaan | 58 |
| 19. Hasil Uji Respon Peserta Didik | 59 |
| 20. Hasil Uji Persepsi Guru..... | 60 |
| 21. Data Kuantitatif Keterampilan Berpikir Kritis..... | 61 |
| 22. Rata-rata Nilai Per-Indikator Keterampilan Berpikir Kritis..... | 61 |
| 23. Hasil Uji Normalitas Data | 62 |
| 24. Hasil Uji <i>N-Gain</i> | 62 |
| 25. Hasil <i>N-Gain</i> Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol..... | 63 |
| 26. Hasil Uji Homogenitas | 64 |
| 27. Hasil uji <i>Paired Sample t-test</i> | 65 |
| 28. Hasil Uji <i>Independent Sample T-Test Posttest</i> | 65 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|---------|
| 1. Grafik Hubungan Tekanan terhadap Volume pada Suhu Konstan | 22 |
| 2. Rangkaian Piston dan Manometer | 23 |
| 3. Rangkaian Kerangka | 23 |
| 4. Kerangka Pemikiran..... | 30 |
| 5. Rancangan Desain Produk | 33 |
| 6. Prosedur Pengembangan Produk..... | 41 |
| 7. Tampilan <i>e-LKPD</i> pada Platform <i>Heyzine</i> | 55 |
| 8. Tampilan Awal Produk pada <i>Heyzine</i> | 70 |
| 9. Diagram Hasil Rata-rata <i>N-Gain</i> Keterampilan..... | 77 |
| 10. Diagram <i>N-Gain</i> tiap Indikator Keterampilan | 78 |
| 11. Mengamati Fenomena Hukum Boyle | 83 |
| 12. Contoh Jawaban Merumuskan Masalah. | 84 |
| 13. Contoh Jawaban Menyusun Hipotesis | 84 |
| 14. Membuat Rancangan <i>Project</i> | 85 |
| 15. Contoh Jawaban Menyusun Jadwal | 86 |
| 16. Membuat <i>Project</i> | 87 |
| 17. Menguji Alat | 88 |
| 18. Melakukan Presentasi | 88 |
| 19. Menanggapi dan Bertanya Hasil Presentasi Kelompok..... | 89 |
| 20. Hasil Jawaban untuk Mengevaluasi | 90 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Halaman |
|---|---------|
| 1. Angket Analisis Kebutuhan Peserta Didik..... | 103 |
| 2. Hasil Analisis Kebutuhan Peserta Didik..... | 110 |
| 3. Angket Analisis Kebutuhan Guru..... | 114 |
| 4. Hasil Analisis Kebutuhan Guru..... | 124 |
| 5. Angket Uji Validasi Produk..... | 127 |
| 6. Rekapitulasi Hasil Uji Produk..... | 131 |
| 7. Angket Uji Keterbacaan..... | 132 |
| 8. Rekapitulasi Hasil Uji Keterbacaan..... | 135 |
| 9. Angket Uji Persepsi Guru..... | 136 |
| 10. Hasil Rekapitulasi Uji Persepsi Guru..... | 141 |
| 11. Angket Respon Peserta Didik..... | 145 |
| 12. Hasil Uji Respon Peserta Didik..... | 150 |
| 13. Soal <i>Pretest Posttest</i> untuk Uji Keefektifan..... | 154 |
| 14. Hasil Pengerjaan Siswa <i>Pretest</i> | 166 |
| 15. Hasil Pengerjaan Siswa <i>Posttest</i> | 167 |
| 16. Rekapitulasi Hasil Uji Normalitas, <i>N-Gain</i> , Homogenitas..... | 171 |
| 17. Hasil Uji Validitas..... | 181 |
| 18. Hasil Uji Reabilitas..... | 182 |
| 19. Rubrik Penilaian Skor Soal Berpikir Kritis Menurut (Ennis, 1985)..... | 183 |
| 20. Rancangan Rencana Pembelajaran..... | 184 |
| 21. Surat Izin Penelitian..... | 189 |
| 22. Surat Balasan..... | 190 |
| 23. Dokumentasi Pembelajaran..... | 191 |
| 24. Produk <i>e-LKPD</i> | 192 |

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan kompleksnya permasalahan pada kegiatan pembelajaran di kelas, kompetensi yang dimiliki peserta didik tidak terbatas pada kemampuan proses, tetapi perlu memiliki keterampilan abad 21. Keterampilan abad 21 harus dikuasai peserta didik dalam dunia pendidikan sebagai bekal untuk masuk di dunia pekerjaan di masa depan. Adapun keterampilan abad 21 menekankan pada keterampilan yang disebut sebagai 4C yang meliputi berpikir kritis dan pemecahan masalah (*critical thinking and problem solving*), kreativitas dan inovasi (*creativity and innovation*), komunikasi (*communication*), dan kolaborasi (*collaboration*) (Kembara *et al.*, 2019). Salah satu kompetensi yang harus diajarkan kepada peserta didik adalah keterampilan berpikir kritis (Halpern, 2014).

Keterampilan berpikir kritis merupakan upaya memperdalam kesadaran dan kecerdasan dengan membandingkan beberapa permasalahan untuk menghasilkan suatu kesimpulan dan gagasan yang dapat memecahkan masalah (Zulfaneti *et al.*, 2018). Keterampilan berpikir kritis dapat meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap materi sehingga pembelajaran menjadi lebih menarik, dapat digunakan untuk menganalisis struktur teks secara logis, mengungkapkan ide dengan lebih efektif, dan menumbuhkan kreativitas ketika memunculkan ide yang kreatif untuk memecahkan masalah (Reyhanul, 2015). Sebagai pemahaman konsep yang baik serta pemahaman peserta didik sering dibayangkan dengan suatu permasalahan yang mengharuskan untuk memilih, membuat solusi, dan mengambil keputusan secara tepat dan cepat (Sari dkk., 2016).

Pembelajaran tentang fisika erat kaitannya dengan peristiwa atau fenomena dalam kehidupan sehari-hari. Memahami fenomena tersebut dapat membantu peserta didik menjadi lebih mahir dalam mengamati lingkungan sekitarnya. Salah satu fenomena yang dapat dipelajari yaitu fenomena mengenai penerapan hukum Boyle. Hukum Boyle adalah materi yang sulit di pahami oleh peserta didik dan bersifat abstrak atau sulit digambarkan, sehingga sangat membutuhkan suatu media yang dapat menjelaskan hukum Boyle tersebut tentunya melalui sebuah kegiatan praktikum (Handoyo, 2007). Melalui kegiatan praktikum untuk mengatasi kesulitan belajar seperti kesulitan memahami materi, kesulitan mengasosiasikan hubungan tekanan, volume, dan suhu, kesulitan memahami rumus, dan mengoperasikan rumus ketika menyelesaikan masalah. Pemanfaatan kegiatan praktikum dalam proses pembelajaran memungkinkan guru untuk melihat keterampilan peserta didik (Sarwanto *et al.*, 2021).

Penelitian pendahuluan yang telah dilakukan peneliti dengan cara menyebarkan angket kepada 8 guru SMA, diantaranya terdiri dari SMAN 01 Mesuji Timur, SMA Muhammadiyah 01 Mestim, SMA IT Daarul Ilmi, SMAN 1 Menggala, SMA 1 Banjar Agung, SMA IT Daar El Fikri, dan MA Al-Hidayat Gisting. Guru pada umumnya masih menggunakan model pembelajaran *Problem Based Learning* dan *Discovery Learning*, dengan menggunakan metode ceramah dan diskusi dalam menyampaikan materi hukum Boyle. Kesulitan yang dialami oleh guru dalam membelajarkan materi hukum Boyle yaitu 5 guru mengungkapkan bahwa terbatasnya alat praktikum sehingga pembelajaran tidak maksimal, dan 3 guru mengungkapkan bahwa keterbatasan sumber belajar yang berisikan representasi masalah dan keterbatasan media pembelajaran. Dimana 75% guru menggunakan sumber belajar berupa buku, modul, video pembelajaran, dan 62,5% menggunakan website sebagai sumber tambahan. Pada saat melakukan praktikum hukum Boyle 50% guru sudah menggunakan LKPD yang didalamnya berisi *link* video pembelajaran, *virtual laboratory*, dan alat peraga yang dibuat sendiri oleh peserta didik, namun guru menjelaskan bahwa *link* yang diberikan

tersebut tidak dapat dibuka secara langsung pada LKPD yang dibagikan, serta pada LKPD tersebut belum terdapat gambar, animasi serta latihan soal sehingga pembelajaran yang dilakukan dinyatakan kurang begitu efektif. Pada LKPD yang diberikan oleh guru sudah melatih keterampilan berpikir kritis namun kebanyakan hanya pada indikator membuat kesimpulan, dimana 75% guru menyatakan bahwa keterampilan berpikir kritis hanya dilatihkan pada indikator membuat kesimpulan sedangkan untuk indikator yang lainnya belum dilatihkan.

Hasil penelitian pendahuluan yang dilakukan pada peserta didik di SMAN 01 Tanjung Raya dan SMAN 01 Mesuji Timur yang disebarkan pada 20 peserta didik, 65% mengungkapkan bahwa pembelajaran di kelas tidak menyenangkan karena peserta didik merasa kesulitan dalam memahami materi hukum Boyle. Faktor penghambat tidak terlaksananya pembelajaran pada materi hukum Boyle diantaranya 50% mengungkapkan keterbatasan media pembelajaran yang diberikan, 15% mengungkapkan kurangnya sumber belajar, dan 65% mengungkapkan tidak adanya praktikum. Pada masa pandemi seperti ini 50% peserta didik mengungkapkan bahwa praktikum yang dilakukan menggunakan LKPD, namun didalam LKPD tersebut belum terdapat proses penyelidikan dan representasi masalah, sehingga peserta didik tidak begitu memahami materi hukum Boyle.

Salah satu model pembelajaran yang menekankan pada berpikir kritis adalah model *Project based learning*, dimana pembelajaran berbasis *Project* merupakan pendekatan kerja kelompok dalam belajar mengajar, di mana peserta didik dihadapkan pada situasi yang berkaitan dengan kehidupan nyata, masalah dan praktik (Chiu, 2020). Pembelajaran berbasis *Project* menerapkan pembelajaran yang bersifat kreatif, inovatif, dan kontekstual untuk membuat suatu *Project* atau karya dari suatu materi pembelajaran dengan aktivitas pembelajaran sepenuhnya berpusat pada peserta didik (Astri dkk., 2022). Pembelajaran berbasis *Project* memungkinkan peserta didik terlibat aktif dalam mengembangkan pengetahuannya dan memperkuat rasa percaya diri,

caranya dengan menggunakan kerja kelompok untuk membuat *Project*, yaitu aplikasi berdasarkan konsep atau ide yang diajarkan dengan guru bertindak sebagai fasilitator (Dinantika dkk., 2019).

Salah satu penunjang pembelajaran yang dapat membantu peserta didik dalam memahami materi yaitu bahan ajar, *e-LKPD* merupakan alat pembelajaran yang dapat membantu peserta didik memahami bahan ajar dan materi pelajaran melalui lembar kerja elektronik yang dapat digunakan melalui perangkat seperti komputer, laptop, ponsel, dan lain-lain (Putriyana dkk., 2020). Dengan menggunakan *e-LKPD*, peserta didik akan lebih aktif mengikuti pembelajaran karena mereka tidak hanya menjadi objek pembelajaran tetapi juga subjek pembelajaran, sehingga peserta didik dapat menemukan sendiri konsep yang dipelajari.

Penelitian pengembangan ini dilatarbelakangi oleh penelitian-penelitian terdahulu. Penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh Anugrah (2023) mengembangkan alat praktikum hukum Boyle, tetapi belum memiliki bahan ajar penunjang. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Widhiastari and Redhana (2021) terbukti bahwa bahan ajar yang dikembangkan dapat membantu peserta didik memahami tiga level representasi untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Wahyuni *et al.* (2021) menyimpulkan bahwa *e-LKPD* dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis. Berdasarkan hasil penelitian Khalifah dkk. (2021) terbukti bahwa *LKPD* yang dikembangkan sangat layak untuk melatih kemampuan berpikir kritis.

Berdasarkan penjelasan tersebut dapat diketahui bahwa pengembangan bahan ajar atau *e-LKPD* dengan berbagai macam model pembelajaran dan metode penelitian dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Sebagai solusi dari permasalahan tersebut dilakukan pengembangan produk berupa *e-LKPD* berbasis *Project* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka diidentifikasi masalah sebagai berikut.

1. Bagaimanakah *e-LKPD* berbasis *Project* yang valid untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada materi hukum Boyle?
2. Bagaimanakah kepraktisan *e-LKPD* berbasis *Project* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada materi hukum Boyle?
3. Bagaimanakah keefektifan *e-LKPD* berbasis *Project* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada materi hukum Boyle?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, disusun tujuan penelitian sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan *e-LKPD* berbasis *Project* yang valid untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada materi hukum Boyle.
2. Mendeskripsikan kepraktisan *e-LKPD* berbasis *Project* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada materi hukum Boyle.
3. Mendeskripsikan keefektifan *e-LKPD* berbasis *Project* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada materi hukum Boyle.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi Peserta Didik
Memberikan bahan ajar penunjang pembelajaran berupa *e-LKPD* berbasis *Project* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada materi hukum Boyle.
2. Bagi Guru
Memberikan sebuah solusi pembelajaran bagi guru yang mudah diakses dan dapat menciptakan suasana pembelajaran yang lebih bermakna dan meningkatkan keterampilan berpikir kritis.

3. Bagi Sekolah

Memberikan media pembelajaran yang menarik sebagai alternatif dan wawasan baru dalam membantu dan mempermudah proses mengajar ataupun memandu praktikum pada materi hukum Boyle.

4. Bagi Peneliti Lain

Memberikan sebuah informasi terkait pembelajaran yang menggunakan e-LKPD untuk dapat meneruskan kembali penelitian dengan menggunakan variabel yang berbeda.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. *E-LKPD* dikembangkan dengan aktivitas model pembelajaran *Project* menurut Lucas (2007) dengan tahapan yaitu *start with the essential question, design a plan for the project, create a schedule, monitor the students and the progress of the project, assess the outcome and evaluate the experience*.
2. *E-LKPD* dikembangkan dengan tujuan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Indikator keterampilan berpikir kritis yang digunakan terdiri dari: memberikan penjelasan sederhana, membangun keterampilan dasar, menyimpulkan, membuat penjelasan lebih lanjut, serta membuat strategi dan taktik, yang diadaptasi dari Ennis (1985).
3. Kevalidan *e-LKPD* di tentukan oleh 3 orang ahli validator yaitu 1 dosen Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Lampung dan 2 guru SMA melalui pengisian angket uji validitas.
4. Kepraktisan *e-LKPD* yang dimaksud pada penelitian pengembangan di ukur melalui uji keterbacaan, respon peserta didik dan uji persepsi guru.
5. Keefektifan *e-LKPD* yang dimaksudkan pada penelitian ini mengacu pada hasil belajar keterampilan berpikir kritis peserta didik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik

LKPD merupakan sebuah perangkat pembelajaran yang berperan penting dalam pembelajaran (Pulungan dkk., 2020). Menurut Prastowo (2015) LKPD adalah bahan ajar cetak yang berisi materi, ringkasan, dan instruksi yang harus dilakukan peserta didik. Tugas-tugas ini sudah disesuaikan dengan kompetensi dasar yang harus dimiliki peserta didik (Gustama dkk., 2018). Tugas-tugas yang diberikan dalam LKPD harus jelas dan sesuai dengan materi yang diajarkan sehingga kompetensi dasar dan tujuan pembelajaran yang akan dicapai dapat tercapai dengan baik, sesuai dengan apa yang diharapkan.

LKPD menurut Prastowo (2015) memiliki 4 fungsi sebagai berikut: 1) Sebagai bahan ajar yang meminimalkan peran pendidik, tetapi lebih mengaktifkan peserta didik. 2) Sebagai bahan ajar yang mempermudah untuk memahami materi yang diberikan. 3) Sebagai bahan ajar yang ringkas dan kaya tugas untuk berlatih. 4) Memudahkan pelaksanaan pengajaran kepada peserta didik. Adapun langkah-langkah dalam menyusun LKPD adalah sebagai berikut:

a. Melakukan Analisis Kurikulum

Analisis kurikulum adalah langkah pertama dalam penyusunan LKPD. Tujuan dari langkah ini adalah untuk menentukan materi mana yang membutuhkan bahan terbuka LKPD.

b. Menyusun peta kebutuhan LKPD

Peta kebutuhan LKPD sangat diperlukan untuk mengetahui jumlah yang harus ditulis serta melihat sekuensi atau urutannya. Langkah ini biasanya diawali dengan analisis kurikulum dan analisis sumber belajar.

c. Menentukan judul LKPD

Judul ditentukan dengan melihat hasil analisis standar kompetensi dan kompetensi dasar, materi-materi pokok, atau dari pengalaman belajar yang terdapat dalam kurikulum. Satu kompetensi dasar dapat dikembangkan menjadi sebuah judul LKPD apabila kompetensi dasar tersebut tidak terlalu besar.

d. Penulisan LKPD

Dalam penulisan LKPD terdapat langkah-langkah yang harus diperhatikan, yaitu: merumuskan kompetensi dasar, menentukan alat penilaian, menyusun materi, memperhatikan struktur LKPD.

Seiring dengan kemajuan teknologi saat ini, sebagian besar peserta didik lebih tertarik pada bahan ajar yang memanfaatkan media lain seperti komputer, laptop, atau smartphone daripada bahan ajar yang berbentuk cetak (Haryanto *et al.*, 2019). *E-LKPD* adalah jenis LKPD interaktif yang dilakukan secara digital dan dilakukan secara sistematis dan berkesinambungan selama jangka waktu tertentu. *E-LKPD* juga membantu dan memfasilitasi interaksi antara pendidik dan peserta didik yang menghasilkan peningkatan hasil belajar peserta didik (Ranti and Usmeldi, 2019). *E-LKPD* lebih menjadi interaktif karena tidak hanya menyajikan materi tetapi juga dilengkapi dengan gambar dan video, yang dapat membantu peserta didik lebih memahami apa yang mereka pelajari (Hayati dkk., 2015).

Menurut Trianto (2007) ada beberapa standar untuk *e-LKPD*, yaitu mendorong peserta didik untuk berpartisipasi secara aktif, membuat lingkungan belajar yang menyenangkan, memberikan pengalaman langsung kepada peserta didik, dan menggabungkan pengetahuan secara keseluruhan. Hal ini sejalan dengan pendapat Asyhari dkk. (2016) yang menyatakan bahwa

karakteristik LKPD meliputi kedekatan tema ajar dengan kehidupan sehari-hari peserta didik. Pendapat tersebut menyatakan bahwa karakteristik LKPD berkaitan dengan tema pembelajaran dan kehidupan sehari-hari peserta didik, dan tetap mengacu pada kompetensi yang akan dicapai.

Berdasarkan pendapat tersebut menunjukkan bahwa *e*-LKPD harus memenuhi lima karakter yaitu disusun berdasarkan kurikulum yang berlaku, fokus pada tujuan yang telah ditetapkan dan dicapai, fokus pada pembelajaran yang telah diinginkan, penyajian harus memperhatikan dan menyesuaikan karakteristik kognisi peserta didik, dan *e*-LKPD harus mengarahkan dan mendorong kreativitas peserta didik.

2.2 Pembelajaran Berbasis *Project* (*Project Based Learning*)

Pembelajaran berbasis *Project* adalah model pembelajaran yang berpusat pada proses, fokus pada masalah, dan menggabungkan konsep dari berbagai disiplin ilmu, pengetahuan, dan lapangan (Kristanti dkk., 2016). Dengan model *Project based learning* menuntut peserta didik untuk mengonstruksi pengetahuan mereka, setiap anggota kelompok memiliki tanggung jawab untuk menyelesaikan tugas *Project*, sehingga tidak ada yang dianggap menumpang kepada anggota kelompok lainnya. Akibatnya, peserta didik dapat berpartisipasi sepenuhnya dalam proses belajar (Sucipto, 2017).

Pembelajaran berbasis *Project* adalah metode pembelajaran yang mengutamakan peserta didik untuk mengeksplorasi berbagai disiplin ilmu. Hasilnya dapat digunakan sebagai materi pembelajaran di dunia nyata. Pembelajaran berbasis *Projet* merupakan pendekatan pembelajaran yang kompleks di mana peserta didik diminta untuk berkolaborasi dalam kelompok, membuat prediksi, mengambil keputusan, bertukar ide, dan mempresentasikan ide dan hasil temuan mereka kepada orang lain (Blumenfeld *et al.*, 1991).

Pembelajaran berbasis *Project* melibatkan peserta didik dalam memahami konsep-konsep dasar dan melihat bagaimana konsep-konsep ini dalam dunia nyata. Pembelajaran berbasis *Project* mampu dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik (Bell, 2010). Pembelajaran dengan kerja *Project* berupa alat praktikum merupakan pembelajaran dengan keterbatasan perangkat laboratorium yang berpusat pada peserta didik. Hal ini penting dan bermanfaat bagi peserta didik untuk mengembangkan tiga ranah pembelajaran yaitu; kognitif, afektif, dan psikomotor. Banyak keterampilan yang dapat diperoleh dari kegiatan tersebut antara lain keterampilan observasi, pengukuran, klasifikasi, pencatatan data, membuat hipotesis, menggunakan data dan memperoleh kemampuan dalam membuat, mengubah dan mengendalikan variabel, serta melakukan percobaan ilmiah. Praktikum dengan keterbatasan perangkat laboratorium, dapat dilakukan dengan membuat alat praktikum lain yang terbuat dari bahan bekas (Sumarni *et al.*, 2016).

Salah satu tujuan pembelajaran berbasis *Project* adalah untuk meningkatkan kemampuan peserta didik dalam memecahkan masalah *Project*, mendapatkan pengetahuan dan keterampilan baru, dan menjadi lebih aktif dan kreatif dalam memecahkan masalah yang sulit (Suciani dkk., 2018). Karakteristik pembelajaran *Project based learning* menurut Hosnan (2014) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik *Project based learning*

| No | Karakteristik |
|----|--|
| 1. | Peserta didik mengambil keputusan sendiri dalam kerangka kerja yang telah ditentukan sebelumnya. |
| 2. | Peserta didik berusaha memecahkan sebuah masalah atau tantangan yang tidak memiliki satu jawaban yang pasti. |
| 3. | Peserta didik ikut merancang proses yang akan ditempuh dalam mencari solusi. |
| 4. | Peserta didik didorong untuk berpikir kritis, memecahkan masalah, berkolaborasi, serta mencoba berbagai macam bentuk komunikasi. |
| 5. | Peserta didik bertanggungjawab mencari dan mengelola sendiri informasi yang mereka kumpulkan. |
| 6. | Evaluasi dilakukan secara terus menerus selama <i>Project</i> berlangsung. |

| No | Karakteristik |
|----|--|
| 7. | Peserta didik secara reguler merefleksikan dan merenungi apa yang telah mereka lakukan, baik secara proses maupun hasilnya |
| 8. | Produk akhir berupa <i>Project</i> yang dipresentasikan. |
| 9. | Di dalam kelas dikembangkan suasana penuh toleransi terhadap kesalahan dan perubahan, serta mendorong bermunculnya umpan balik serta revisi. |

(Hosnan, 2014)

Penerapan pembelajaran berbasis *project* memiliki langkah pembelajaran.

Adapun langkah pembelajaran berbasis *project* menurut Lucas (2007), sebagai berikut:

1. *Start With the Essential Question* (Dimulai dengan Pertanyaan Mendasar)
Pembelajaran yang dimulai dengan pertanyaan *driving question* yang dapat memberi penugasan kepada peserta didik sehingga melakukan suatu aktivitas. Guru mengaitkan materi pembelajaran dengan fenomena yang nyata, dan dimulai dengan sebuah investigasi mendalam. Fenomena yang dikaitkan dengan materi pembelajaran diusahakan relevan untuk peserta didik.
2. *Design a plan for the Project* (Menyusun Perencanaan *Project*)
Perencanaan dilakukan secara kolaboratif antara guru dengan peserta didik. Dengan demikian peserta didik diharapkan dapat merasa memiliki atas *Project* 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 *Project*.
3. *Create a schedule* (Penyusunan Jadwal)
Guru dan peserta didik secara kolaboratif menyusun jadwal aktivitas dalam menyelesaikan *Project*. Aktivitas penyusunan jadwal ini terdiri dari membuat *timeline* untuk menyelesaikan *Project*, membuat tenggat waktu penyelesaian *Project*, menuntun peserta didik untuk merencanakan cara yang baru, membimbing peserta didik ketika melakukan cara yang tidak

berguna dalam menyelesaikan *Project*, dan memberikan peserta didik kebebasan untuk menjelaskan.

4. *Monitor the Students and the progress of the Project* (Memonitor Peserta Didik dan Kemajuan *Project*)

Guru bertanggung jawab untuk melakukan monitor terhadap aktivitas peserta didik selama menyelesaikan *Project*. Pengawasan dilakukan dengan cara memfasilitasi peserta didik pada setiap prosesnya. Pengawasan dapat dilakukan dengan membuat sebuah rubrik penilaian yang dapat merekam aktivitas penting peserta didik.

5. *Assess the Outcome* (Penilaian Hasil)

Penilaian hasil dilakukan untuk mengukur ketercapaian standar peserta didik, mengevaluasi kemajuan individual peserta didik, memberikan *feedback* atau umpan balik tentang tingkat pemahaman yang telah dicapai peserta didik, membantu pengajar dalam menyusun strategi pembelajaran di pertemuan selanjutnya.

6. *Evaluate the Experience* (Evaluasi Pengalaman)

Guru dan peserta didik melakukan refleksi terhadap aktivitas dan hasil *Project* yang sudah diselesaikan. Pada tahap ini peserta didik diminta untuk mengungkapkan perasaan dan pengalamannya selama menyelesaikan *Project*.

Penerapan suatu model pembelajaran berbasis *Project* perlu dipandu menggunakan lembar kerja, agar sintak-sintaknya dapat dilaksanakan secara sistematis, dalam hal ini adalah *e-LKPD* (Fadiawati & Syamsuri, 2018). *E-LKPD* merupakan salah satu media pembelajaran elektronik, yang digunakan sebagai alat bantu bagi guru dalam menyampaikan materi kepada peserta didik. Dalam pembelajaran berbasis *Project* memungkinkan peserta didik untuk berlatih dan menampilkan produk yang baik. Melakukan kegiatan berlatih dan menampilkan produk yang baik secara konsisten akan mengembangkan keterampilan hidup seperti penyelesaian masalah,

keaktivitas, komunikasi, kolaborasi, manajemen waktu, tanggung jawab, dan etos kerja yang baik. Pembelajaran berbasis *Project* dapat meningkatkan keterampilan hidup peserta didik yang dapat melibatkan peserta didik dalam proses pembelajaran yang efektif. Selain itu, pembelajaran berbasis *Project* dapat meningkatkan keinginan siswa untuk mendapatkan pembelajaran yang relevan dan bermakna (Wurdinger, 2016).

2.3 Teori Belajar

Pengembangan *e-LKPD* berbasis *Project* secara garis besar didukung oleh teori-teori belajar, seperti; teori belajar bermakna Ausubel, teori belajar konstruktivisme sosial, teori belajar kognitif dan teori belajar multimedia. Masing-masing teori tersebut dijelaskan sebagai berikut.

2.3.1 Teori Belajar Bermakna Ausubel

Pembelajaran bermakna merupakan suatu proses menghubungkan informasi baru pada konsep-konsep relevan yang terdapat dalam struktur kognitif seseorang. Pembelajaran bermakna diawali dengan pengamatan, di mana konstruksi pengetahuan dimulai dengan pengamatan dari peristiwa dan objek melalui konsep-konsep yang sudah dimiliki. Dalam pembelajaran bermakna, peserta didik harus menghubungkan pengetahuan yang disusun oleh peserta didik berdasarkan struktur kognitif yang dimiliki peserta didik, sehingga peserta didik mampu menghubungkan pengetahuan baru yang diperoleh dengan struktur kognitif yang telah mereka miliki sebelumnya (Ausubel and Fitzgerald, 2014).

Novak (2011) menyatakan bahwa ada tiga persyaratan yang diperlukan agar berlangsungnya suatu pembelajaran bermakna, yaitu: (1) Materi yang dipelajari harus bermakna secara potensial artinya, materi harus memiliki kebermaknaan logis, konsisten dengan yang telah diketahui peserta didik, dan harus sesuai dengan tingkat perkembangan dalam

struktur kognitif peserta didik; (2) Harus memiliki konsep dan proposisi yang relevan dalam struktur kognitifnya; (3) Peserta didik harus memilih untuk menghubungkan dan mengintegrasikan pengetahuan baru dengan pengetahuan yang telah dimiliki yang relevan dalam struktur kognitifnya.

Menurut Novak (2011) menyatakan bahwa guru harus memastikan bahwa pelajaran tidak dipelajari secara menghafal. Pembelajaran yang berorientasi pada pencapaian pemahaman adalah jenis pembelajaran yang memungkinkan siswa untuk menghubungkan dan memperluas pengetahuan mereka dari materi pelajaran yang telah mereka pelajari sebelumnya. Dengan menghubungkan masalah baru dengan pengalaman belajar sebelumnya dan menciptakan hubungan antara ide dan konsep yang sedang mereka pelajari, pembelajaran yang mengkondisikan peserta didik untuk membangun makna dengan fokus pada aktivitas yang menggunakan pengetahuan berdampak pada terbentuknya kemampuan kritis dan kreatif peserta didik.

2.3.2 Teori Belajar Konstruktivis Sosial

Teori belajar sangat penting untuk suatu pengajaran yang efektif, karena teori belajar menjelaskan berbagai aspek dalam proses pembelajaran. Salah satu teori belajar yang diterapkan pada pembelajaran berbasis *Project* adalah teori belajar konstruktivis sosial, yaitu teori belajar yang membangun konsep pemikiran peserta didik melalui interaksi dengan lingkungan sosial maupun fisik. Konstruktivis sosial mengacu pada konteks sosial dalam proses pembelajaran di mana pengetahuan ditingkatkan serta dikembangkan secara berkelompok (Santrock, 2009). Konstruktivis sosial menekankan peserta didik untuk melatih proses pembentukan pengetahuan pada diri peserta didik. Informasi ilmu yang diperoleh didapatkan melalui komunikasi dengan peserta didik lainnya dengan demikian mental

peserta didik justru terjadi lewat proses kerjasama dengan peserta didik lain (Vygotsky, 1989).

Teori konstruktivis sosial (*social constructivist theory*) menjelaskan bahwa pengetahuan dibangun secara sosial dalam komunitas praktik, yaitu dengan belajar dalam kelompok kecil. Guru dalam hal ini berperan sebagai fasilitator dalam proses pembelajaran yang mana peserta didik sendiri yang bertanggung jawab dalam memecahkan masalah (Newman, 2005).

Konstruktivis sosial suatu teori yang menganggap pengalaman peserta didik dapat mempengaruhi pengetahuan setiap individu tersebut. Dengan demikian, proses melalui aktivitas belajar kelompok yang memungkinkan peserta didik mengalami pengalaman belajar, bekerja sama, dan bimbingan dari guru yang berkualitas membuat pembelajaran bermakna. Menurut Akpan dkk. (2020) peran guru sebagai pembimbing peserta didik sangat penting. Mereka mengatakan bahwa guru harus menggunakan metode berikut dalam pengajaran mereka: a) pembelajaran harus dipusatkan pada peserta didik; b) belajar secara kolaboratif, sehingga peserta didik dapat bekerja sama dan memecahkan masalah dalam kelompok; dan c) guru harus membantu peserta didik menjadi konstruktivis sosial dalam kegiatan mereka.

Berdasarkan pemaparan tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa teori belajar konstruktivis sosial menekankan bagaimana seorang guru dapat mengaktifkan peserta didik mereka melalui belajar dalam kelompok kecil. *E-LKPD* yang dikembangkan oleh peneliti sejalan dengan teori konstruktivis, karena *e-LKPD* ini lebih menekankan pada pembelajaran yang fokus pada peserta didik (*Student Center*). Dengan demikian, *e-LKPD* ini memungkinkan peserta didik untuk mengeksplorasi, bekerja sama, dan memahami representasi yang

berbeda, seperti teks, gambar, dan video, sehingga meningkatkan pemahaman mereka tentang materi.

2.3.3 Teori Belajar Kognitif

Teori belajar kognitif adalah perkembangan dari teori behavior karena *behaviorist* gagal menjelaskan mengapa dan bagaimana individu memahami dan memproses informasi. Aspek yang dominan dalam teori belajar kognitif adalah melibatkan interaksi antara komponen mental dan informasi yang diolah melalui jaringan yang kompleks. Teori belajar kognitif digunakan untuk melihat peserta didik dalam menjelaskan suatu pembelajaran berdasarkan otak atau pikiran dan meninjau kemampuan memori untuk dapat bekerja sehingga dapat mempromosikan pengetahuan, didasarkan pada penekanan mental untuk dapat mengolah informasi baru seperti memaknai penjelasan, menafsirkan grafik, dan menghubungkan konsep baru terhadap pengetahuan sebelumnya (Herlina, 2020).

2.3.4 Teori Belajar Multimedia

Teori kognitif pembelajaran multimedia mengusulkan penggunaan bahan ajar multimedia untuk mendukung pemahaman yang mendalam sehingga menghasilkan pembelajaran yang bermakna. Teori ini berfokus pada representasi dalam arti kombinasi teks dan gambar. Prinsip multimedia menurut Mayer (2002) menyatakan bahwa "Peserta didik belajar lebih baik dari kata-kata dan gambar dibandingkan dari kata-kata saja". Prinsip ini didasarkan pada asumsi bahwa kata-kata dan gambar berbeda secara kualitatif dalam informasi yang dikandungnya; dan karena diproses melalui saluran yang berbeda, isi informasi yang berbeda sedang dipelajari dan (ketik pembelajaran berlangsung secara optimal) diintegrasikan ke dalam model mental yang koheren (Mayer and Moreno, 2002).

Menurut Mayer and Moreno (2002), terdapat prinsip-prinsip desain instruksional sebagai pendukung pembelajaran multimedia yang bertujuan untuk mengembangkan pengetahuan pada peserta didik, yaitu prinsip *multiple representation*, *contiguity*, *coherence*, *modality*, dan *redundancy*. Prinsip *multiple representation* menyatakan bahwa menyajikan penjelasan dalam kata-kata dan gambar dari pada hanya dengan kata-kata. Prinsip *contiguity* adalah untuk menyajikan kata-kata dan gambar yang sesuai secara bersamaan dari pada secara terpisah saat memberikan penjelasan multimedia. Prinsip *coherence* menyatakan bahwa penjelasan multimedia mudah dipahami jika mengandung jumlah kata dan suara yang tidak biasa. Prinsip *modality* memungkinkan kata-kata berfungsi sebagai narasi pendengaran pada berfungsi sebagai teks visual di layar. Prinsip *redundancy* memungkinkan animasi dan narasi dari pada menampilkan animasi dan narasi di layar

Dalam multimedia ini, bahan ajar yang dikembangkan, yaitu pada *e-LKPD*. *E-LKPD* ini dibuat menggunakan aplikasi *canva* yang memungkinkan integrasi gambar, animasi, video, diagram, dan bahkan teks. Selain menjadikan pembelajaran lebih inventif, hal ini memotivasi, menarik, dan memberikan akses yang cepat dan mudah, serta mendorong peserta didik untuk mengendalikan dan mempertahankan minat mereka dalam pendidikan mereka.

2.4 Keterampilan Berpikir Kritis

Keterampilan berpikir perlu dilatih pada peserta didik agar mampu menghadapi tuntutan pembelajaran abad 21, salah satunya yaitu berpikir kritis. Berpikir kritis adalah tindakan kognitif yang menggunakan nalar. Belajar berpikir kritis berarti menggunakan proses mental seperti memperhatikan, mengkategorikan, menyeleksi, dan menilai atau memutuskan. Keterampilan berpikir kritis memberikan arah yang tepat untuk berpikir dan bekerja, serta membantu dalam menentukan dengan lebih akurat bagaimana sesuatu

berkaitan dengan hal lain. Kemampuan berpikir kritis sangat penting untuk mengelola proyek dan memecahkan masalah (Amri & Ahmadi, 2015).

Berpikir kritis melibatkan aktivitas, termasuk menganalisis, mensintesis, membuat penilaian, menciptakan, dan menerapkan pengetahuan baru pada situasi dunia nyata (Khalilah dkk., 2020). Berpikir kritis dapat diterapkan dalam pembelajaran pengetahuan prosedural, seperti pembelajaran praktikum agar fakta-fakta yang terkandung dalam pengetahuan konseptual lebih dipahami secara luas (Widiana *et al.*, 2019).

Pembelajaran praktikum menuntut peserta didik untuk mampu menghubungkan fakta yang ditemukan di lapangan dengan konsep yang telah dipelajari (Nisa *et al.*, 2018). Melalui kegiatan praktikum, peserta didik diharapkan dapat mengembangkan keterampilan berpikir yang dapat membantu memecahkan masalah (Ariyati, 2012). Pemanfaatan kegiatan praktikum dalam proses pembelajaran memungkinkan guru untuk melihat keterampilan peserta didik, salah satunya adalah keterampilan berpikir kritis.

Keterampilan berpikir kritis menurut Ennis (1985) didefinisikan sebagai cara berpikir secara kritis atau berdasarkan penalaran dengan tujuan menentukan apa yang harus diyakini dan dilakukan. Sedangkan menurut Yildirim (2011) berpikir kritis adalah proses pencarian, evaluasi, perolehan, analisis masalah, dan konsepsi suatu informasi sebagai panduan untuk mengembangkan pemikiran seseorang dengan kesadaran diri dan menggunakan kemampuan mereka untuk menambahkan kreativitas ke dalam tindakan.

Berdasarkan definisi tersebut dapat diketahui bahwa keterampilan berpikir kritis adalah suatu pemikiran yang reflektif ditinjau dari informasi yang ada dengan menganalisis masalah, serta mengacu pada penalaran untuk menentukan hal-hal yang harus diyakini dan dilakukan. Indikator keterampilan berpikir kritis yang digunakan dalam penelitian ini adalah menurut Ennis (1985) dengan indikator yang tertuang pada Tabel 2.

Tabel 2. Indikator Keterampilan Berpikir Kritis

| No | Indikator Berpikir Kritis | Sub Indikator Berpikir Kritis |
|----|---|--|
| 1 | Memberikan Penjelasan Sederhana (<i>Elementary Clarification</i>) | Fokus pada pertanyaan, menganalisis pertanyaan dan bertanya, bertanya dan menjawab penjelasan atau pertanyaan yang menantang |
| 2 | Membangun Keterampilan Dasar (<i>Basic Support</i>) | Mempertimbangkan apakah sumber dapat dipercaya atau tidak, mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi |
| 3 | Membuat Kesimpulan (<i>Inference</i>) | Mendeduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi, menginduksi dan mempertimbangkan hasil induksi, dan membuat dan menentukan hasil pertimbangan |
| 4 | Membuat Penjelasan Lebih Lanjut (<i>Advanced Clarification</i>) | Mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan suatu definisi, serta mengidentifikasi asumsi |
| 5 | Mengatur Strategi dan Taktik (<i>Strategy and Tactics</i>) | Menentukan tindakan dan berinteraksi dengan orang lain |

(Ennis, 1985)

Meningkatkan keterampilan berpikir kritis dapat menjadikan peserta didik terbiasa dalam menata pola pikir dan keterampilan pada saat proses pembelajaran sehingga peserta didik mampu untuk mengatasi suatu permasalahan. Salah satu cara untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik, yaitu dengan melibatkan peserta didik dalam pembelajaran *hands-on activity* (Agustia *et al.*, 2019).

2.5 Hands-on Activity

Hands on activity merupakan suatu kegiatan yang dirancang untuk melibatkan peserta didik dalam menggali informasi dan bertanya, beraktivitas dan menemukan, mengumpulkan data dan menganalisis serta membuat kesimpulan sendiri (Kartono, 2010). Peserta didik diberi kebebasan dalam mengkonstruksi pemikiran dan temuan selama melakukan kegiatan sehingga peserta didik melakukan sendiri dengan tanpa beban, menyenangkan dan dengan motivasi yang tinggi.

Melalui *hands on activity* akan terbentuk suatu penghayatan dan pengalaman untuk menetapkan suatu pengertian (penghayatan) karena mampu membelajarkan secara bersama-sama kemampuan psikomotorik (keterampilan), pengertian (pengetahuan) dan afektif (sikap) yang biasanya menggunakan sarana laboratorium dan atau sejenisnya. Selain itu, *hands on activity* juga dapat memberikan penghayatan secara mendalam terhadap apa yang dipelajari, sehingga apa yang diperoleh oleh peserta didik tidak mudah dilupakan. Pada *hands on activity* peserta didik akan memperoleh pengetahuan tersebut secara langsung melalui pengalaman sendiri.

Hands-on activity adalah belajar dengan perbuatan yang memungkinkan anak agar berpikir kritis dalam belajar. Pembelajaran *hands-on activity* tidak hanya mengelola atau memodifikasi materi saja, namun melibatkan kedalaman penyelidikan menggunakan ide, objek, dan materi, serta kedalaman penggambaran terkait penyelidikan yang dilakukan (Sadi & Cakiroglu, 2011). Melalui *hands-on activity* guru memiliki kesempatan untuk memanfaatkan bahan-bahan sederhana yang mudah diperoleh untuk digunakan di dalam kelas demi menarik perhatian peserta didik, serta membuat pelajaran lebih menyenangkan. Holstermann *et al.* (2010) mengungkapkan bahwa, terdapat korelasi antara *hands-on activity* dengan minat belajar, dimana minat belajar peserta didik akan meningkat ketika pembelajaran dilakukan dengan *hands-on activity*.

Berdasarkan penjelasan yang tersebut, dapat diketahui bahwa *hands-on activity* didefinisikan sebagai pembelajaran dengan perbuatan dalam hal ini perbuatan tersebut diantaranya adalah kegiatan eksperimen, dan *hands-on activity* termasuk dalam domain psikomotor. Kegiatan *hands-on activity* ada pada saat peserta didik menggunakan alat praktikum hukum Boyle ini untuk melakukan penyelidikan dalam kegiatan pembelajaran.

2.6 Hukum Boyle

Hukum Boyle merupakan konsep yang membahas tentang hubungan tekanan, volume, dan suhu dalam suatu ruang tertutup. Konsep ini penting untuk dipahami dalam pembelajaran fisika peserta didik sering mengalami kesulitan dalam memahaminya. Kesulitan yang dialami peserta didik dalam mempelajari materi hukum Boyle yaitu, peserta didik kesulitan dalam memahami konsep dasar hukum Boyle, memahami konsep tekanan, volume dan suhu secara terpisah dan bagaimana ketiganya saling berhubungan, kesulitan dalam memahami persamaan matematis yang terkait dengan konsep hukum Boyle serta kesulitan dalam menerapkan konsep hukum Boyle dalam kehidupan nyata. Berdasarkan kesulitan yang dialami oleh peserta didik tentunya sangat membutuhkan media yang dapat menjelaskan konsep materi hukum Boyle dengan melalui sebuah percobaan (Handoyo, 2007).

Boyle merupakan sebuah hukum fisika yang menerangkan mengenai bagaimana adanya suatu hubungan antara tekanan (P) dengan volume (V) pada suatu gas. Di mana pada mulanya hukum pertama kali ditemukan oleh salah seorang yang bernama Robert Boyle pada tahun (1627-1691). Robert Boyle melakukan penelitian mengenai hubungan antara tekanan (P) dan Volume (V) ketika gas berada dalam suhu (T) tetap. Dari hasil penelitiannya tersebut, Robert Boyle memperoleh jawaban di mana bahwa hasil kali tekanan dan volume gas yang ada di dalam ruangan tertutup akan tetap atau konstan.

Dengan adanya pernyataan yang sesuai dengan hasil penemuannya maka hukum Robert Boyle ini disebut dengan hukum Boyle, yang memiliki bunyi: "Pada suhu tetap, adanya tekanan gas yang terjadi didalam suatu ruang tertutup akan berbanding terbalik dengan volumenya". Dalam hukum Boyle ditegaskan bahwa suatu proses temperatur konstan, tekanan gas akan berbanding terbalik dengan volumenya (Young dan Freedman, 2002). Secara matematis, dinyatakan dengan persamaan berikut ini.

$$p \propto \frac{1}{v} \text{ atau } PV = \text{konstan}$$

dengan V = Volume (m^3) dan P = Tekanan (Pa).

Pada kondisi temperatur yang konstan, jumlah energi yang diberikan pada sistem adalah sama, maka dari itu nilai k akan tetap sama. Jika jumlah partikel gas konstan, sama seperti besar temperatur, maka nilai tekanan dan volume gas awal dan akhir dapat dinyatakan dengan persamaan

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

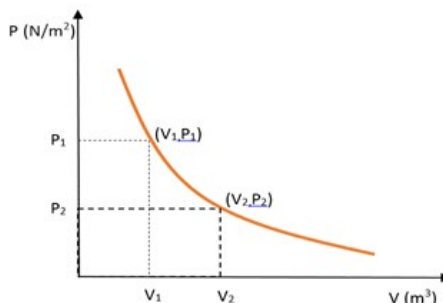
Keterangan:

P_1 adalah tekanan gas pada keadaan 1 (N/m^2)

V_1 adalah volume gas pada keadaan 1 (m^3)

P_2 adalah tekanan gas pada keadaan 2 (N/m^2)

V_2 adalah volume gas pada keadaan 2 (m^3)



Gambar 1. Grafik Hubungan Tekanan terhadap Volume pada Suhu Konstan

2.7 Alat Praktikum Hukum Boyle

Pembelajaran fisika sering kali membutuhkan media tambahan untuk menjelaskan materi melalui kegiatan eksperimen, salah satunya alat praktikum (Herlina *et al.*, 2022). *E-LKPD* yang dikembangkan pada penelitian ini didasarkan oleh alat praktikum yang dikembangkan oleh Anugrah (2023). Alat praktikum ini terdiri dari dua bagian utama yang dapat dilihat pada Gambar 2

dan Gambar 3. Bagian pertama terdiri dari piston dan manometer dan bagian kedua terdiri dari rangkaian kerangka dan sambungan selang yang dihubungkan pada ujung piston dan manometer.



Gambar 2. Rangkaian Piston dan Manometer



Gambar 3. Rangkaian Kerangka

Rangkaian piston dan manometer terdiri dari 1 buah spuit berukuran 100 cc yang dihubungkan satu sama lain dengan menggunakan selang. Salah satu spuit digunakan untuk memompa udara dengan menggunakan piston. Sementara itu, salah satu sambungan selang dipasang ke manometer untuk membaca besar tekanan udara yang tertampung dalam spuit yang dimampatkan. Rangkaian kerangka untuk alat praktikum hukum Boyle ini terbuat dari papan pada bagian bawah berbentuk persegi yang masing-masing sisinya berukuran 15 cm. Persegi bagian atas ini berguna sebagai tempat berdirinya spuit yang digunakan dengan cara menarik dan mendorong piston spuit. Salah satu sambungan selang dihubungkan pada ujung manometer yang digunakan untuk membaca besar tekanan udara. Persegi bagian bawah ini berguna menjaga kestabilan alat praktikum agar tidak jatuh ketika piston ditekan.

Prinsip kerja dari alat praktikum hukum Boyle ini yaitu dengan menarik dan mendorong piston spuit. Pada saat menarik piston ke atas, maka tekanan gas akan turun dan volume gas akan naik. Ketika piston digerakkan ke bawah maka tekanan gas akan naik dan volume gas akan turun. Fenomena yang ditunjukkan dalam percobaan ini sesuai dengan bunyi hukum Boyle yaitu pada suhu tetap, adanya tekanan gas yang terjadi di dalam suatu ruang tertutup maka akan berbanding terbalik dengan volumenya. Sehingga dapat dilakukan pengukuran tekanan udara menggunakan manometer yang dipasang pada salah satu sambungan selang, maka dapat dihitung besar volume gas untuk tiap-tiap kenaikan tekanan.

2.8 Keterkaitan Aktivitas Praktikum dengan Keterampilan Berpikir Kritis

Keterampilan berpikir kritis menjadi alat yang diperlukan untuk mempelajari dan memahami konsep fisika, tidak hanya ilmuwan saja melainkan individu juga harus memiliki keterampilan berpikir kritis agar dapat memecahkan permasalahan yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari (Sudarmani *et al.*,

2018). Keterampilan berpikir kritis dapat diterapkan dalam pembelajaran pengetahuan prosedural, seperti kegiatan praktikum, dan fakta-fakta yang terkandung dalam pengetahuan konseptual dapat dipahami lebih luas (Widiana *et al.*, 2019). Penggunaan Kegiatan praktikum dalam proses pembelajaran memungkinkan guru untuk melihat keterampilan peserta didik, salah satunya keterampilan berpikir kritis. Melalui kegiatan praktikum, peserta didik diharapkan dapat mengembangkan kemampuan berpikir yang dapat membantu memecahkan masalah yang ada di lingkungan sekitar. Peserta didik harus mempunyai keterampilan berpikir kritis dalam menganalisis fenomena-fenomena yang ditemukan disekitarnya (Ariyati, 2012).

Kegiatan praktikum menuntut peserta didik untuk mampu menghubungkan fakta yang ditemukan di lapangan dengan konsep yang telah dipelajari. Dalam kegiatan praktikum memerlukan kualitas berpikir yang lebih tinggi untuk menghubungkan fakta-fakta sehingga konsepnya dapat dipahami dengan tepat. Dengan melaksanakan kegiatan praktikum peserta didik mempelajari perumusan hipotesis, pembuktian teori melalui eksperimen, dan mampu mengambil kesimpulan merupakan indikator keterampilan berpikir kritis. Kegiatan praktikum sangat erat kaitannya dengan pengembangan keterampilan peserta didik berupa keterampilan berpikir kritis. Melalui keterampilan berpikir kritis, diharapkan bahwa peserta didik memiliki kemampuan untuk menggunakan metode ilmiah untuk mendapatkan informasi baru atau memperluas apa yang sudah mereka ketahui. Hal ini sejalan dengan teori belajar konstruktivis, yang mengatakan bahwa peserta didik secara aktif mengkonstruksi pengetahuan dari pengalaman mereka sendiri (Narayan *et al.*, 2013).

Pada kegiatan praktikum yang terdapat pada *e-LKPD* peserta didik secara tidak langsung melaksanakan indikator keterampilan berpikir kritis. Sebelum kegiatan percobaan, guru biasanya mendorong peserta didik untuk menentukan pertanyaan dasar dengan memberikan fenomena yang terkait dengan materi yang sedang dibahas. Pada tahap ini, peserta didik akan

melakukan kegiatan keterampilan berpikir kritis dengan indikator yang memberikan penjelasan sederhana tentang fenomena tersebut. Peserta didik dapat membuat hipotesis yang berkaitan dengan masalah yang sudah ditemukan kemudian berdiskusi untuk mendesaian *Project*. Setelah itu peserta didik akan menentukan jadwal pembuatan *Project*, membuat *Project* yang sudah direncanakan, dan melakukan uji coba produk dengan melaksanakan indikator mengatur strategi dan taktik, membuat penjelasan lebih lanjut, dan membuat kesimpulan.

2.9 Penelitian Relevan

Penelitian yang relevan dengan penelitian yang akan diteliti adalah terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penelitian Relevan

| Nama Peneliti | Nama Jurnal | Judul Artikel | Hasil Penelitian |
|--------------------------------------|--|--|--|
| (Khalifah., Sakti., & Sutarno, 2021) | Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains | Pengembangan LKPD berbasis <i>Project Based Learning</i> untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis pada Materi Induksi Elektromagnetik | Penelitian ini menghasilkan LKPD berbasis <i>Project based learning</i> untuk melatih keterampilan berpikir kritis. Dengan menggunakan model R&D (<i>Research and Development</i>). LKPD yang dikembangkan layak dan mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. |
| (Febriansyah <i>et al.</i> , 2021) | <i>Integrative Science Education and Teaching Activity Journal</i> | <i>Developing Electronic Student Worksheet (E-Worksheet) Based Project Using Fliphtml5 to Stimulate Science</i> | Penelitian ini mengembangkan e-LKPD berbasis proyek dengan menggunakan pendekatan <i>Design and Development (DDR)</i> . E-LKPD yang dikembangkan tersebut |

| Nama Peneliti | Nama Jurnal | Judul Artikel | Hasil Penelitian |
|--------------------------------|--|---|--|
| | | <i>Process Skills During the Covid-19 Pandemic</i> | dapat menstimulus keterampilan proses sains dan keterampilan kolaborasi peserta didik pada materi Interferensi Cahaya |
| (Widiastari & Redhana, 2021) | <i>International Conference Mathematics and Science Education (ICoMSE)</i> | <i>Improving Students Critical Thinking Skills Through a Multiple Representationbased Chemistry Teaching Book</i> | Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terbukti bahwa buku ajar berbasis multirepresentasi yang dikembangkan terbukti efektif membantu peserta didik memahami tiga level representasi kimia. Melalui analisis dan evaluasi representasi tersebut, peserta didik dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritisnya melalui buku ajar yang telah dikembangkan |
| (Wahyuni <i>et al.</i> , 2021) | Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika | <i>The Development of e-Students Worksheet on Environmental Pollution to Improving Critical Thinking Skills of Junior High School Student</i> | e-LKPD yang dikembangkan menggunakan metode penelitian 4-D dengan menggunakan pendekatan <i>Research and development</i> dengan bantuan aplikasi <i>liveworksheet</i> . e-LKPD yang dikembangkan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dengan hasil validitas dari ketiga validator bernilai 94% dan dinyatakan valid. |
| (Haiyah, N. & Fatimah, 2021) | <i>Jurnal Edukasi Matematika dan Sains</i> | Penerapan Model Pembelajaran <i>Project based Learning</i> (PjBL) untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis | Hasil penelitiannya menyatakan bahwa penerapan model pembelajaran <i>Project-based Learning</i> pada gelombang bunyi terjadi peningkatan kemampuan berpikir |

| Nama Peneliti | Nama Jurnal | Judul Artikel | Hasil Penelitian |
|---------------|-------------|---|--|
| | | pada Materi Gelombang Bunyi Kelas XI MAN 3 Bireuen | kritis peserta didik pada setiap aspek. |

Penelitian yang relevan di atas mendorong peneliti untuk mengembangkan sebuah *e-LKPD* yang memiliki kriteria sebagai berikut: 1) *e-LKPD* yang dikembangkan berbasis aktivitas model pembelajaran *Project* yang diadaptasi dari Lucas (2007). 2) *e-LKPD* yang dikembangkan didalamnya berisi media pendukung pembelajaran seperti video pembelajaran dalam kehidupan sehari-hari, gambar, animasi, dan latihan soal interaktif serta dilengkapi dengan alat peraga hukum Boyle. 3) *e-LKPD* dikembangkan dengan tujuan meningkatkan keterampilan berpikir kritis yang indikatornya diadaptasi dari Ennis (1985). Berdasarkan penjelasan tersebut peneliti mengembangkan sebuah *e-LKPD* dengan judul “Pengembangan *e-LKPD* berbasis *Project* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada materi hukum Boyle”.

2.10 Kerangka Pemikiran

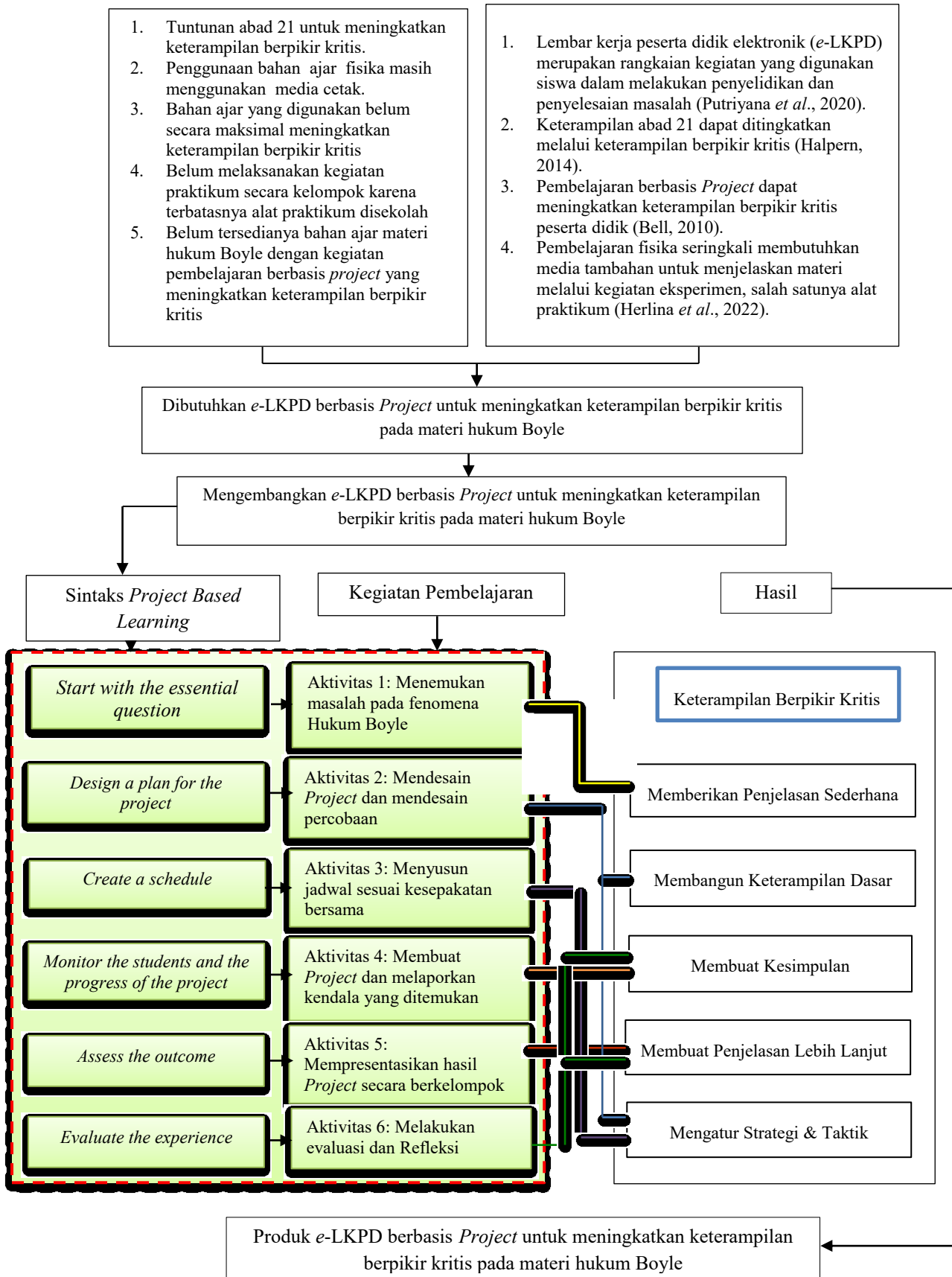
Bahan ajar merupakan salah satu sumber pembelajaran yang digunakan dapat membantu guru dalam kegiatan belajar mengajar di kelas, salah satunya yaitu *e-LKPD*. Bahan ajar yang menggunakan *e-learning* ini berupa *e-LKPD* yang akan dikembangkan menggunakan model pembelajaran *Project based learning* pada materi hukum Boyle. Tahapan-tahapan pada *e-LPKD* berbasis aktivitas model pembelajaran *Project* terdiri dari enam tahap yaitu *start with the essential question, design a plan for the project, create a schedule, monitor the students and the progress of the project, assess the outcome and evaluate the experience*. Melalui tahapan-tahapan ini, dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Pada kegiatan pertama yaitu *start with the essential question*, guru memberikan masalah, membimbing peserta didik mengamati fenomena dan mencari berbagai informasi yang berkaitan dengan fenomena hukum Boyle

sehingga peserta didik dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada indikator memberikan penjelasan sederhana. Kegiatan 2, yaitu tahap *design a plan for the project* dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada indikator membangun keterampilan dasar dan mengatur strategi dan taktik, aktivitas ini dapat dilihat ketika peserta didik menentukan dan mendesain alat yang akan dibuat secara berkelompok.

Kegiatan 3 yaitu tahap *create a schedule*, peserta didik secara kolaboratif menyusun jadwal aktivitas dalam menyelesaikan *Project*, dimana pada tahap ini meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada indikator mengatur strategi dan taktik. Kegiatan 4 yaitu tahap *monitor the students and the progress of the project*, peserta didik melakukan pembuatan *Project*, dimana pada tahap ini meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada indikator membuat kesimpulan. Kegiatan selanjutnya yaitu *assess the outcome*, peserta didik mempresentasikan hasil *Project* secara berkelompok, pada tahap ini meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada indikator membuat penjelasan lebih lanjut. Pada tahap terakhir yaitu *evaluate the experience*, melalui kegiatan refleksi terhadap kegiatan dan hasil *Project*, proses evaluasi dilakukan baik secara individu maupun kelompok, dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada indikator membuat kesimpulan dan membuat penjelasan lebih lanjut.

Dengan demikian, setiap tahapan pada *e-LKPD* yang dikembangkan dengan aktivitas model pembelajaran *project* ini diduga dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik, serta membantu peserta didik dalam memahami materi khususnya pada materi hukum Boyle. Secara singkat kerangka pemikiran dijelaskan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kerangka Pemikiran

III. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian Pengembangan

Penelitian ini menggunakan *Design and Development Research* (DDR) yang diadaptasi Richey & Klien (2007). Pendekatan *Design and Development Research* (DDR) merupakan pendekatan yang sistematis dengan melibatkan beberapa proses, seperti proses desain dan pengembangan serta evaluasi yang didasarkan pada penelitian empiris. Pengembangan yang dimaksud pada penelitian ini adalah pengembangan *e-LKPD* berbasis *Project* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis.

3.2 Prosedur Pengembangan

Prosedur penelitian pengembangan ini menggunakan pendekatan *Design and Development Research* (DDR) kategori penelitian pengembangan produk yang diadaptasi dari Richey & Klein (2007), yang terdiri dari atas 4 tahapan yaitu, *analysis, design, development, dan evaluation*.

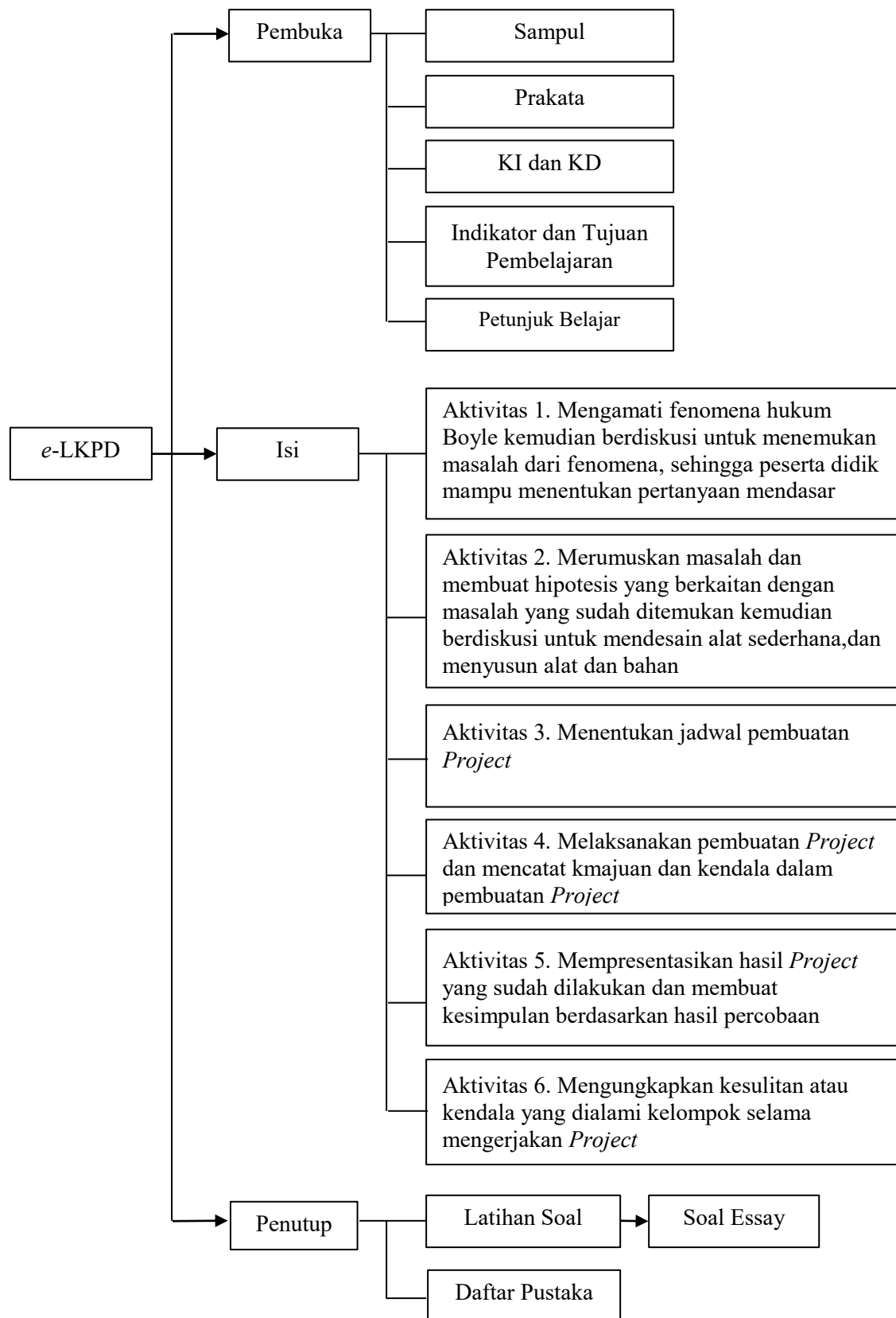
3.2.1 Tahap Analisis (*Analysis*)

Tahap analisis merupakan tahap untuk menganalisis kebutuhan dan mengidentifikasi ketersediaan produk yang akan dikembangkan pada saat ini untuk mengetahui tujuan pengembangan produk tersebut. Analisis kebutuhan dilakukan dengan cara memberikan angket analisis kebutuhan kepada beberapa guru mata pelajaran fisika materi hukum Boyle di beberapa SMA provinsi Lampung. Analisis kebutuhan dilakukan untuk mengetahui potensi dan masalah pada sekolah

tersebut. Informasi yang diperoleh berdasarkan analisis kebutuhan menjadi dasar peneliti dalam melakukan penelitian.

3.2.2 Tahap Desain (*Design*)

Tahap *Design* merupakan tahap kedua dalam prosedur pengembangan produk yaitu merancang suatu produk yang akan dikembangkan dengan didasarkan pada hasil analisis yang telah dilakukan dan indikator yang akan dicapai. Peneliti akan merancang suatu produk dengan materi hukum Boyle untuk SMA kelas XI semester ganjil, yaitu *e-LKPD* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Tahap desain dilakukan untuk mendesain rangkaian *e-LKPD* berbasis *Project* pada materi hukum Boyle. Desain *e-LKPD* ini dibuat oleh peneliti karena *e-LKPD* terkait materi hukum Boyle umumnya belum ada di SMA. Berikut ini merupakan kerangka isi *e-LKPD*, dan *storyboard e-LKPD*.

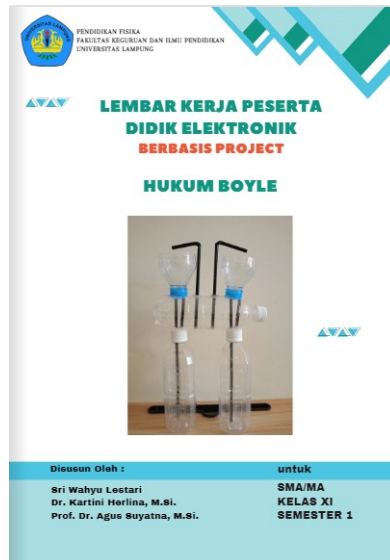


Gambar 5. Rancangan Desain Produk

Penjelasan dari rancangan produk dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. *Storyboard e-LKPD*

| Bagian | Deskripsi |
|----------------|--|
| Pembuka Sampul | Berisi judul <i>e-LKPD</i> , gambar fenomena hukum Boyle, identitas penyusun. |
| Prakata | Berisikan ucapan rasa syukur kepada Allah SWT, manfaat <i>e-LKPD</i> bagi pembaca dan ucapan terimakasih penulis terhadap semua pihak yang telah membantu proses pembuatan <i>e-LKPD</i> . |



Bagian **Deskripsi**

KI, KD, indikator, dan tujuan pembelajaran

Berisikan KI, KD, Indikator, dan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai oleh peserta didik.

1.1 e-LKPD Hukam Boyle Berbasis project

Kompetensi Inti

Kompetensi Inti

- KI-1. Mengenal dan menggunakan operasi algebra yang dasarnya.
- KI-2. Memanfaatkan perilaku guru, disiplin, tanggung jawab, kerja yang jujur, kerja sama, toleran, damai, santun, responsif, dan pro-aktif sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta menngunakan diri sebagai citizen bangsa dalam pergaulan dunia.
- KI-3. Memahami, menerapkan, dan mengaitkan pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kewacauan, keberagaman, kebangsaan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada tingkat keaja yang sesuai dengan keaktif dan situasi untuk memecahkan masalah.
- KI-4. Menghela, menela, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, serta mampu menggunakan metode sesuai kaidah keilmuan.

Kompetensi Dasar dan Indikator

Kompetensi Dasar

- 3.4 Menyajikan teori besak dan dan berakutir gas pada rangk tertentu.
- 4.6 Menyajikan karya yang berkaitan dengan teori kinetik gas dan media lainnya.

Indikator Pembelajaran

Kognitif:

- 3.4.1 Mengidentifikasi hukum Boyle dalam kehidupan sehari-hari (C2)
- 3.4.2 Menghitung persamaan hukum Boyle untuk menyelesaikan permasalahan sehari-hari (C2)
- 3.4.3 Mengetahui hubungan volume (V) dan tekanan (P) pada hukum Boyle (C2)
- 3.4.4 Mengkonstruksi grafik hubungan volume (V) terhadap tekanan (P) pada hukum Boyle (C2)
- 3.4.5 Mendemonstrasikan hukum Boyle dan hubungan antara V dan P (C4)

Faktor-faktor:

- 4.6.1 Merancang desain alat percobaan hukum Boyle
- 4.6.2 Menilai alat dan bahan untuk membuat proyek alat sederhana hukum Boyle
- 4.6.3 Membuat proyek alat percobaan sederhana hukum Boyle
- 4.6.4 Menyajikan hasil percobaan yang telah dibuat
- 4.6.5 Mempresentasikan hasil percobaan yang telah dibuat

1.2 e-LKPD Hukam Boyle Berbasis project

Tujuan Pembelajaran

Tujuan Pembelajaran

Kompetensi Kognitif

1. Melalui pengamatan video, peserta didik mampu mengidentifikasi aplikasi hukum Boyle dalam kehidupan sehari-hari
2. Melalui percobaan secara berkelompok, peserta didik mampu menerapkan persamaan hukum Boyle untuk menyelesaikan permasalahan sehari-hari
3. Melalui percobaan secara berkelompok, peserta didik dapat menyelidiki hubungan V dan P (percobaan hukum Boyle) dengan benar dengan batas waktu yang telah ditentukan.
4. Melalui kegiatan percobaan secara berkelompok, peserta didik dapat memformulasikan hukum Boyle ke dalam bentuk persamaan.

Kompetensi Psikomotorik

1. Peserta didik mampu merancang desain alat yang akan dibuat.
2. Peserta didik mampu memilih alat dan bahan untuk membuat alat percobaan hukum Boyle.
3. Peserta didik mampu membuat alat percobaan hukum Boyle.
4. Peserta didik mampu menyajikan hasil percobaan hukum Boyle.
5. Peserta didik mampu mempresentasikan hasil pembuatan alat dan hasil percobaan hukum Boyle.

Petunjuk belajar Berisi petunjuk belajar menggunakan e-LKPD.

1.3 e-LKPD Hukam Boyle Berbasis project

Petunjuk Penggunaan E-LKPD

Petunjuk Penggunaan E-LKPD

E-LKPD berbasis Project ini digunakan untuk menangkan keterampilan berpikir kritis peserta didik pada materi hukum Boyle. Agar lebih memudahkan penggunaan e-LKPD ini, peserta didik harus memahami petunjuk penggunaan berikut:

1. Bacalah terlebih dahulu langkah-langkah yang terdapat dalam e-LKPD seperti indikator, dan hasil pembelajaran yang harus dicapai.
2. Lakukan kegiatan belajar dan kegiatan e-LKPD sesuai dengan langkah-langkahnya.
3. Buatlah jadwal untuk menyelesaikan percobaan.
4. Buat langkah-langkah pembuatan alat dan praktikum sesuai dengan urutannya.
5. Komunikasikan kepada kelompok dan guru apabila terdapat kesulitan dan tanggap dalam pengerjaan.
6. Lakukan pembuatan alat dan percobaan alat sesuai dengan rencana serta variabel yang telah ditentukan sebagai uji keberfungsan alat.
7. Presentasikan alat dan hasil percobaan di depan kelas.
8. Mengonstruksi kembali pengalaman dan kendala kendala yang dialami dalam menyelesaikan Project dengan guru.
9. Carilah referensi dari berbagai sumber baik buku, jurnal maupun internet.

| Bagian | Deskripsi |
|--------|--|
| Isi | Kegiatan 1 (Menentukan pertanyaan dasar) |

e-LKPD Hukum Boyle berbasis project

KEGIATAN PROJECT

Mari Mencari Tahu

Video berikut ini adalah fenomena hukum boyle dalam kehidupan sehari-hari. Amatilah video dibawah ini



Sumber: https://youtu.be/K49QOM_BBdATsi-cN1DP45rly4uVPP

Air mancur merupakan suatu sistem yang memancarkan air ke udara dalam bentuk semprotan atau percikan. Pada fenomena ini air cadangan dalam ruang tertutup yang ada di botol akan menaik keratas, jika kita menuangkan air ke botol dengan ruang terbuka, sehingga air dari botol dengan ruang tertutup akan menaik keratas melalui sedotan. Pada peristiwa ini sesuai dengan hukum Boyle yang menyatakan bahwa volume udara berbanding terbalik dengan tekanannya pada ruang tertutup yang memiliki suhu tetap.

Mendiskusikan penjelasan sederhana

Melalui tahap mencari tahu dapat melibatkan keterampilan mendiskusikan penjelasan sederhana, dengan menggunakan ini peserta didik akan dapat menjelaskan serta mengetahui arti atau makna dari suatu fenomena yang diberikan. Serta akan fokus pada pertanyaan dan menjawab pertanyaan

Peserta didik kemudian berdiskusi dengan teman kelompoknya untuk menemukan masalah dari fenomena dan pertanyaan mendasar yang disajikan serta membuat prediksi dan merepresentasikan kedalam bentuk gambar

e-LKPD Hukum Boyle berbasis project

Sambil mengamati video dan membaca penjelasan tersebut, jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini.

Mengapa air dapat memancar ke atas?

Jawaban:

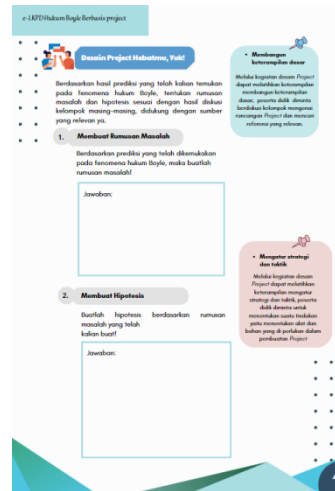
Apakah volume udara didalam botol bertambah, bagaimana dengan tekanan udara didalam botol tersebut?

Jawaban:

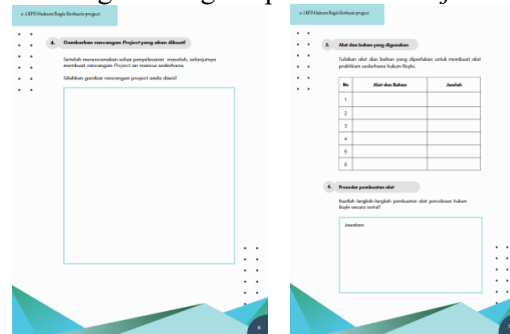
Mengapa pada saat air dituangkan, air mengalir melalui sedotan ke bagian pinggang?

Jawaban:

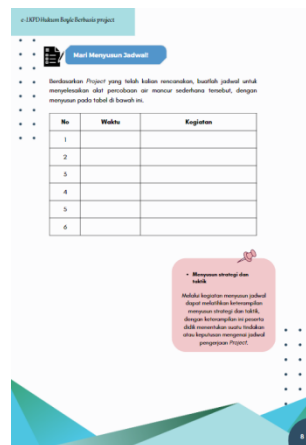
| Bagian | Deskripsi |
|--|---|
| Kegiatan 2 (Membuat desain <i>Project</i>) | Peserta didik berdiskusi bersama kelompok merumuskan masalah dan membuat hipotesis yang berkaitan dengan masalah yang sudah ditemukan |

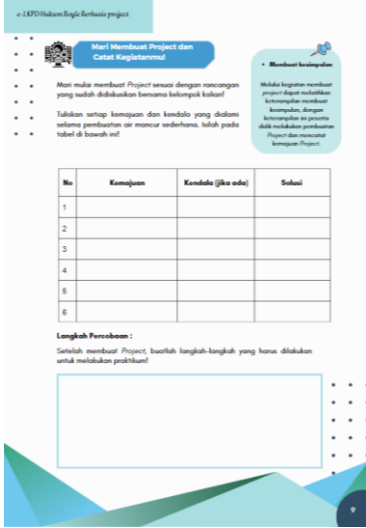
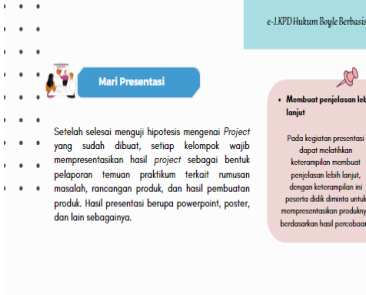



Peserta didik diminta untuk mendesain alat sederhana, menyusun alat dan bahan, dan langkah-langkah pembuatan *Project*.

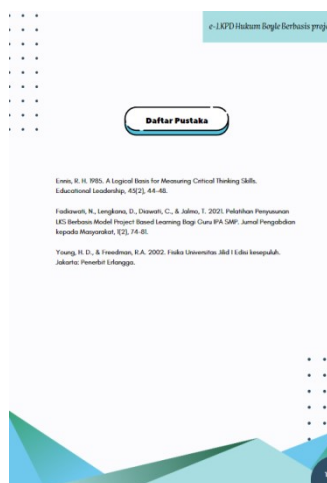
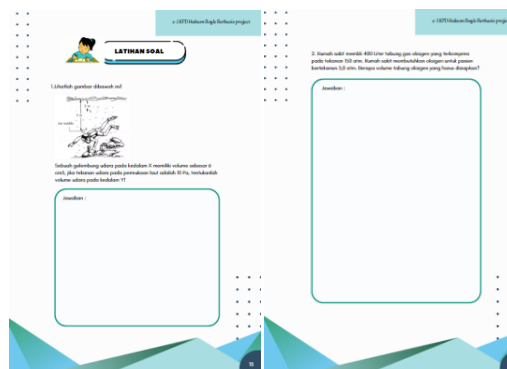


| | |
|---------------------------------|--|
| Kegiatan 3 (Menyusun jadwal) | Peserta didik berdiskusi dan menyampaikan pendapatnya untuk menentukan jadwal pembuatan <i>Project</i> . |
|---------------------------------|--|



| Bagian | Deskripsi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--------------------|----------|--------------------|--------|---|--|--|--|---|--|--|--|---|--|--|--|---|--|--|--|---|--|--|--|---|--|--|--|
| Kegiatan 4 (Memonitoring kemajuan <i>Project</i>) | Sesuai jadwal yang ditentukan peserta didik melakukan pembuatan <i>Project</i> serta menuliskan kemajuan dan yang dihadapi dalam pembuatan <i>Project</i> . | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  <p>e-LKPD Hakam Berbasis project</p> <p>Mari Membuat Project dan Catat Kegiatannya!</p> <p>Mari mulai membuat Project sesuai dengan rancangan yang sudah didiskusikan bersama kelompok kalian!</p> <p>Tuliskan setiap kemajuan dan kendala yang dialami selama pembuatan or mancar sederhana, tulah pada tabel di bawah ini!</p> <table border="1" data-bbox="901 593 1177 745"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Kemajuan</th> <th>Kendala (jika ada)</th> <th>Solusi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>Langkah Percobaan : Setelah membuat Project, buatlah langkah-langkah yang harus dilakukan untuk melakukan praktikum!</p> | | No | Kemajuan | Kendala (jika ada) | Solusi | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | | 4 | | | | 5 | | | | 6 | | | |
| No | Kemajuan | Kendala (jika ada) | Solusi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kegiatan 5 (Penilaian <i>Project</i>) | Peserta didik diminta untuk mempresentasikan hasil <i>Project</i> yang sudah dibuat dan melakukan diskusi. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  <p>e-LKPD Hakam Berbasis project</p> <p>Mari Presentasi</p> <p>Setelah selesai menguji hipotesis mengenai Project yang sudah dibuat, setiap kelompok wajib mempresentasikan hasil project sebagai bentuk pelaporan temuan praktikum terkait rumusan masalah, rancangan produk, dan hasil pembuatan produk. Hasil presentasi berupa powerpoint, poster, dan lain sebagainya.</p> <p>Membuat penjelasan lebih lanjut</p> <p>Pada kegiatan presentasi dapat melibatkan keterampilan membuat penjelasan lebih lanjut, dengan keterampilan ini peserta didik diminta untuk mempresentasikan produaknya berdasarkan hasil percobaan.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kegiatan 6 Evaluasi | Peserta didik diminta untuk mengevaluasi dengan menjawab pertanyaan penuntun yang diberikan serta mengungkapkan kesulitan atau kendala yang dialami kelompok selama mengerjakan <i>Project</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  <p>e-LKPD Hakam Berbasis project</p> <p>Mari Evaluasi</p> <p>Setelah melakukan presentasi, sekarang lakukan evaluasi! Bersama masing-masing kelompok dengan menjawab pertanyaan dibawah ini!</p> <p>1. Apakah Project yang kalian buat sesuai dengan konsep hukum Boyle?</p> <p>Jawaban:</p> <p>2. Bagaimana hasil dari Project yang kalian buat bersama kelompok kalian?</p> <p>Jawaban:</p> <p>3. Kendala apa saja yang ditemukan selama proses pembuatan Project?</p> <p>Jawaban:</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Bagian | Deskripsi |
|--------------|---|
| Latihan Soal | Berisikan latihan soal sebagai tugas akhir yang perlu dikerjakan peserta didik. |
| Penutup | Daftar Pustaka Berisikan referensi rujukan dalam pembuatan <i>e-LKPD</i> . |



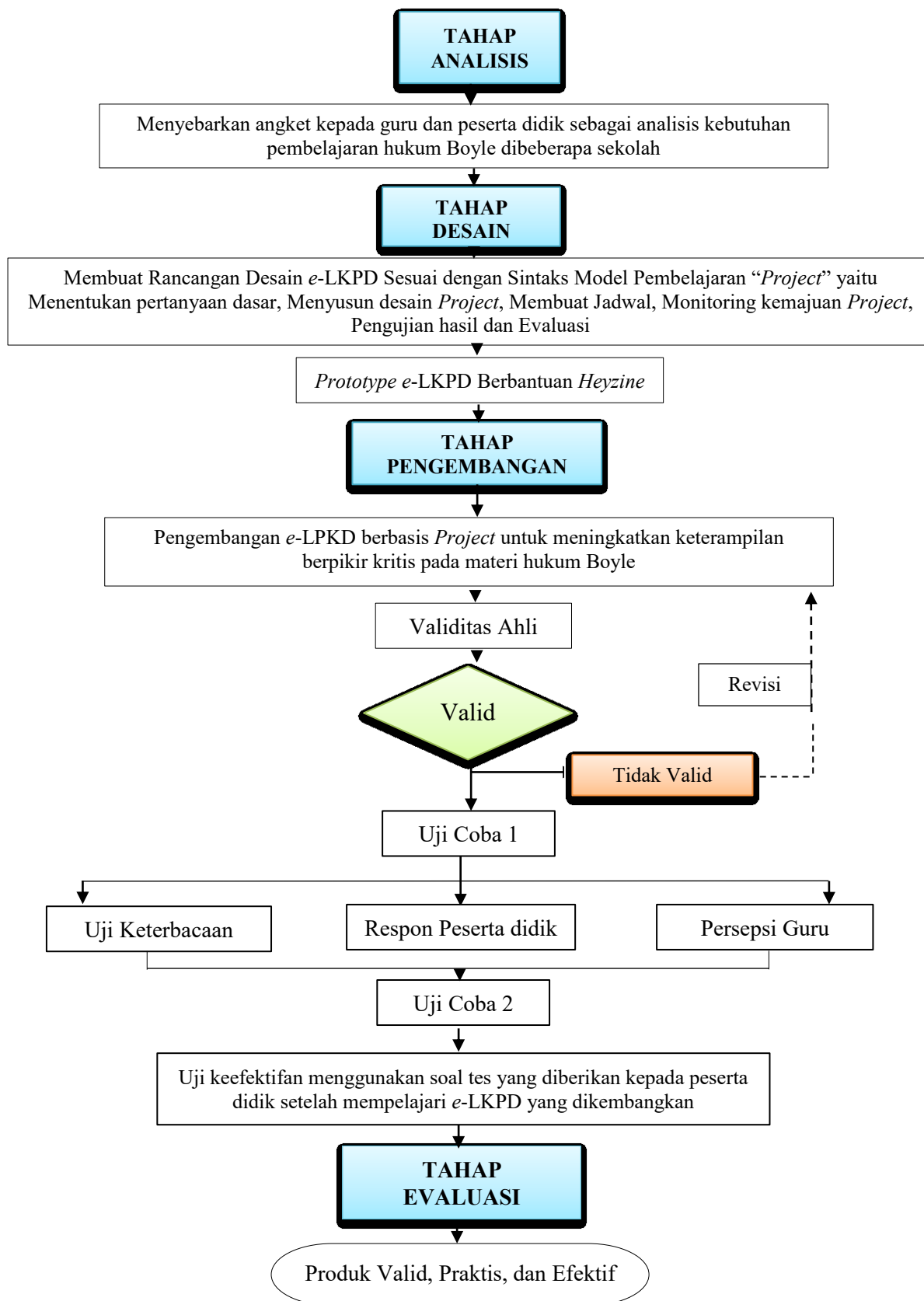
3.2.3 Tahap Pengembangan (*Development*)

Setelah mendesain, selanjutnya melakukan pelaksanaan perancangan desain *e-LKPD* pada materi hukum Boyle. Tahap *development* merupakan tahap pengembangan produk sesuai dengan rancangan yang telah dibuat pada tahap *design*. Tahap *development* yang akan menghasilkan rangkaian *e-LKPD*. Tahap pengembangan dilakukan berdasarkan desain produk *e-LKPD* yang telah dibuat oleh peneliti, kemudian peneliti melakukan uji validitas dengan tujuan untuk dapat mengetahui kelayakan produk yang dikembangkan sebagai bahan ajar pembelajaran.

Proses validasi menggunakan tim ahli materi untuk menguji indikator materi yang digunakan dalam *e-LKPD* tersebut, pada materi hukum Boyle dan tim ahli desain untuk menguji rangkaian *e-LKPD*. Apabila telah dinyatakan valid maka dapat dilanjutkan dengan uji kepraktisan dari uji keterbacaan, uji respon peserta didik dan uji persepsi guru. Uji kepraktisan bertujuan untuk mengetahui persepsi guru fisika dengan hasil pengembangan produk memungkinkan untuk diterapkan dalam proses pembelajaran nyata di kelas XI.

3.2.4 Tahap Evaluasi (*Evaluation*)

Tahap evaluasi dilaksanakan setelah tahap analisis, desain dan pengembangan. Hasil evaluasi digunakan sebagai bentuk *feedback* dalam melakukan revisi atau perbaikan produk. Evaluasi yang dilakukan setelah kegiatan analisis masalah, perbaikan desain, dan proses validasi oleh tim ahli serta persepsi guru dan respon peserta didik. Tahap evaluasi bertujuan untuk mengetahui capaian indikator keterampilan berpikir kritis terhadap kompetensi yang diajarkan. Selengkapnya prosedur penelitian pengembangan ini dijelaskan pada diagram alur pada Gambar 6.



Gambar 6. Prosedur Pengembangan Produk

3.3 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu angket dan soal *pretest* dan *posttest*. Angket yang digunakan dalam penelitian ini berupa daftar pertanyaan yang diberikan kepada responden untuk mendapatkan keterangan dari responden mengenai suatu masalah. Data dalam penelitian ini diperoleh dengan menggunakan instrumen angket berupa angket analisis kebutuhan guru dan peserta didik, angket uji validitas, angket uji kepraktisan, dan instrumen soal *pretest* dan *posttest*.

a. Angket Analisis Kebutuhan

Angket ini berupa daftar pertanyaan yang disajikan dalam bentuk *google form*, yang dilakukan pada studi pendahuluan, hal ini dilakukan untuk mengungkapkan perilaku guru dan peserta didik dalam proses pembelajaran. Angket ini juga digunakan untuk dapat memperoleh informasi mengenai penggunaan LKPD yang digunakan di 8 sekolah SMA tersebut.

b. Angket Uji Validitas

Uji validitas produk diisi oleh tiga validator yaitu dua dosen Pendidikan Fisika Universitas Lampung dan satu guru SMA. Angket uji validitas bertujuan untuk mengetahui tingkat kelayakan produk sehingga *e-LKPD* yang dikembangkan oleh peneliti dapat digunakan oleh guru sebagai media pembelajaran di sekolah. Penskoran pada angket uji validasi ini menggunakan skala likert yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurent (2011) yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Skala Likert pada Angket Uji Validitas

| Pilihan Jawaban | Skor |
|-----------------|------|
| Sangat Baik | 4 |
| Baik | 3 |
| Kurang Baik | 2 |
| Tidak Baik | 1 |

(Ratumanan & Laurent, 2011)

c. Angket Uji Keterbacaan

Uji keterbacaan diuji menggunakan lembar observasi pengguna yang tujuannya yakni untuk mengetahui keterbacaan produk *e-LKPD* yang dikembangkan oleh peneliti. Sistem penskoran menggunakan skala likert yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurent (2011) yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Skala Likert pada Angket Uji Kepraktisan

| Pilihan Jawaban | Skor |
|-----------------|------|
| Sangat Praktis | 4 |
| Praktis | 3 |
| Kurang Praktis | 2 |
| Tidak Praktis | 1 |

(Ratumanan & Laurent, 2011)

d. Angket Uji Persepsi Guru Terkait Penggunaan *e-LKPD*

Uji persepsi guru diuji menggunakan lembar uji persepsi guru terkait penggunaan *e-LKPD* yang tujuannya yakni untuk mengetahui persepsi dari guru terhadap *e-LKPD* yang dikembangkan. Penskoran pada angket uji persepsi guru terkait penggunaan *e-LKPD* ini menggunakan skala likert yang diadaptasi dari Ratumanan & Laurent (2011) seperti pada uji keterbacaan.

e. Angket Respon Peserta Didik

Respon peserta didik diuji menggunakan lembar respon peserta didik dengan tujuan untuk mengetahui respon peserta didik setelah menggunakan *e-LKPD* berbasis aktivitas model pembelajaran *Project*. Penskoran pada angket respon peserta didik menggunakan skala likert yang diadaptasi Ratumanan & Laurent (2011) seperti pada uji keterbacaan.

f. Soal *Pretest* dan *Posttest*

Instrumen lembar soal *pretest* dan *posttest* ini digunakan untuk mengukur kemampuan kognitif peserta didik secara individu, sehingga *e-LKPD* yang dikembangkan dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta

didik. Instrumen ini digunakan untuk mengukur kemampuan awal dan akhir peserta didik setelah mempelajari *e-LKPD* yang telah dikembangkan. Sebelum instrumen digunakan pada sampel penelitian terlebih dahulu dilakukan pengujian instrumen menggunakan uji validitas dan uji reliabilitas.

1) Uji Validitas

Pengujian validitas bertujuan untuk mengetahui tingkat kevalidan suatu instrumen sebelum diberikan kepada sampel penelitian. Suatu instrumen dikatakan valid jika mampu mengungkapkan data berdasarkan variabel dengan tepat. Pada penelitian ini yang diuji validitasnya adalah untuk menguji keakuratan pertanyaan-pertanyaan yang digunakan dalam soal *pretest-postest*. Uji validitas dilakukan mengetahui kevalidan dari suatu instrumen (Arikunto, 2011). Cara untuk mengukur validitas instrument dapat menggunakan rumus *product moment correlation* yaitu :

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

Keterangan:

r_{xy} = Koefisien korelasi yang menyatakan validitas

$\sum X$ = Jumlah skor butir soal

$\sum Y$ = Jumlah skor total

$\sum N$ = Jumlah sampel

(Arikunto, 2011)

Jadi, nilai $r_{hitung} > r_{tabel}$ dengan taraf signifikansi ($\alpha = 0,05$) maka koefisien korelasi tersebut signifikan artinya butir tersebut dianggap valid. Uji validitas memiliki interpretasi koefisien korelasi validitas butir soal yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Interpretasi Koefisien Korelasi

| Interval Koefisien | Tingkat Hubungan |
|---------------------------|-------------------------|
| 0,80 – 1,00 | Sangat Valid |
| 0,60 – 0,79 | Valid |
| 0,40 – 0,59 | Cukup Valid |
| 0,20 – 0,39 | Kurang Valid |
| 0,00 – 0,19 | Tidak Valid |

(Arikunto, 2011)

Uji validitas soal dalam penelitian ini diolah menggunakan SPSS versi 26.0. Berikut merupakan hasil uji validitas instrumen tes keterampilan berpikir kritis pada materi hukum Boyle yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Uji Validitas Soal

| No. Soal | Pearson Correlation | Keterangan |
|-----------------|----------------------------|-------------------|
| 1 | 0,773 | Valid |
| 2 | 0,645 | Valid |
| 3 | 0,490 | Valid |
| 4 | 0,685 | Valid |
| 5 | 0,773 | Valid |

Kriteria pengujian dapat dilihat berdasarkan hasil nilai *Pearson Correlation* yang dibandingkan dengan nilai r_{tabel} , yaitu sebesar 0,444. Berdasarkan hasil uji validitas instrumen keterampilan berpikir kritis pada materi hukum Boyle diketahui bahwa 5 butir soal semuanya valid dengan nilai *Pearson Correlation* > 0,444.

2) Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas digunakan melihat sejauh mana instrumen dapat dipercaya dan sebagai alat pengumpul data penelitian. Instrumen yang reliabel nanti akan digunakan untuk sampel penelitian dapat dipercaya atau tidak untuk diandalkan dalam penelitian. Instrumen *pretest* dan *posttest* yang telah dinyatakan reliabel dapat digunakan untuk sampel

penelitian. Perhitungan untuk mencari harga reliabilitas instrumen dengan menggunakan rumus alpha, sebagai berikut.

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

Dimana:

R_{11} : Reliabilitas yang dicari

n : Jumlah *item* pertanyaan

$\sum \delta i^2$: Jumlah varian skor tiap *item*

δi^2 : Varian soal

Interpretasi Reliabilitas instrumen dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Interpretasi Reliabilitas Instrumen

| Interval Koefisien | Tingkat Hubungan |
|---------------------------|-------------------------|
| 0,80 – 1,00 | Sangat Valid |
| 0,60 – 0,79 | Valid |
| 0,40 – 0,59 | Cukup Valid |
| 0,20 – 0,39 | Kurang Valid |
| 0,00 – 0,19 | Tidak Valid |

(Arikunto, 2011)

Uji reliabilitas dilakukan terhadap 20 responden dengan jumlah 5 butir soal. Reliabilitas instrumen soal pada penelitian ini diolah menggunakan model pengujian *Cronbach Alpha*. Berdasarkan hasil *reliability statistics* pada pengujian *Cronbach Alpha* menunjukkan reliabilitas instrumen soal keterampilan berpikir kritis pada materi hukum Boyle diperoleh angka 0,855 yang artinya sangat reliabel.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dapat dilihat pada pada Tabel 10.

Tabel 10. Teknik Pengumpulan Data

| Variabel | Instrumen yang Digunakan | Data yang diperlukan | Analisis Data |
|----------------------------|--------------------------------------|---|---|
| Validasi <i>e</i> -LKPD | Lembar kerja kevalidan produk | Satu dosen ahli Pendidikan Fisika Universitas Lampung dan dua guru Fisika SMA | <ol style="list-style-type: none"> Membuat rekapitulasi hasil penilaian uji kevalidan produk. Mengkalkulasikan rata-rata hasil penilaian uji kevalidan produk dari ketiga validator. Menentukan kategori validitas masing masing berdasarkan aspek yang mengacu pada kategori yang dikemukakan (Ratumanan & Laurent, 2011) |
| Kepraktisan <i>e</i> -LKPD | Angket uji keterbacaan peserta didik | Kelompok kecil peserta didik | <ol style="list-style-type: none"> Membuat rekapitulasi hasil penilaian uji keterbacaan produk dari peserta didik. Mengkalkulasikan skor hasil uji penilaian keterbacaan Menentukan kategori keterbacaan peserta didik berdasarkan aspek yang diadaptasi dari Arikunto (2011). |
| | Angket Uji Persepsi Guru | Memberikan lembar angket kepada 8 guru fisika di SMA | <ol style="list-style-type: none"> Membuat rekapitulasi hasil penilaian uji keterlaksanaan produk Mengkalkulasikan rata-rata hasil skor penilaian keterlaksanaan |

| Variabel | Instrumen yang Digunakan | Data yang diperlukan | Analisis Data |
|--------------------|--|--|---|
| | | | produk c. Menentukan kategori keterlaksanaan yang aspeknya diadaptasi dari Arikunto (2011). |
| | Angket Respon Peserta Didik | Memberikan angket respon peserta didik yang telah mengerjakan | a. Membuat rekapitulasi hasil penilaian uji keterlaksanaan produk b. Mengkalkulasikan rata-rata hasil skor penilaian keterlaksanaan produk c. Menentukan kategori keterlaksanaan yang aspeknya diadaptasi dari Arikunto (2011). |
| Keefektifan e-LKPD | Membuat soal <i>Pretest</i> dan <i>Posttest</i> yang mengacu pada indikator keterampilan berpikir kritis | Memberikan soal kepada kelompok besar peserta didik yang terdiri dari 30 peserta didik | a. Membuat rekapitulasi hasil penilaian <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> b. Menghitung hasil penilaian <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> c. Melakukan uji normalitas, uji <i>N-Gain</i> , dan uji <i>Paired Sample T-Test</i> dan <i>Independent Sample T-Test</i> . |

3.5 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode campuran (*mixed method*) yang diadaptasi oleh Creswell and Plano (2011), yaitu kualitatif dan kuantitatif, dimana data kualitatif untuk membantu mendeskripsikan tentang hasil data kuantitatif.

3.5.1 Data untuk Kevalidan

Data untuk kevalidan didapatkan dari angket uji ahli materi dan konstruk serta angket uji ahli media dan desain yang diisi oleh validator. Kriteria kevalidan diperoleh melalui uji validitas ahli, kemudian teknik analisis data menggunakan data hasil uji validasi ahli dihitung dengan persamaan berikut:

$$p = \frac{\text{Rerata yang didapat}}{\Sigma \text{Total}}$$

Hasil yang dihitung kemudian ditafsirkan sehingga mendapatkan kualitas dari produk yang dikembangkan. Penafsiran skor mengadaptasi dari Ratumanan & Laurent (2011) seperti yang terlihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Konversi Skor Penilaian Kevalidan Produk

| Interval Skor Hasil Penilaian | Kriteria |
|--------------------------------------|-----------------|
| 3,25 < skor < 4,00 | Sangat Valid |
| 2,50 < skor < 3,25 | Valid |
| 1,75 < skor < 2,50 | Kurang Valid |
| 1,00 < skor < 1,75 | Tidak Valid |

(Ratumanan & Laurent, 2011)

Berdasarkan Tabel 11, peneliti memberikan batasan bahwa produk *e-LKPD* yang dikembangkan oleh peneliti terkategori valid untuk digunakan jika produk mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal persentase sebesar 2,50 dengan kriteria valid.

3.5.2 Data untuk Kepraktisan

Data yang digunakan untuk mengetahui kepraktisan produk diperoleh berdasarkan pengisian angket uji keterbacaan (data kuantitatif). Hasil jawaban pada angket akan dianalisis menggunakan analisis presentase berdasarkan rumus menurut Sudjana (2005) seperti berikut.

$$\%X = \frac{\sum \text{skor yang diperoleh}}{\sum \text{maksimum}} 100\%$$

Data hasil pengisian angket uji keterbacaan dianalisis menggunakan analisis persentase diadaptasi oleh Arikunto (2011) seperti pada data untuk mengetahui kepraktisan produk.

Tabel 12. Konversi Skor Penilaian Kepraktisan

| Persentase | Kriteria |
|-------------------|-----------------|
| 0,00%-20% | Tidak baik |
| 20,1%-40% | Kurang baik |
| 40,1%-60% | Cukup baik |
| 60,1%-80% | Baik |
| 80,1%-100% | Sangat baik |

(Arikunto, 2011)

Berdasarkan Tabel 12, peneliti memberi batasan bahwa produk yang dikembangkan terkategori praktis jika mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal 40,1% dengan kriteria kepraktisan sedang/cukup baik.

3.5.3 Data untuk Persepsi Guru terkait Penggunaan *e*-LKPD

Data persepsi diperoleh dari angket uji persepsi yang diisi oleh guru, kemudian dianalisis menggunakan analisis presentase (Sudjana, 2005).

$$\%X = \frac{\sum \text{skor yang diperoleh}}{\sum \text{maksimum}} 100\%$$

Hasil persentase yang diperoleh dikonversikan dengan kriteria yang mengadaptasi dari Arikunto (2011) seperti pada Tabel 13.

Tabel 13. Konversi Skor Penilaian Persepsi terhadap Produk

| Persentase | Kriteria |
|-------------------|-----------------|
| 0,00%-20% | Tidak baik |
| 20,1%-40% | Kurang baik |
| 40,1%-60% | Cukup baik |
| 60,1%-80% | Baik |
| 80,1%-100% | Sangat baik |

(Arikunto, 2011)

Berdasarkan Tabel 13, Peneliti memberi batasan bahwa produk *e-LKPD* yang dikembangkan oleh peneliti terkategori baik untuk digunakan pada pembelajaran jika mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal 40,1% dengan kriteria sedang/cukup baik.

3.5.4 Data untuk Respon Peserta Didik

Data respon diperoleh dari angket uji respon yang diisi oleh peserta didik, kemudian data respon dianalisis dengan menggunakan analisis persentase (Sudjana, 2005) berikut:

$$\%X = \frac{\sum \text{skor yang diperoleh}}{\sum \text{maksimum}} 100\%$$

Hasil persentase data respon yang diperoleh, kemudian dikonversikan dengan kriteria yang mengadaptasi dari Arikunto (2011) seperti yang terlihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Konversi Skor Penilaian Respon terhadap Produk

| Persentase | Kriteria |
|-------------------|-----------------|
| 0,00%-20% | Tidak baik |
| 20,1%-40% | Kurang baik |
| 40,1%-60% | Cukup baik |
| 60,1%-80% | Baik |
| 80,1%-100% | Sangat baik |

(Arikunto, 2011)

Berdasarkan Tabel 14, peneliti memberi batasan bahwa produk *e-LKPD* yang dikembangkan oleh peneliti terkategori baik baik untuk digunakan pada pembelajaran jika mencapai skor yang peneliti tentukan, yaitu minimal 40,1% dengan kriteria sedang/cukup baik.

3.5.5 Data untuk Keefektifan

Data yang digunakan untuk mengetahui keefektifan produk diperoleh berdasarkan tes (data kuantitatif). Tes dilakukan sebanyak dua kali, yaitu *pretest* dan *posttest*. Selain tes, keefektifan produk juga dilihat melalui lembar observasi ketercapaian keterampilan berpikir kritis, serta respon peserta didik setelah membaca dan mempelajari *e-LKPD* yang telah dikembangkan. Hasil jawaban *pretest* dan *posttest* dianalisis menggunakan uji normalitas, uji *N-Gain*, uji *Paired Sample t-test*, dan uji *Independent Sample T-Test*.

a. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui distribusi data normal atau tidak normal. Data yang diuji berupa nilai hasil *pretest* dan *posttest*. Uji normalitas digunakan dengan uji statistik parametrik dengan bantuan program SPSS. Dasar pengambilan keputusan uji normalitas dapat dilihat dari nilai *sig.* yang terdapat pada Tabel *One Sample Kolmogorov-Smirnov Test*. Kriteria uji yang digunakan yaitu (1) jika nilai *sig.* > 0,05 maka H_1 diterima yang berarti data terdistribusi normal; (2) jika nilai *sig.* < 0,05 maka H_0 ditolak yang berarti data terdistribusi tidak normal (Arikunto, 2011).

b. Nilai *N-Gain*

Nilai *N-Gain* digunakan untuk mengetahui peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Berdasarkan hasil nilai *pretest* dan *posttest* maka dapat dihitung nilai *N-Gain* dengan rumus:

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

Kriteria interpretasi nilai *N-Gain* dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Kriteria Interpretasi *N-Gain*

| Nilai <i>N-Gain</i> | Kriteria |
|----------------------|----------|
| $g \geq 0,70$ | Tinggi |
| $0,30 \leq g < 0,70$ | Sedang |
| $g < 0,30$ | Rendah |

(Hake, 2002)

c. Uji *Paired Sample t-test*

Paired Sample t-test digunakan untuk melihat perbedaan rata-rata hasil keterampilan berpikir kritis peserta didik sebelum dan sesudah diberi perlakuan. Hipotesis diujikan dengan *Paired Sample T-Test* sebagai berikut.

H_0 : Tidak adanya perbedaan nilai rata-rata peserta didik sebelum dan sesudah dilakukannya pembelajaran dengan menggunakan *e-LKPD* berbasis *Project* terhadap keterampilan berpikir kritis yang telah dikembangkan.

H_1 : Terdapat perbedaan nilai rata-rata peserta didik pada saat sebelum dan sesudah menggunakan *e-LKPD* berbasis *Project* terhadap keterampilan berpikir kritis yang telah dikembangkan.

Kriteria untuk mengambil keputusan yaitu apabila nilai $sig \leq 0,05$ maka H_1 diterima dan sebaliknya apabila nilai $sig \geq 0,05$ maka H_0 ditolak.

d. Uji *Independent Sample t-test*

Independent Sample t-test digunakan sampel data yang berdistribusi normal. Uji hipotesis ini dilakukan untuk melihat ada atau tidaknya perbedaan nilai rata-rata dua kelompok. Uji ini

dilakukan untuk mengetahui keefektifan penggunaan *e*-LKPD berbasis *Project* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Uji ini dilakukan menggunakan bantuan program SPSS versi 26.0, dengan hipotesis sebagai berikut.

H_0 : Tidak terdapat perbedaan keterampilan berpikir kritis peserta didik menggunakan *e*-LKPD berbasis *Project* dengan peserta didik yang menggunakan LKPD konvensional.

H_1 : Terdapat perbedaan keterampilan berpikir kritis peserta didik menggunakan *e*-LKPD berbasis *Project* dengan peserta didik yang menggunakan LKPD konvensional.

Kriteria untuk mengambil keputusan yaitu apabila nilai $sig \leq 0,05$ maka H_1 diterima dan sebaliknya apabila nilai $sig \geq 0,05$ maka H_0 ditolak.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. *e-LKPD* berbasis *Project* yang valid untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik dalam memuat kegiatan sesuai dengan tahapan *Project based learning* yaitu *Start With the Essential Question, Design project, Create a schedule, monitori, Assess the Outcome* dan *Evaluate the Experience*. *e-LKPD* hasil pengembangan sudah layak ditinjau dari dua aspek, yaitu media dan desain serta materi dan konstruk, rata-rata nilai dari ketiga validator sebesar 3,57, dengan rata-rata validasi materi dan desain diperoleh hasil sebesar 3,53 dan validasi materi dan konstruk sebesar 3,60. Hal ini menunjukkan *e-LKPD* berbasis *Project* terkategori sangat valid.
2. *e-LKPD* berbasis *Project* sangat praktis digunakan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dalam proses pembelajaran fisika khususnya materi hukum Boyle. Hal ini dapat dilihat dari uji keterbacaan, respon peserta didik dan persepsi guru terhadap penggunaan *e-LKPD* berbasis *Project* dengan hasil rata-rata uji uji keterbacaan sebesar 83,1% , hasil rata-rata uji respon peserta didik sebesar 82% dan hasil rata-rata uji persepsi guru sebesar 93,7% dengan kategori sangat praktis.
3. *e-LKPD* berbasis *Project* efektif digunakan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Hal ini dilihat dari hasil uji beda rata-rata *posttest* lebih besar daripada *pretest* dan diperoleh *N-Gain* pada kelas eksperimen sebesar 0,63 dan pada kelas kontrol sebesar 0,42. Artinya terdapat perbedaan keterampilan berpikir kritis peserta didik dimana pada kelas eksperimen lebih baik dibandingkan dengan kelas kontrol.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian, maka peneliti memberikan saran sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat menjadi referensi bagi peneliti lain untuk melakukan penelitian yang serupa untuk mengembangkan bahan ajar elektronik dalam proses pembelajaran fisika terutama untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis.
2. Guru yang menggunakan *e-LKPD* berbasis *Project* pada materi hukum Boyle ini diharapkan dapat mempersiapkan alokasi waktu dengan baik. Hal ini dikarenakan *e-LKPD* yang dikembangkan berupa kegiatan praktikum.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustia, Z., Yennita. Y., Azizahwati. A., & Rahmad, M. 2019. *The Development of Hands-on Activities Learning for Improving Student Critical Thinking Skills*, ISBN: 978-979-792-949-7, University Riau. Pekanbaru.
- Akpan, V. I., Udodirim, A. I., Mpamah, I. B. I., & Okoro, C. O. 2020. Social Constructivism: Implications on Teaching and Learning. *British Journal of Education*, 8(8), 49–56.
- Amri, S., & Ahmadi, K.I. 2015. *Konstruksi Pengembangan Pembelajaran Pengaruhnya terhadap Mekanisme dan Praktik Kurikulum*. Jakarta. Prestasi Pusaka.
- Anugrah, A. 2020. *Pengembangan E-Lkpd Berbasis Inquiry Terintegrasi Stem untuk Melatih Kemampuan Berpikir Kreatif dan Kolaboratif* [Skripsi]. Universitas Lampung.
- Arikunto, S. 2011. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Bumi Aksara: Jakarta
- Ariyati, E. 2012. Pembelajaran Berbasis Praktikum untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa, *J. Pendidik. Mat. dan IPA*, 1(2), 1–12.
- Astri, E. K., Siburian, J., & Hariyadi, B. 2022. Pengaruh Model Project-based Learning terhadap Keterampilan Berpikir Kritis dan Berkomunikasi Peserta Didik. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 08(01), 51-59.
- Asyhari,A.,Wati,W., Irwandani., & Saidah, N.U. 2016. Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik IPA Terpadu Berbasis Inkuiri Terbimbing Terintegrasi Pendidikan Karakter Melalui Four Steps Teaching Material Development. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, 35-78.
- Ausubel, D. P., & Fitzgerald, D. 2014. Meaningful Learning and Retention: Intrapersonal Cognitive Variables. *American Education Reserach Association Is Collaborating With JSTOR To Digitize, Preserve and Extend access to Review Of Education Research*,31(05), 500-510.

- Awe, E.Y., & Ende, M.I. 2019. Pengembangan Lembar Kerja Siswa Elektronik Bermuatan Multimedia untuk Meningkatkan Kemampuan Kognitif Siswa pada Tema Daerah Tempat Tinggalku Pada Siswa Kelas IV Sdi Rutoso Di Kabupaten Ngada. *Jurnal DIDIKA: Wahana Ilmiah Pendidikan Dasar*, 5(2), 48-61.
- Bell, Stephanie. 2010. Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies*, 83(2), 39–43.
- Blumenfeld, Phyllis C., Soloway, Elliot., Marx, Ronald W., Krajcik, Joseph S., Guzdial, Mark., & Pallincsar, Annemarie. 1991. Motivating Project-Based Learning Sustaining the Doing, Supporting The Learning. *Educational Psychologist*, 26(3&4), 369-398.
- Chiu, C. F. 2020. Facilitating k-12 Teachers In Creating Apps By Visual Programming and Project-Based Learning, *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(1), 103-118.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. 2011. *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. SAGE.
- Dharma, Iluh Via V., I Nyoman S., & Kompyang S. 2018. Pengaruh Model Problem Based Learning terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas VII SMP pada Pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sains Indonesia (JPPSI)*, 1(1), 44-54.
- Dinantika, H. K., Suyanto, E., & Nyeneng, I. D. 2019. Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Project-based Learning terhadap Kreativitas Siswa pada Materi Energi Terbarukan. *Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 11(2), 73-80.
- Divia, B. C., Herlina, K., Viyanti, V., Abdurrahman, A., & Ertikanto, C. 2022. Learning of Inquiry Sequences-Based E-Student Worksheet Assisted by Canva to Stimulate Hands-On Skills, Mind-On Activity, and Science Process Skills. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 5(3), 318–329.
- Ennis, R. H. 1985. A Logical Basis for Measuring Critical Thinking Skills. *Educational Leadership*, 43(2), 44-48.
- Fadiawati, N., & Syamsuri, M.M.F. 2018. *Perancangan Pembelajaran Kimia*, Yogyakarta: Graha Ilmu
- Febriansyah, F., Herlina, K., Nyeneng, I. D. P., & Abdurrahman, A. 2021. Developing Electronic Student Worksheet (E-Worksheet) Based Project Using Fliphtml5 to Stimulate Science Process Skills During the Covid-19 Pandemic. *INSECTA: Integrative Science Education and Teaching Activity Journal*, 2(1), 59–73.

- Ferazona, S., & Puti, I. 2020. Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Melalui Diskusi Kelas Upaya Pencapaian Kompetensi Abad 21. *Jurnal Bioterdidik: Wahana Ekspresi Ilmiah*, 8(2), 59–65.
- Gustama, A., Ariyani, F., & Sinaga, T. 2018. Pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKPD) Sesikun melalui Model Problem Bas Learning (PBL) untuk Siswa Kelas X SMA. *Jurnal Tiyuh Lampung*, 2(1).
- Haiyah, N., & Fatimah. 2021. Penerapan Model Pembelajaran Project-based Learning (PjBL) untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis pada Materi Gelombang Bunyi Kelas XI MAN 3 Bireuen. *Jurnal Edukasi Matematika dan Sains*, 2(2), 80-85.
- Hake, R. R. 2002. Interactive Engagement Methods Introductory Mechanic Course. *Journal of Physics Education Research*, 66.
- Halpern, H., Diane. F. 2014. *Thought and Knowledge an Introduction to Critical Thinking Fifth Edition*. New York and London: Psychology Press.
- Handoyo, E. A. 2007. The Interesting Of Learning Thermodynamics Through Daily Life. *Maranatha Teaching and Learning International Conference*. 151–158.
- Haryanto, Asrial, Ernawati, M. D. W., Syahri, W., & Sanova, A. 2019. EWorksheet Using Kvisoft Flipbook: Science Process Skills and Student Attitudes. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 8(12), 1073–1079.
- Hayati, S., Budi, A. S., dan Handoko, E. 2015. Pengembangan Media Pembelajaran Flipbook Fisika untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (e-Jurnal) SNF2015*, 4(1), 49–54.
- Herlina, K. 2020. *Model Pembelajaran ExPRession untuk Membangun MOdel Mental dan Kemampuan Problem Solving*. Graha Ilmu: Yogyakarta
- Herlina, K., Wicaksono, B. A., Andra, D., & Nyeneng, I. D. P. 2022. Development of a Simple and Low-Cost Light Diffraction Props for Teaching and Learning Optics during Covid-19 Outbreak. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 23(2), 437–447.
- Hidayat, S., Soeprianto, H., Kunci, K., Berbasis Proyek, P., Konsep, P., & Berpikir Kritis, K. 2014. Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Proyek terhadap Penguasaan Konsep ditinjau dari Keterampilan Berpikir Kritis pada Mata Kuliah Optik. *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*, 2(2), 220–226.

- Holstermann, N., Grube, D., & Bögeholz, S. 2010. Hands-on Activities and Their Influence on Students' Interest. *Research in Science Education*, 40, 743–757.
- Hosnan. 2014. *Pendekatan Saintifik dan Kontekstual dalam Pembelajaran Abad 21*. Jakarta: Ghalia Indonesia. 250.
- Kartono. 2010. Hands On Activity pada Pembelajaran Geometri Sekolah Sebagai Asesmen Kinerja Siswa. *Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif*, 1(1), 21–32.
- Kembara, M. ., Rozak, R. ., & Hadian, V. 2019. based Lectures to Improve Students' 4C (Communication, Collaboration, Critical Thinking, and Creativity) Skills. *In International Symposium on Social Sciences, Education, and Humanities*, 22–26.
- Khalifah, I., Sakti, I., & Sutarno., 2021. Pengembangan Lkpd Berbasis Project Based Learning untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis pada Materi Induksi Elektromagnetik. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains*, 1(2), 69-80.
- Khanasta, I., Sinon, I. L. S., & Widyaningsih, S. W. 2016. Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Fenomena Menggunakan Metode Demonstrasi terhadap Berpikir Kritis Peserta Didik Kelas XI IPA SMA Yapis Manokwari. *Wahana Didaktika*, 14(September), 1–161.
- Kholilah, A. Ramadhanti, R. Fitriani, E. Febri, dan MR Pratiwi. 2020. Hubungan Kerja Keras dan Hasil Belajar Fisika di SMA Negeri 1 Kota Jambi. *J. Sci . Mendidik. Praktek.*, jilid. 4, 41–48.
- Kismawati, R., Ernawati, T., & Winingsih, P. H. 2022. Pengembangan E-komik Berbasis Heyzine Flipbook pada Materi Sistem Pencernaan bagi Peserta Didik Kelas VIII SMP. *Wacana Akademika: Majalah Ilmiah Kependidikan*, 6(3), 359–370.
- Kristanti, Y.D., Subiki, & Handayani, R.D. 2016. Model Pembelajaran Berbasis Proyek (Project Based Learning Model) pada Pembelajaran Fisika di SMA. *Jurnal Pembelajaran Fisika*. 5(2) 122-128.
- Kurniawan, A. 2012. Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Proyek Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis dan Sikap Terkait Sains Siswa SMP.(Studi Esperimen Di SMP Negeri 4 Singaraja). *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran IPA Indonesia*, 2(1).
- Lee, C. D. 2014. Worksheet Usage, Reading Achievement, Classes Lack Of Readiness, and Science Achievement: A Cross: Country Comparison. *International Journal Of Educations in Mathematics, Science and Technology*, 2(2), 96-106.

- Mariana, D. 2013. *Pengembangan Perangkat Pembelajaran Biologi Berorientasi Pengembangan Inteligensi Majemuk Siswa Pada Materi Sel Kelas XI SMA*. Universitas Semarang.
- Matodang, Z. 2018. Validasi dan Reliabilitas Suatu Instrumen Penelitian. *Tabulasi PSS UNIMED*, 2(1), 87-97.
- Mayer, R. E. 2002. "Multimedia Learning." *In Psychology of Learning and Motivation, Elsevier*, 41. 85–139.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. 2002. Aids to Computer-Based Multimedia Learning. *Learning and Instruction*, 12(1), 107–119.
- Narayan, R., Rodriguez, C., Araujo, J., & Shaqlaih, A. 2013. Constructivism-Constructivist Learning Theory. In B. J. Irby, G. Brown, R. Lara-Alecio, & S. Jackson (Eds.), *The handbook of educational theories* (pp. 169–183). IAP Information Age Publishing.
- Newman, Mark J. 2005. Problem Based Learning: An Introduction and Overview of the Key Features of the Approach. *Journal of Veterinary Medical Education*. 32(1), 13.
- Nisa, T. Koestiari, M. Habibulloh, & B. Jatmiko. 2018. Effectiveness of Guided Inquiry Learning Model to Improve Students Critical Thinking Skills at Senior High School, *J. Phys. Conf. Ser.*, 997(1).
- Novak, J. D. 2011: A Theory of Education: Meaningful Learning Underlies the Constructive Integration of thinking, feeling, and acting leading to Empowerment for Commitment and Responsibility. *Aprenzagen Significatia em Revista/Meaningful Learning Review*. 6(2), 1-4.
- Novayani, S., Nufida, B. A., & Mashami, R. A. 2015. Pengaruh Model Discovery Learning terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMP pada Materi Pencemaran Lingkungan. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 3(1), 253.
- Palumpun, N. S., Wilujeng, Suryadarma, I. G.P., Suyanta, S., & Syaukani, M. H. 2022. Identification of Students Self Regulated Learning Using e-Module Assisted With Integrated Liveworksheet of Torajas Local Potential. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, 8 (2), 558-565.
- Prastowo. A. 2015. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Diva Press.
- Pulungan, M., Usman, N., Suratmi, S., & Harini, B. 2020, Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) pada Pembelajaran Tematik Kurikulum 2013. *Jurnal Inovasi Sekolah Dasar*, 7(1).
- Pujianto. P., & Maryanto, AL. 2009. Pengembangan Model KBSB (Keterampilan Berpikir dan Strategi Berpikir Melalui Pembelajaran Sains Realistik untuk

- Meningkatkan Aktivitas Hand- On dan Minds-On. *Jurnal Hasil Penelitian dan Ilmu Pendidikan*, 2(3), 54-66.
- Putriyana, A. W., Auliandari, L., & Kholillah, K. 2020. Kelayakan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Model Pembelajaran Search, Solve, Create and Share pada Praktikum Materi Fungi. *BIODIK*, 6(2), 106–117.
- Ramlawati, Liliasari, Martoprawiro, M. A., & Wulan, A. R. 2014. The Effect of Electronic Portfolio Assessment Model to Increase of Students' Generic Science Skill in Practical Inorganic Chemistry. *Journal of Education and Learning*, 8(3), 179–186.
- Ranti, S., & Usmeldi. 2019. Development of Integrated Science Student ' s Worksheet (LKPD) Based on Research-Based Learning Integrated With Religion Value Development of Integrated Science Students Worksheet (LKPD) Based On Research-Based Learning Integrated With Religion Val. *Journal of Physics: Conference Series PAPER*, 1185(1), 1–10.
- Ratumanan, T. G., & Laurent, T. 2011. *Penilaian Hasil Belajar pada Tingkat Satuan Pendidikan* (2nd ed). Unesa University Press: Surabaya.
- Reyhanul, I. S. 2015. *Whats are The Importance and Benefits of Critical Thinking Skills*.
- Richey, C. R., & Klien, D. J. 2007. *Design and Development Research Method, Strategies, and Issues*. Lawrence Erlbaum Association: London.
- Sadi, O., & Cakiroglu, J. 2011. Effects of Hands-on Activity Enriched Instruction on Students Achievement and Attitudes towards Science. *Journal of Baltic Science Education*, 10 (2): 87-97.
- Santrock, J. W. 2009. *Psikologi Pendidikan*. Jakarta: Salemba Humanika.
- Sari, A. Y. R., Parno., & Taufiq, A. 2016. Kemampuan Berpikir Kritis dan Pemahaman Konsep Fisika Siswa SMA pada Materi Hukum Newton. *Pros. Semnas Pend.IPA. Pascasarjana UM*, 1(2), 88-99.
- Sarwanto, L. E. W., Fajari, & Chumdari. 2021. *Critical Thinking Skills and Their Impacts on Elementary School Students*, *Malaysian J. Learn. Instr.*, 18(2).
- Suciani, T., Lasmanawati, E., & Rahmawati, Y. 2018. Pemahaman Model Pembelajaran Sebagai Kesiapan Praktik Pengalaman Lapangan (PPL) Mahasiswa Program Studi Pendidikan Tata Boga. *Media Pendidikan, Gizi dan Kuliner*. 7: 76-81.
- Sucipto, H. 2017. Penerapan Model Project Based Learning untuk Meningkatkan Minat dan Hasil Belajar IPS. *Jurnal Pendidikan: Riset & Konseptual*, 1(1), 77-86.

- Sudarmani., Rosana, D., & Pujiyanto. 2018. Lesson Learned: Improving Students' Procedural and Conceptual Knowledge through Physics Instruction with Media of Wave, Sound, and Light. *Journal of Physics: Conference Series*, 1097(5), 1–7.
- Sudjana. 2005. *Metode Statistika*. Tarsito: Bandung.
- Sumarni, W., Wardani, S., & Gupitasari, DN. 2016. Project-Based Learning (PBL) to Improve Psychomotoric Skills: A Classroom Action Research. *Journal of Indonesian Science Education*, 5 (2), 157–163.
- Susanawati, E., Diantoro, M., & Yuliati, L. 2013. Pengaruh Strategi Project Based Learning dengan Thinkquest terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Fisika Siswa SMA Negeri 1 Kraksaan. *Jurnal Pengajaran MIPA*, 18(2), 207–213.
- Tenggarudin. 2016. Strategi Pelatihan Guru dan Siswa Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Terintegrasi Lesson Study untuk Melatihkan Kemampuan Berpikir Kritis pada Pembelajaran Biologi. *Proceeding Biology Education Conference*, 13(1), 381–387.
- The George Lucas Educational Foundation. 2007. *Project-Based Learning Guide Implementation*.
- Trianto. 2007. *Model-model Pembelajaran Inovatif Berorientasi Konstruktivisme*. Jakarta : Prestasi Pustaka.
- Vygotsky, L. S. 1989. Concrete Human Psychology. *Soviet Psychology*, 27(2), 53–77.
- Wahyuni, S., Rizki, L. K., Budiarmo, A. S., Putra, P. D. A., & Narulita, E. 2021. The Development of E-Student Worksheet on Environmental Pollution to Improve Critical Thinking Skills of Junior High School Students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 7(4), 723–728.
- Wibowo. 2017. *Manajemen Kinerja. Edisi Kelima*. Depok: Pt.Raja Grafindo Persada
- Widiana, R. Sumarmin, D. Susanti, & S. Susanti. 2019. *The practicality of practicum guidance based guided inquiry approach on animals physiology course*. *J. Phys. Conf. Ser.*, 1157(2)
- Widiastari, K., & Redhana, i W. 2021. Improving Students Critical Thinking Skills Through a Multiple Representation-based Chemistry Teaching Book. *International Conference Mathematics And Science Education (ICoMSE)*.
- Wiyanto, W., & Hidayah, I. 2021. Review of a Scientific Creativity Test of The Tree-Dimensional Model. *Journal Of Physics: Conference Series*.

- Wurdinger, Scott D. 2016. *The Power of Project-Based Learning: Helping Students develop important life skills*. London: Rowman & Littlefield
- Yildirim, B. 2011. Critical Thinking in Nursing Process and Education. *International Journal of Humanities and Social Science*,1(13), 257–262.
- Young, H. D., & Freedman, R.A. 2002. *Fisika Universitas Jilid I Edisi kesepuluh*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Zulfaneti, Edriati, S., & Mukhni. 2018. Enhancing Students' Critical Thinking Skills through Critical Thinking Assessment in Calculus Course. *Journal of Physics: Conference Series* 948(1):01203.