

**IMPLEMENTASI *e*-LKPD BERBASIS *PROJECT* UNTUK  
MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR  
KRITIS DAN MENSTIMULUS *SELF  
REGULATED LEARNING* PESERTA  
DIDIK SMA PADA MATERI  
HUKUM BOYLE**

**Skripsi**

**Oleh**

**Rahmah Widiati  
NPM 2113022039**



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

**IMPLEMENTASI e-LKPD BERBASIS *PROJECT* UNTUK  
MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR  
KRITIS DAN MENSTIMULUS *SELF  
REGULATED LEARNING* PESERTA  
DIDIK SMA PADA MATERI  
HUKUM BOYLE**

**Oleh**

**Rahmah Widiati**

**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  
2025**

## ABSTRAK

### IMPLEMENTASI *e-LKPD* BERBASIS *PROJECT* UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS DAN MENSTIMULUS *SELF REGULATED LEARNING* PESERTA DIDIK SMA PADA MATERI HUKUM BOYLE

Oleh

**RAHMAH WIDIATI**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *e-LKPD* berbasis *project* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan *self regulated learning* pada peserta didik SMA. Sampel yang digunakan yaitu peserta didik kelas XI IPA 3 dan XI IPA 4 SMA Negeri 13 Bandarlampung Tahun ajaran 2024/2025. Desain penelitian yang digunakan yaitu *pretest-posttest control group design*. Instrumen penelitian yang digunakan yaitu instrumen tes soal *pretest-posttest* dan instrumen non tes berupa angket. Hasil penelitian ini menunjukkan *e-LKPD* berbasis *project* lebih efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik, dengan rata-rata nilai *pretest-posttest* kelas eksperimen 39,7 dan 82,1, sedangkan kelas kontrol 29,0 dan 58,4. Rata-rata persentase dari hasil angket *self regulated learning* kelas eksperimen yaitu 76%, sedangkan kelas kontrol 61%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *e-LKPD* berbasis *project* efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan *self regulated learning* peserta didik terlihat dari peningkatan skor pada berbagai indikator berpikir kritis dan mengoptimalkan keseimbangan *self regulated learning of behavior, motivation* dan *cognition* yang dapat mengembangkan pola pikir yang lebih analitis dan reflektif.

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

Judul Skripsi

**: IMPLEMENTASI E-LKPD BERBASIS  
PROJECT UNTUK MENINGKATKAN  
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS DAN  
MENSTIMULUS SELF REGULATED  
LEARNING PESERTA DIDIK PADA MATERI  
HUKUM BOYLE**

Nama Mahasiswa

**: Rahmah Widiati**

Nomor Pokok Mahasiswa

**: 2113022039**

Program Studi

**: Pendidikan Fisika**

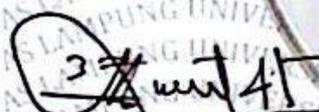
Jurusan

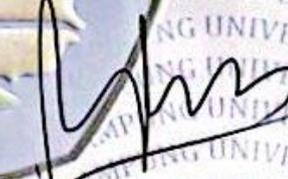
**: Pendidikan MIPA**

Fakultas

**: Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



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

  
**Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.**  
NIP 196812101993031002

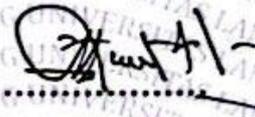
**2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA**

  
**Dr. Nurhanurawati, M.Pd.**  
NIP 196708081991032001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

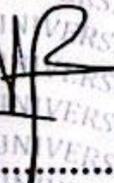
**Ketua : Dr. Kartini Herlina, M.Si.**



**Sekretaris : Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.**



**Penguji  
Bukan Pembimbing : Dr. Viyanti, S.Pd., M.Pd.**



**Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan**



**Dr. Abet Maydiantoro, M.Pd.**  
NIP 198708042014041001

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 11 April 2025**

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA  
PRODI PENDIDIKAN FISIKA

Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No.1 Gedong Meneng - Bandar Lampung Telp./Fax: (0721) 704624  
e-mail: fkip@unila.ac.id, laman: http://fkip.unila.ac.id

Form U-3

**SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Rahmah Widiati  
Nomor Pokok Mahasiswa : 2113022039  
Program Studi : Pendidikan Fisika  
Pembimbing I (Ketua) : Dr. Kartini Herlina, M.Si.  
Pembimbing II (Sekretaris) : Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si.  
Pembahas : Dr. Viyanti, M.Pd.  
Judul Skripsi : Implementasi E-LKPD Berbasis Project Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Dan Self Regulated Learning Peserta Didik Pada Materi Hukum Boyle

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa pada hari ini, saya:

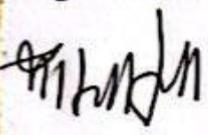
1. dalam keadaan sehat jasmani dan rohani;
2. siap melaksanakan ujian komprehensif hasil penelitian (Skripsi);
3. bersedia diuji oleh tim penguji; dan
4. bersedia menerima/mematuhi semua keputusan yang ditetapkan oleh tim penguji.

Demikian pernyataan ini, saya buat dengan sebenar-benarnya, secara sadar tanpa ada paksaan dari mana pun dan dari siapa pun.

Bandar Lampung, 11 April 2025

Yang membuat pernyataan,



  
Rahmah Widiati  
NPM. 2113022039

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis memiliki nama lengkap Rahmah Widiati, dilahirkan di Kasui pada tanggal 28 Februari 2003 sebagai anak kedua dari pasangan Bapak Suwarso dan Ibu Sriyani. Penulis mengawali Pendidikan formal pada tahun 2008 di TK Nurul Hidayah dan diselesaikan pada tahun 2009. Kemudian, penulis melanjutkan Pendidikan sekolah dasar di SDN 1 Kurnia Mataram dan diselesaikan pada tahun 2015. Dilanjutkan dengan Pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 2 Seputih Mataram dan diselesaikan pada tahun 2018. Kemudian penulis melanjutkan Pendidikan SMA di SMA Negeri 1 Seputih Mataram dan diselesaikan pada tahun 2021. Pada tahun 2021 penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN.

Selama menempuh Pendidikan di Program Studi Pendidikan Fisika Pengalaman berorganisasi penulis pernah aktif mengikuti kepanitiaan dalam berbagai acara yang diadakan Almafika FKIP Unila, serta menjadi anggota divisi minat dan bakat Almafika. Selain itu, penulis mengikuti pelaksanaan Kuliah Kerja Nyata (KKN) tahun 2024 di Desa Malang Sari Kecamatan Tanjung Sari dan pengalaman Lapangan Persekolahan (PLP) tahun 2024 di SMA Mulia Plus Malang Sari.

## **MOTTO**

*“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kemampuannya”*

*(Al Baqarah :286)*

*“Angin tidak berhembus untuk menggoyangkan pepohonan, melainkan menguji kekuatan akarnya”*

*(Ali bin Abi Thalib)*

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillahil'alamin, puji dan Syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa memberikan Rahmat serta karunia-Nya. Shalawat dan salam tak lupa tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW. Penulis dengan rendah hati mempersembahkan karya tulis ini sebagai wujud tanggung jawab dalam menuntaskan Pendidikan dan sebagai penghormatan yang tulus kepada:

1. Ibunda tercinta, Sriyani yang senantiasa mendampingi dan selalu memberikan dukungan dan semangat serta doa yang selalu menyertai penulis. Terimakasih untuk selalu sabar mendidik, untuk selalu mengajarkan hal baik, untuk selalu mengajarkan tetap rendah hati dan ikhlas atas segala hal yang terjadi diluar kendali. Terimakasih untuk tetap bertahan dan berjuang sendiri membesarkan penulis dengan segala cinta dan kasih sayang. Barangkali akan ada hari baik untuk meredam segala ego hingga semuanya kembali seperti awal lagi.
2. Kepada Bapak Suwarso yang jarang terlihat namun selalu ada. Terimakasih untuk segala hal yang selalu diusahakan, segala bentuk kasih sayang dan perhatian yang diberikan, untuk segala dukungan dan doa yang diberikan kepada penulis tanpa pernah sekalipun mematahkan semangat penulis, yang selalu menasehati dengan tutur kata yang lembut. Terimakasih untuk tetap bertahan dan bertanggung jawab atas hidup penulis. Yang mendidik dalam jarak yang jauh namun selalu berusaha untuk ada walau tak terlihat oleh sekitar.
3. Kakak tersayang, Eko Yulianto yang senantiasa memberikan nasehat, selalu menangkan disegala kondisi yang kacau. Terimakasih untuk selalu bisa memahami kondisi dan perasaan penulis, terimakasih untuk selalu memeluk jiwa kecil ini.
4. Kakak ipar dan keponakan, Siti Mutoharoh serta Muhammad Khairul Azzam dan Muhammad Khairul Azril yang selalu meramaikan suasana, memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
5. Rahmah Widiati, saya sendiri. Apresiasi sebesar-besarnya karna telah bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terimakasih untuk tetap

bertahan sejauh ini menerima segala kacau kehidupan dan barangkali esok hari ada kesempatan untuk merasakan hangatnya rumah yang berpenghuni, tidak sunyi dan saling bertukar cerita sembari bersantai.

6. Keluarga besar kedua orang tua.
7. Semua sahabat serta teman yang selalu menemani dan memberikan dukungan dalam perjuangan penulis.
8. Para pendidik yang telah memberikan ilmu, pengalaman serta membimbing penulis dengan tulus dan ikhlas.
9. Keluarga besar Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Lampung.
10. Almameter tercinta, Universitas Lampung.

## SANWACANA

Alhamdulillah puji Syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT. Karena atas nikmat dan Rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Implementasi e-LKPD berbasis *project* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan *self regulated learning* peserta didik pada materi hukum boyle” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Fisika Universitas Lampung. Shalawat serta salam tak lupa disanjungkan kepada nabi Muhammad SAW yang dinantikan syafaatnya di yaumul akhir kelak.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Dr. Albet Mardiyanto, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lampung;
3. Dr. Nurhanurawati, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Universitas Lampung;
4. Dr. Kartini Herlina, M.Si., selaku pembimbing akademik sekaligus pembimbing I, atas kesediaan memberikan bimbingan, saran, kritik, dan semangat serta memotivasi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi;
5. Prof. Dr. Abdurrahman, M.Si., selaku pembimbing II, atas kesediaan memberikan bimbingan, saran, kritik dan semangat serta memotivasi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi;
6. Dr. Viyanti, M.Pd., selaku pembahas, atas kesediaan memberikan bimbingan, saran, kritik, dan semangat, serta motivasi kepada penulis selama proses penyusunan skripsi;
7. M.Arif, S.Pd., S.KOM. selaku guru kelas XI SMA Negeri 13 Bandar Lampung yang telah memberikan banyak bantuan, kerja sama, dan saran selama penelitian berlangsung;

8. Peserta didik kelas XI 3 dan XI 4 SMA Negeri 13 Bandarlampung yang telah membantu lancarnya proses pembelajaran;
9. Kepada mahasiswa Unila dengan npm 221502173, terimakasih untuk selalu memberikan dukungan, rasa nyaman dan menemani penulis selama masa perkuliahan hingga masa yang akan tiba. Semoga Allah selalu memberikan keberkahan dalam segala hal yang kita lalui;
10. Teman kosan, Kysa Windia Rosa yang senantiasa menemani disegala kondisi susah dan senang, memberikan dukungan, semangat serta membantu penulis dalam segala hal;
11. Teman rumah sekaligus teman satu prodi, Anisa Aprilia A yang selalu memberikan motivasi, menghibur, dan membantu penulis disegala kondisi, teman segala perjuangan hingga masa perkuliahan sampai masa tua nanti;
12. Teman seperjuangan, Tamara, Farhana, Tiara yang selalu mengisi momen bahagia ketika masa perkuliahan, selalu memotivasi dan saling mendukung;
13. Teman KKN, Cici, Atika, Keke, Jalpa, Nurbaiti, Elsa teman tidur 40 hari yang memberikan semangat dan doa kepada penulis;
14. Teman seperjuangan satu pembimbing, Diana, Amanda, Lisa, yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.

Bandarlampung, April 2025

Penulis

Rahmah Widiati

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>v</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
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
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Teori Belajar.....	7
2.1.1 Teori Belajar Konstruktivisme .....	7
2.2 Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) .....	10
2.3 Pembelajaran Berbasis <i>Project (Project Based Learning)</i> .....	12
2.4 Keterampilan Berpikir Kritis .....	15
2.5 <i>Self Regulated Learning</i> .....	16
2.6 Hukum Boyle .....	19
2.7 Penelitian Relevan .....	21
2.8 Kerangka Pemikiran.....	23
2.9 Hipotesis Penelitian .....	26
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
3.1 Pelaksanaan Penelitian.....	27
3.2 Populasi dan Sampel .....	27
3.3 Variabel Penelitian .....	27
3.4 Desain Penelitian .....	28
3.5 Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	31
3.6 Instrumen Penelitian .....	32
3.7 Analisis Instrumen Penelitian .....	33
3.8 Teknik Pengumpulan Data .....	35
3.9 Teknik Analisis Data dan Pengujian Hipotesis .....	37
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>42</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	42
4.1.1 Tahap Pelaksanaan.....	42
4.1.2 Data Kuantitatif Hasil Penelitian.....	44
4.1.3 Data Hasil <i>Self Regulated Learning</i> .....	45
4.1.4 Hasil Analisis Data .....	49
4.2 Pembahasan.....	50
4.2.1. Keterampilan Berpikir Kritis.....	50
4.2.2. <i>Self Regulated Learning (SRL)</i> .....	68

<b>V. SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>70</b>
5.1 Simpulan .....	70
5.2 Saran .....	71
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>73</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>78</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Karakteristik <i>Project Based Learning</i> .....	13
2. Indikator Keterampilan Berpikir Kritis.....	16
3. Indikator <i>Self Regulated Learning</i> .....	18
4. Penelitian Relevan.....	21
5. Desain Penelitian kelas Eksperimen .....	29
6. Desain Penelitian Kelas kontrol .....	30
7. Tahap Pelaksanaan Pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol .....	31
8. Interpretasi Koefisien Korelasi .....	34
9. Klasifikasi Efisiensi Reliabilitas.....	35
10. Kriteria Persentase Angket .....	36
11. Kriteria Hasil Belajar .....	37
12. Klasifikasi <i>N-Gain</i> .....	37
13. Hasil Uji Normalitas .....	38
14. Hasil Uji Homogenitas.....	39
15. Interpretasi <i>Effect Size</i> .....	40
16. Data hasil pretest-posttest kedua kelas.....	44
17. Indikator ketercapaian <i>self regulated learning</i> kelas eksperimen.....	45
18. Indikator ketercapaian <i>self regulated learning</i> kelas kontrol.....	47
19. Perhitungan <i>N-Gain</i> .....	49
20. Hasil Uji <i>Independent Sample t-test</i> .....	49
21. Hasil Uji <i>Effect Size</i> dengan ANCOVA .....	50

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Grafik Hubungan Tekanan terhadap Volume pada Suhu Konstan .....	21
2. Bagan Kerangka Pemikiran.....	25
3. Grafik Nilai N-Gain Rata-Rata .....	52
4. Grafik Peningkatan Indikator Berpikir Kritis .....	53
5. Jawaban Pretest Indikator Memberikan Penjelasan Sederhana .....	54
6. Jawaban Posttest Indikator Memberikan Penjelasan Sederhana.....	54
7. Jawaban Pretest Indikator Membangun Keterampilan Dasar .....	55
8. Jawaban Posttest Indikator Membangun Keterampilan Dasar.....	55
9. Jawaban Pretest Indikator Membuat Kesimpulan.....	56
10. Jawaban Posttest Indikator Membuat Kesimpulan .....	56
11. Jawaban Pretest Indikator Membuat Penjelasan Sederhana .....	56
12. Jawaban Posttest Indikator Membuat Penjelasan Sederhana.....	57
13. Mengamati Fenomena Hukum Boyle .....	58
14. Contoh Jawaban Mermuskan Masalah.....	60
15. Contoh Jawaban Menyusun Hipostesis.....	61
16. Membuat Rancangan Project .....	62
17. Contoh Jawaban Menyusun Jadwal Pembuatan Project .....	63
18. Membuat project .....	64
19. Pengujian Project .....	65
20. Melakukan Presentasi .....	66
21. Hasil Jawaban Untuk Mengevaluasi Pelaksanaan <i>Project</i> .....	67

## 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 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 kemampuan berpikir tingkat tinggi. Ennis (1985) mengungkapkan bahwa berpikir kritis adalah berpikir secara beralasan dan reflektif dengan menekankan pada pembuatan keputusan tentang apa yang harus dipercayai atau dilakukan. Dengan menumbuhkembangkan keterampilan berpikir kritis, peserta didik diharapkan bisa menyesuaikan diri dengan kehidupan dan mampu menghadapi berbagai permasalahan personal maupun sosial dalam kehidupannya (Budiman dkk., 2021). Keterampilan berpikir kritis dapat dilatih dan dikembangkan dengan menyesuaikan strategi atau model pembelajaran yang sesuai. Strategi atau model pembelajaran yang tepat untuk meningkatkan keterampilan berpikir

kritis adalah pembelajaran yang menjadikan peserta didik sebagai pusatnya sehingga peserta didik dapat melatih keterampilan berpikir kritisnya (Aliftika dkk., 2021).

Mata Pelajaran fisika dianggap sulit karena memerlukan pemahaman konsep, dan penalaran matematis. Salah satu faktor yang menyebabkan peserta didik sulit menyelesaikan persoalan-persoalan fisika adalah ketergantungan peserta didik terhadap guru, di mana peserta didik hanya mengandalkan bahan ajar yang diberikan guru untuk memahami materi, sehingga kemandirian belajar bisa menjadi kebiasaan dalam mempelajari fisika. Kemandirian belajar tersebut ada kaitannya dengan pengaturan proses belajar yang disebut dengan *self regulated learning* (Rasyid & Yusman, 2024). Zimmerman (1990) menjelaskan bahwa *self regulated learning* adalah pengetahuan potensial yang dimiliki individu untuk meningkatkan prestasi belajar, merencanakan cara belajar, menentukan langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk mencapai tujuan belajar serta mengevaluasi keberhasilan dan kekurangan yang diperoleh. *Self regulated learning* yang ada dalam diri peserta didik merupakan faktor internal peserta didik yang pasif, artinya akan muncul akibat dampak langsung terjadinya kondisi lingkungan pembelajaran yang kondusif. Dalam hal ini pendidik memiliki karakteristik sebagai fasilitator, motivator, dan evaluator (Sutikno, 2016).

Model pembelajaran yang potensial dan efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan *self regulated learning* adalah *project based learning* (Supiati dkk., 2024). Model pembelajaran *project based learning* didefinisikan sebagai pembelajaran dimana peserta didik diberikan tugas-tugas kompleks yang biasanya berisi pertanyaan atau masalah dimana peserta didik diberikan kesempatan untuk bekerja secara mandiri dalam mendesain, penyelidikan, dan analisis mendalam serta mengambil keputusan dan guru hanya sebagai fasilitator saja. Hal ini akan menjadikan peserta didik memiliki keterampilan berpikir kritis dan kemandirian belajar (Riti *et al.*, 2021). Peserta didik didorong untuk belajar mandiri serta bekerja secara kolaboratif untuk meneliti dan membuat proyek yang mencerminkan pengetahuan,

dengan mengumpulkan keterampilan teknologi baru yang tepat, sehingga menjadi komunikator yang mahir dan pemecah masalah pada tingkat lanjutan, peserta didik akan mendapatkan manfaat besar dari model pembelajaran ini (Desiana dkk., 2022).

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 materi melalui lembar kerja elektronik yang dapat digunakan melalui perangkat seperti komputer, laptop, ponsel, dan lain-lain (Putriyana dkk., 2020). Dalam proses pembelajaran *e-LKPD* dapat memberikan dampak pada kegiatan belajar peserta didik yang awalnya membosankan menjadi menyenangkan dan mengasyikkan, proses pembelajaran yang terjadi dapat menjadi lebih interaktif, dan para peserta didik dapat menjadi lebih termotivasi untuk lebih semangat dalam belajar (Hurrahma & Sylvia, 2022). Penggunaan *e-LKPD* berbasis *project* dalam pembelajaran memungkinkan untuk peserta didik terlibat aktif dan kritis dalam proses belajarnya di mana peserta didik diberikan tugas-tugas kompleks berisi pertanyaan atau permasalahan di mana peserta didik diberikan kesempatan untuk bekerja secara mandiri dalam mendesain, penyelidikan, dan analisis mendalam serta mengambil keputusan. Hal ini menjadikan peserta didik memiliki keterampilan berpikir kritis (Riti dkk., 2021).

Berdasarkan penelitian pendahuluan yang dilakukan oleh Sri Wahyu Lestari pada 2023, 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 guru dalam membelajarkan hukum Boyle yaitu terbatasnya alat praktikum, 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 hasil penelitian pendahuluan yang dilakukan pada 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 saat melakukan praktikum menggunakan LKPD, didalam LKPD tersebut belum terdapat proses penyelidikan dan representasi masalah, sehingga peserta didik tidak begitu memahami materi hukum Boyle.

Penelitian pendahuluan yang telah dilakukan peneliti dengan menyebarkan angket kepada 3 guru SMA, diantaranya SMAN 13 Bandar Lampung, SMAN 14 Bandar Lampung, dan SMAN 15 Bandar Lampung. Guru pada umumnya masih menerapkan model pembelajaran *problem based Learning* dan *discovery learning*, dengan menggunakan metode ceramah dan diskusi dalam menyampaikan materi hukum boyle. Dalam membelajarkan hukum boyle, guru pada umumnya menggunakan bahan ajar buku dan LKPD. Pada saat melakukan praktikum hukum boyle, LKPD yang digunakan belum terdapat animasi serta latihan soal sehingga pembelajaran yang dilakukan dinyatakan kurang begitu efektif. Pada LKPD yang diberikan oleh guru sudah melatih keterampilan berpikir kritis dan *self regulated learning* namun kebanyakan hanya pada indikator membuat kesimpulan. Guru menyatakan keterampilan berpikir kritis hanya dilatihkan pada indikator membuat kesimpulan sedangkan untuk indikator yang lainnya belum dilatihkan.

Berdasarkan penjelasan tersebut, diperlukan penelitian untuk mempelajari efektivitas penerapan model pembelajaran berbasis proyek dengan menggunakan *e-LKPD* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan *self regulated learning* peserta didik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh *e-LKPD* berbasis *project* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi hukum boyle peserta didik SMA?
2. Bagaimana pengaruh *e-LKPD* berbasis *project* untuk meningkatkan *self regulated learning* pada materi hukum boyle peserta didik SMA?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mendeskripsikan pengaruh *e-LKPD* berbasis *project* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi hukum boyle peserta didik SMA.
2. Mendeskripsikan pengaruh *e-LKPD* berbasis *project* untuk meningkatkan *self regulated learning* pada materi hukum boyle peserta didik SMA.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Dapat digunakan pendidik sebagai masukan dalam kegiatan pembelajaran di kelas menggunakan model pembelajaran *project based learning* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan *self regulated learning* peserta didik.
2. Dapat digunakan peserta didik untuk melatih meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan *self regulated learning* melalui model pembelajaran *project based learning*, dan dapat meningkatkan prestasi belajar peserta didik.
3. Dapat digunakan peneliti untuk mengetahui kekurangan ketika mengimplementasikan *e-LKPD* berbasis *project* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan *self regulated learning* dalam proses

pembelajaran, sehingga dapat menjadi proses pembelajaran yang lebih baik untuk selanjutnya.

### 1.5 Ruang Lingkup Penelitian

1. Penelitian eksperimen ini menggunakan *e-LKPD* berbasis *project* yang dikembangkan oleh Sri Wahyu Lestari pada tahun 2024.
2. Penelitian ini menggunakan model pembelajaran *Project Based Learning* yang mengacu pada teori George Lucas Educational Foundation (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, asses the outcome and evaluate the experience*.
3. Penelitian ini berorientasi pada kemampuan berpikir kritis sistem peserta didik yang mengacu pada teori Ennis (1985) dengan indikator: memberikan penjelasan sederhana, membangun keterampilan dasar, menyimpulkan, membuat penjelasan lebih lanjut, serta membuat strategi dan taktik.
4. Penelitian ini berorientasi pada *self regulated learning* peserta didik yang mengacu pada teori Zimmerman (1990) dengan indikator metakognisi, motivasi, dan perilaku.
5. Materi yang disajikan pada penelitian ini adalah materi hukum boyle kelas XI kurikulum Merdeka.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Teori Belajar

#### 2.1.1 Teori Belajar Konstruktivisme

Konstruktivisme pada dasarnya adalah sebuah teori yang didasarkan pada observasi dan studi ilmiah, tentang bagaimana orang belajar. Teori ini menyatakan bahwa orang membangun pemahaman dan pengetahuan mereka sendiri melalui pengalaman berbagai hal dan merefleksikan pengalaman tersebut (Bereiter, 1994). Ketika menemukan sesuatu yang baru, kita harus menyesuaikan dengan ide dan pengalaman sebelumnya, mungkin mengubah apa yang diyakini, atau mungkin membuang informasi baru tersebut karena dianggap tidak relevan. Pandangan konstruktivis tentang pembelajaran dapat mengarah pada sejumlah praktik pengajaran yang berbeda. Dalam pengertian paling umum, hal ini biasanya mendorong peserta didik untuk menggunakan teknik aktif (eksperimen, pemecahan masalah dunia nyata) untuk menciptakan lebih banyak pengetahuan dan kemudian merefleksikan dan berbicara tentang apa yang peserta didik lakukan dan bagaimana pemahaman peserta didik berubah (Bada & Olusegun, 2015).

Dalam pembelajaran konstruktivisme, dapat digunakan penyajian berupa permasalahan yang terjadi di lapangan (Harpar *et al.*, 2000). Teori konstruktivisme di bidang pendidikan terdiri dari dua aliran besar, salah satunya yaitu *social cultural constructivist theory* oleh Vigotsky.

### 2.1.1.1 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 kerja sama 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 & Kennedy (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.

#### **2.1.1.2 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 & 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 proporsi 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 peserta didik 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 mengondisikan peserta didik untuk membangun makna dengan fokus pada aktivitas yang menggunakan pengetahuan berdampak pada terbentuknya kemampuan kritis dan kreatif peserta didik.

## **2.2 Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)**

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) merupakan suatu bahan ajar cetak yang berisi ringkasan materi, petunjuk kegiatan pembelajaran, tugas, dan latihan soal evaluasi yang diimplementasikan dalam aktivitas peserta didik untuk mencapai standar kompetensi tertentu (Monica dkk., 2023). Menurut Umbaryati (2016) LKPD merupakan salah satu sarana untuk membantu dan mempermudah dalam kegiatan pembelajaran agar tercipta interaksi efektif antara peserta didik dengan pendidik (Supiati dkk., 2024).

LKPD merupakan media pembelajaran karena dapat digunakan secara bersama dengan sumber belajar atau media pembelajaran yang lain yang dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam proses belajar. LKPD menjadi sumber belajar dan media pembelajaran tergantung pada kegiatan pembelajaran yang dirancang. LKPD merupakan panduan peserta didik yang digunakan untuk melakukan pengembangan aspek kognitif maupun panduan untuk pengembangan semua aspek pembelajaran dalam bentuk panduan eksperimen atau demonstrasi (Lase & Zai, 2022).

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.

Namun, seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin canggih LKPD cetak bisa ditransformasikan ke dalam bentuk elektronik guna lebih menarik minat peserta didik, praktis dan hemat. LKPD elektronik (*e-LKPD*) lebih unggul dan memiliki daya tarik lebih jika dibandingkan dengan LKPD cetak pada umumnya karena terdapat video, suara, animasi, gambar dan navigasi akan mampu meningkatkan antusiasme dan minat belajar peserta didik (Monica dkk., 2023). Inovasi bahan ajar *e-LKPD* ini dapat membantu menghemat pengeluaran dan mengurangi penggunaan kertas sehingga lebih ramah lingkungan (Mardatillah, 2024).

Pembelajaran yang menggunakan *e-LKPD* dapat memberikan kemudahan bagi guru dalam mengarahkan peserta didik untuk menemukan konsep pembelajaran dimana dengan adanya *e-LKPD* menjadi sarana bagi guru untuk menarik minat dan perhatian peserta didik dalam belajar karena *e-LKPD* memberikan variasi pembelajaran yang optimal yang dapat menarik perhatian peserta didik, bersifat menyenangkan dan dapat melibatkan peserta didik secara aktif dalam pembelajaran (Costadena & Suniasih, 2022). Sedangkan menurut (Wardani *et all.*, 2023) penggunaan *e-LKPD* dalam proses belajar mengajar dapat mempengaruhi aktivitas belajar peserta didik menjadi lebih aktif, menyenangkan, membuat pembelajaran lebih interaktif, memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk melatih keterampilannya dan memotivasi peserta didik untuk belajar sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna. Demikian penggunaan *e-LKPD* akan memberikan dampak positif terhadap proses pembelajaran.

Menurut Trianti (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 dan tetap mengacu pada kompetensi yang akan dicapai.

### **2.3 Pembelajaran Berbasis *Project* (*Project Based Learning*)**

Model pembelajaran *project based learning* adalah salah satu model pembelajaran yang mengorganisasi kelas dalam sebuah proyek. Model *project based learning* dalam kegiatan pembelajarannya tidak lagi berpusat pada guru, melainkan berpusat pada peserta didik sehingga peserta didik dituntut untuk lebih aktif dalam proses pembelajaran (Erlinawati *et al.*, 2019). Model pembelajaran ini dirancang untuk membimbing peserta didik melalui proyek kolaboratif yang menunjukkan berbagai sumber belajar dan memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengeksplorasi isi pembelajaran dengan menggunakan berbagai cara yang bermakna dan berkolaborasi dalam melakukan eksperimen (Halimatusyadiyah *et al.*, 2022).

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 *et al.*, 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 project berlangsung.
7	Peserta didik secara regular merefleksikan dan merenungi apa yang telah mereka lakukan, baik secara proses maupun hasilnya.
8	Produk akhir berupa project 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 based learning* memiliki Langkah pembelajaran. Adapun Langkah pembelajaran berbasis *project based learning* menurut Lucas (2007), sebagai berikut.

1. *Start with 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 yang 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*, 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 student 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. *Asses the outcome* (penilaian hasil)

Penilaian hasil dilakukan untuk mengukur ketercapaian standar peserta didik, mengevaluasi kemajuan individual peserta didik, memberikan 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*.

## 2.4 Keterampilan Berpikir Kritis

Berpikir kritis adalah salah satu bagian dari keterampilan belajar abad 21. Berpikir kritis terdiri dari kemampuan berpikir logis, reflektif, dan produktif dalam menilai situasi. Berpikir kritis merupakan suatu tindakan berpikir aktif yang mengarahkan peserta didik untuk mampu membuat, menerapkan, menganalisis, mensintesis, dan mengevaluasi konsep daripada sekedar menerima ide atau informasi, sehingga peserta didik lebih mudah untuk berpikir (Desiana dkk., 2022). Keterampilan berpikir kritis berperan penting bagi individu dalam menganalisis pemikiran, argumen, masalah dengan teliti berdasarkan kredibilitas sumber data dan informasi; berusaha memberikan penilaian terhadap pemikiran, argumen, masalah dengan benar; mampu memecahkan permasalahan dengan logis dalam berbagai situasi dan membuat keputusan berdasarkan pertimbangan bukti dan fakta yang relevan (Ritdamaya & Suhandi, 2016).

Keterampilan berpikir kritis tidak dianggap sebagai kemampuan untuk menemukan dan memiliki informasi, melainkan kemampuan individu dalam menganalisis dan menggunakan informasi untuk memecahkan masalah (Gerber dan Scott, 2011). Keterampilan berpikir kritis menurut Ennis (1985) didefinisikan sebagai cara berpikir kritis berdasarkan penalaran dengan tujuan menentukan apa yang harus diyakini dan dilakukan.

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 apa 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)

## 2.5 *Self Regulated Learning*

*Self regulated learning* berkembang dari teori kognisi sosial Bandura (1991) yang menurutnya kemandirian belajar merupakan kemampuan untuk mengontrol cara belajarnya dengan mengembangkan langkah-langkah mengobservasi diri, menilai kemudian merespon diri sendiri. Menurut Bandura (1991) *self regulated learning* merupakan sebuah proses belajar individu melalui faktor lingkungan (*environment*), faktor pribadi (*person*), dan faktor perilaku (*behavior*), dengan masing-masing faktor tersebut memiliki peranan penting dan tentunya saling memengaruhi satu sama lain.

Beberapa ahli ada yang menyamakan kemandirian belajar dengan istilah seperti pengendalian diri (*self-control*), disiplin diri (*self-disciplined*), dan pengarahan diri (*self-directed*). Meski demikian, semua memiliki pengertian yang berbeda-beda. *Self regulated learning* adalah kemampuan untuk menjadi

partisipan yang aktif secara metakognisi, motivasi, dan perilaku di dalam proses belajar (Azmi, 2016). Zimmerman (1990) berpendapat bahwa dengan kemandirian belajar peserta didik dapat diamati sejauh mana partisipasi aktif mereka dalam mengarahkan proses-proses metakognitif, motivasi, dan perilakunya pada saat mereka belajar.

Kompetensi peserta didik dijabarkan dari tujuan pendidikan nasional yang perlu mendapatkan perhatian, yaitu kompetensi tentang kecakapan hidup (*life skill*) dan keterampilan sikap (*soft skill*). Sementara *self regulated learning* berkaitan erat dengan kecakapan hidup dan keterampilan sikap. Oleh karena itu, *self regulated learning* penting dalam proses pembelajaran karena peserta didik dapat menilai dirinya sendiri, mengetahui bagaimana tingkat pemahamannya terhadap suatu materi pembelajaran dan apa yang harus dilakukan untuk mencapai hasil yang optimal (Lasmanawati, 2021).

Zimmerman (1990) menjelaskan terdapat tiga faktor yang mempengaruhi *self regulated learning* yaitu:

#### 1. Individu

Dalam ranah individu kembali menjadi tiga antara lain:

- a) Pengetahuan individu, dengan wawasan yang luas dan beragam yang dimiliki oleh individu tersebut tentunya akan memberikan dampak dalam pengelolaan diri khususnya dalam hal belajar.
- b) Kemampuan metakognisi, tingkat kemampuan metakognisi yang dimiliki individu yang matang akan membantu mempermudah pelaksanaan pengelolaan diri dalam diri individu itu sendiri.
- c) Tujuan yang ingin dicapai, semakin kompleks tujuan ataupun harapan yang ingin dicapai oleh individu tersebut maka, semakin besar kemauan individu tersebut untuk melakukan pengelolaan diri guna mencapai tujuan tersebut.

#### 2. Perilaku

Perilaku yaitu bagaimana individu menggunakan kemampuan yang dimiliki dalam melaksanakan regulasi diri. Semakin besar upaya yang

dikerahkan individu dalam mengorganisasikan kegiatan maka secara tidak langsung akan meningkatkan *self regulated learning* pada individu.

### 3. Lingkungan

Lingkungan berkaitan dengan bagaimana lingkungan dapat mendukung atau tidak dalam individu dalam pelaksanaan *self regulated learning*.

Lingkungan memberikan pengaruh baik secara pengalaman sosial maupun struktur lingkungan sosial. Pengalaman sosial yang dimaksud adalah pelajaran yang diperoleh dari individu itu sendiri melalui pengamatan secara langsung terhadap perilaku diri sendiri dan hasil dari perilaku yang diperbuat. Sedangkan struktur lingkungan diartikan sebagai tindakan pro aktif dalam meminimalisir gangguan dari lingkungan terhadap perilaku yang dapat menghambat tujuan yang telah ditentukan.

Indikator *self regulated learning* yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada teori Zimmerman (1990) yang terdapat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Indikator *Self Regulated Learning*

No	Indikator <i>Self Regulated Learning</i>	Sub Indikator <i>Self Regulated Learning</i>
1	Metakognisi	Kemampuan individu untuk melakukan pengelolaan diri meliputi merencanakan, mengorganisasi, mengukur diri, dan menginstruksi diri.
2	Motivasi	Perubahan energi dalam diri seseorang yang ditandai dengan adanya perubahan feeling dan didahului tanggapan terhadap adanya tujuan.
3	Perilaku	Perilaku erat kaitannya dengan hubungan kegiatan individu memilih, menyusun, dan menciptakan lingkungan sosial dan fisik seimbang.

Zimmerman (1990)

## 2.6 Hukum Boyle

Dalam membelajarkan materi hukum boyle guru mengungkapkan kesulitan terbatasnya alat praktikum sehingga pembelajaran tidak maksimal, 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 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.

Peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami materi hukum Boyle, disebabkan karena keterbatasan media pembelajaran yang diberikan, kurangnya sumber belajar yang relevan, tidak adanya LKPD yang mendukung untuk kegiatan praktikum, kurangnya kegiatan penyelidikan dan representasi dan keterbatasan media pembelajaran di sekolah.

Hukum boyle merupakan salah satu hukum fisika krusial dalam bidang termodinamika, untuk mendeskripsikan proses pemuaian dan pemampatan gas ideal pada temperatur konstan, konsep ini bersifat abstrak (Rasagama, 2022). Hukum boyle menyatakan bahwa tekanan gas berbanding terbalik dengan volume gas pada suhu konstan. Hukum ini mengikuti hukum gas ideal yang merangkum hubungan antara tekanan, volume, suhu, dan jumlah mol gas (Poolchak & Kanchanapusakit, 2018).

Boyle merupakan sebuah hukum fisika yang menerangkan mengenai bagaimana adanya suatu hubungan antara tekanan (P) dengan volume (V) pada suatu gas. Di mana hukum pertama kali ditemukan oleh Robert Boyle pada tahun (1627-1691). Robert Boyle merupakan seorang filsuf dan

kimiawan yang juga berkontribusi besar di bidang alkemi, fisika, dan masih banyak lagi. Pada tahun 1662, Boyle dan rekannya Robert Hooke, mempublikasikan hasil penemuan mengenai hubungan keterbalikan antara tekanan (P) dan Volume (V) ketika gas berada dalam suhu (T) tetap. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, Roobert 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 di dalam suatu ruang tertutup akan berbanding terbalik dengan volumenya”. Dalam hukum boyle di tegaskan bahwa suatu proses temepatur konstan, tekanan gas akan berbanding terbalik dengan volumenya (Young & 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 temperatur, maka nilai tekanan dan volume gas awal dan akhir dapat dinyatakan dengan persamaan

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

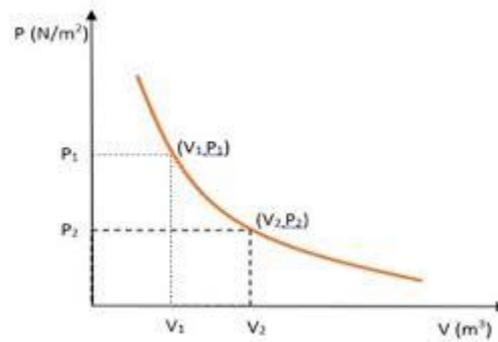
Keterangan:

$P_1$  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 gad pada keadaan 1 ( $m^3$ )



**Gambar 1.** Grafik Hubungan Tekanan terhadap Volume pada Suhu Konstan

## 2.7 Penelitian Relevan

Penelitian yang relevan dengan penelitian yang akan diteliti terlihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Penelitian Relevan

<b>Nama Peneliti</b>	<b>Nama Jurnal</b>	<b>Judul Artikel</b>	<b>Hasil Penelitian</b>
(Pratiwi & Nuraini, 2024)	<i>Pillar of Physics Education</i>	<i>Analysis of the Effect of Problem Based Learning Model Assisted by e-LKPD Wizer.Me on Critical Thinking and Student Learning Outcomes</i>	Penelitian ini menekankan bahwa penerapan model pembelajaran Problem Based Learning yang didukung oleh e-LKPD Wizer.Me secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik dan penggunaan media interaktif dalam pembelajaran dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan peserta didik, serta membantu peserta didik dalam memahami konsep-konsep fisika dengan lebih baik.
(Putri et al., 2022)	<i>International Journal of Elementary Education</i>	<i>Project-Based Learning Electronic Thematic Student Worksheet (E-Book PjBL)</i>	Pada penelitian ini implementasi e-LKPD berbasis PjBL efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik

<b>Nama Peneliti</b>	<b>Nama Jurnal</b>	<b>Judul Artikel</b>	<b>Hasil Penelitian</b>
		<i>Improving Critical Thinking Skills</i>	karena mengintegrasikan pembelajaran tematik dengan model pembelajaran berbasis proyek serta menyajikan materi secara interaktif dan memberikan pengalaman langsung kepada peserta didik.
(Azinah <i>et al.</i> , 2022)	<i>Jurnal Pendidikan Fisika</i>	<i>Implementation of Students Worksheet to Improve Critical Thinking Skills</i>	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik menggunakan LKPD berbasis lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan keterampilan berpikir kritis peserta didik ketika menggunakan LKPD berbasis lingkungan dengan tanpa menggunakan LKPD berbasis lingkungan.
(Juliana <i>et al.</i> , 2024)	<i>Journal of Education Technology</i>	<i>Digital Student Worksheet to Improving Student Learning Independence</i>	Hasil penelitian ini menyatakan bahwa dalam pembelajaran menggunakan LKPD digital berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kemandirian belajar. LKPD digital dapat memotivasi untuk terlibat secara aktif dalam kegiatan pembelajaran secara mandiri, sehingga minat dan pemahaman terhadap materi meningkat, serta kemandirian belajarnya meningkat.
(Atmojo <i>et al.</i> , 2023)		<i>The Relationship Between Self-Regulated</i>	Pada penelitian ini terdapat hubungan positif dan signifikan

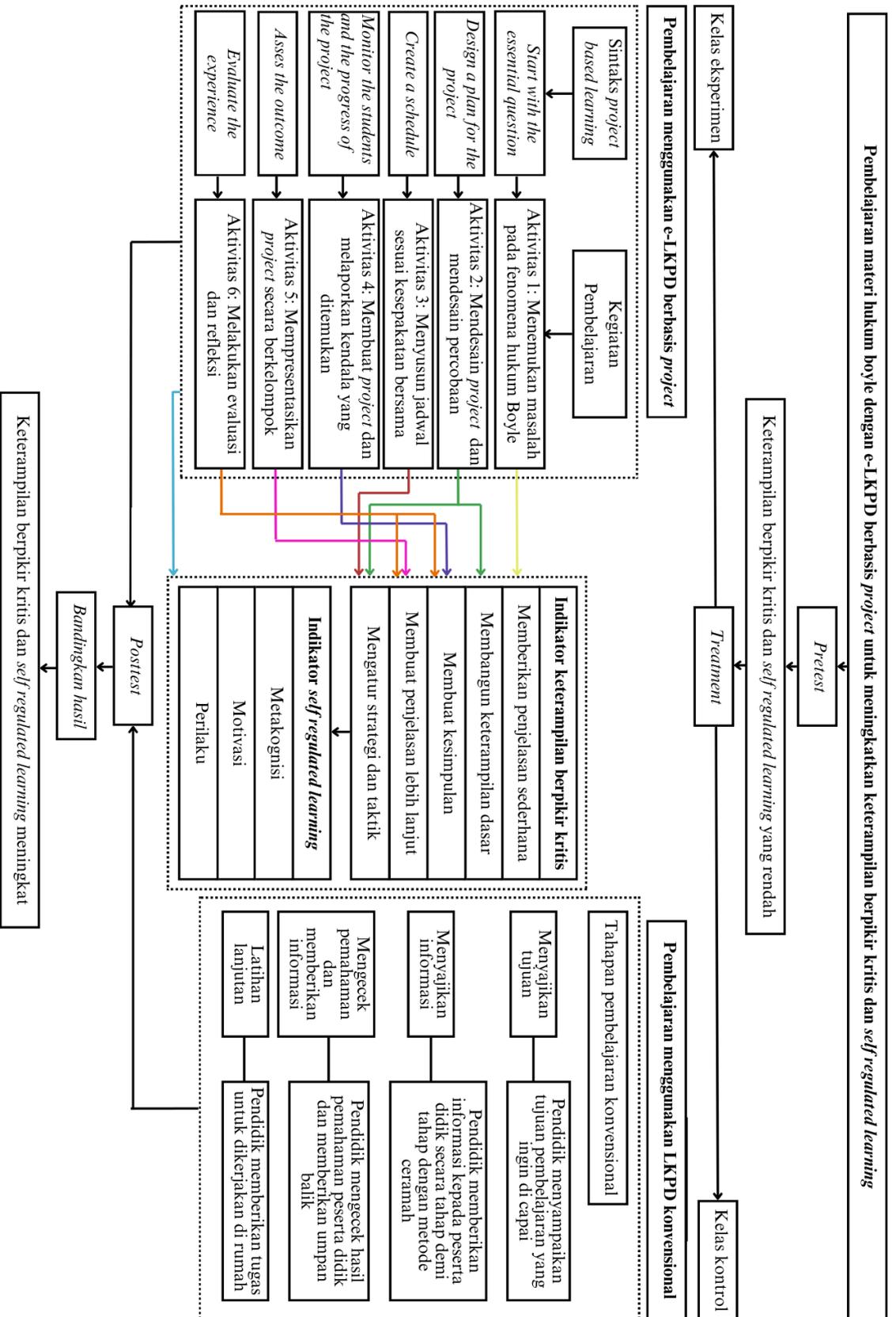
Nama Peneliti	Nama Jurnal	Judul Artikel	Hasil Penelitian
		<i>Learning and Students Critical Thinking Skills</i>	antara <i>self-regulated learning</i> (SRL) dengan keterampilan berpikir kritis. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan <i>self-regulated learning</i> dapat berkontribusi pada peningkatan keterampilan berpikir kritis.

## 2.8 Kerangka Pemikiran

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan e-LKPD berbasis *project* untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *self regulated learning* peserta didik. Penelitian ini menggunakan 2 kelas sebagai sampel penelitian, yaitu kelas eksperimen menggunakan e-LKPD berbasis *project* dan kelas kontrol menggunakan pembelajaran konvensional untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *self regulated learning* peserta didik. E-LKPD yang digunakan pada kelas eksperimen berperan sebagai bahan ajar yang digunakan peneliti untuk menggiring perhatian peserta didik dan memberikan kesempatan kepada peserta didik belajar untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *self regulated learning* peserta didik.

Sebelum diberikan *treatment* pada 2 kelas sampel, dilakukan kegiatan *pretest* untuk mengukur kemampuan awal peserta didik. Selanjutnya dilakukan kegiatan *posttest* untuk melatih keterampilan berpikir kritis dan *self regulated learning* peserta didik mengalami peningkatan setelah diberikan *treatment* yang berbeda pada 2 kelas sampel yang diteliti. Aktivitas yang telah dilakukan dalam e-LKPD berbasis *project* meliputi tujuh aktivitas yaitu mencari tahu, mendesain *project*, menyusun jadwal, membuat *project* dan mencatat kegiatan, menguji hipotesis, presentasi, dan evaluasi. Melalui aktivitas yang ada ini, dapat dilatihkan keterampilan berpikir kritis dan *self regulated learning* pada materi hukum Boyle.

Kegiatan pembelajaran ini dilaksanakan secara berkelompok dan memunculkan interaksi dalam sebuah kelompok yang membuat peserta didik belajar dengan aktif. Sehingga setelah melalui seluruh tahapan e-LKPD berbasis *project*, keterampilan berpikir kritis dan *self regulated learning* peserta didik dapat terlihat. Secara singkat kerangka pemikiran dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Kerangka Pemikiran

## 2.9 Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis dari penelitian ini yaitu:

Hipotesis 1:

$H_{10}$  : *e-LKPD* berbasis *project* tidak efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

$H_{11}$  : *e-LKPD* berbasis *project* efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

Hipotesis 2:

$H_{20}$  : *e-LKPD* berbasis *project* tidak efektif dalam meningkatkan *self regulated learning* peserta didik.

$H_{21}$  : *e-LKPD* berbasis *project* efektif dalam meningkatkan kemampuan *self regulated learning* peserta didik.

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Pelaksanaan Penelitian**

Penelitian ini telah dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2025/2026 di SMA Negeri 13 Bandar Lampung.

#### **3.2 Populasi dan Sampel**

Populasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu seluruh peserta didik kelas XI IPA SMA Negeri 13 Bandar Lampung pada semester ganjil pada tahun ajaran 2024/2025 yang berjumlah 4 kelas. Teknik pengambilan sampel menggunakan teknik *purposive sampling* yaitu pengambilan sampel secara acak berdasarkan kriteria yang telah peneliti tentukan. Berdasarkan teknik tersebut maka penelitian ini menggunakan kelas XI IPA 4 SMA Negeri 13 Bandar Lampung sebagai kelas eksperimen dan kelas XI IPA 3 SMA Negeri 13 Bandar Lampung sebagai kelas kontrol.

#### **3.3 Variabel Penelitian**

Variabel pada penelitian ini adalah variabel bebas yaitu e-LKPD berbasis *project*, variabel terikat yaitu meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan *self regulated learning*.

### 3.4 Desain Penelitian

Desain penelitian ini adalah penelitian kuantitatif eksperimen. Di mana penelitian kuantitatif eksperimen adalah penelitian ilmiah yang sistematis terhadap bagian-bagian dan fenomena serta antar hubungannya. Penelitian ini menggunakan metode *quasi experiment design* dengan desain penelitian *pretets-posttest control group design*, yaitu satu kelas eksperimen diberi perlakuan berupa e-LKPD berbasis *project* dan kelas kontrol menerapkan pembelajaran yang biasa digunakan disekolah, yaitu *problem based learning*. Penelitian ini bertujuan untuk menilai pengaruh dari keterampilan berpikir kritis dan *self regulated learning* melalui perbandingan hasil *pretest* dan *posttest*.

Tabel 5. Desain Penelitian kelas Eksperimen

<b><i>O<sub>1</sub></i></b>	<b><i>X<sub>1</sub></i></b>	<b>Indikator Keterampilan Berpikir Kritis</b>	<b><i>O<sub>2</sub></i></b>
<b><i>Pretest</i></b> Keterampilan berpikir kritis peserta didik masih rendah	<b><i>Start with essential question</i></b> Peserta didik mengajukan pertanyaan mendasar tentang Hukum Boyle.	<i>Elementary Clarification</i>	<b><i>Posttest</i></b> Terjadi peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik
	<b><i>Design a plan for the project</i></b> Peserta didik menyusun perencanaan <i>project</i> , mendiskusikan metodologi yang akan digunakan dan sumber daya yang diperlukan bersama kelompoknya.	<i>Basic Support dan Strategy and Tactis</i>	
	<b><i>Create a schedule</i></b> Peserta didik menyusun jadwal <i>project</i> untuk memastikan setiap aktivitas dilakukan tepat waktu.	<i>Strategy and Tactis</i>	
	<b><i>Monitor the student and the progress of the project</i></b> Peserta didik memantau kemajuan <i>project</i> secara berkala dan mengevaluasi apakah <i>project</i> berjalan sesuai dengan rencana.	<i>Advanced Clarification Strategy and Tactis</i>	
	<b><i>Asses the outcome</i></b> Peserta didik menilai hasil <i>project</i> dengan mempertimbangkan pencapaian tujuan, solusi yang dihasilkan relevan dan efektif, serta peserta didik menerapkan pengetahuan dan keterampilan yang telah dipelajari.	<i>Advanced Clarification</i>	
	<b><i>Evaluate the experience</i></b> Peserta didik merefleksikan keseluruhan proses pengembangan <i>project</i> , mulai dari perencanaan hingga penyelesaian, termasuk tantangan yang dihadapi dan keberhasilan yang dicapai.	<i>Inference dan Advanced Clarification</i>	

**Tabel 6.** Desain Penelitian Kelas kontrol

$O_3$	$X_2$	$O_4$
<b>Pretest</b> Keterampilan berpikir kritis peserta didik masih rendah	<b>Mengorientasikan peserta didik pada masalah</b> Mengarahkan peserta didik untuk menjelaskan fenomena Hukum Boyle.	<b>Posttest</b> Terjadi peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik
	<b>Mengoorganisasikan peserta didik untuk belajar</b> Membagi peserta didik ke dalam beberapa kelompok untuk mengerjakan LKPD.	
	<b>Membantu penyelidikan mandiri dan kelompok</b> Mengarahkan peserta didik untuk mencari penjelasan serta solusi dan memberikan informasi terkait masalah yang terdapat di LKPD.	
	<b>Mengembangkan dan menyajikan hasil karya</b> Mempresentasikan hasil kerja kelompok dan memberikan pendapat bagi kelompok penyaji.	
	<b>Menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah</b> Memperbaiki hasil pekerjaan kelompok dan menyimpulkan kegiatan pembelajaran setelah berlangsung.	

Keterangan:

$O_1$  : *pretest* pada kelas eksperimen

$O_2$  : *Posttest* pada kelas eksperimen

$O_3$  : *Pretest* pada kelas kontrol

$O_4$  : *Posttest* pada kelas kontrol

$X_1$  : *Treatment* pada kelas eksperimen menggunakan e-LKPD berbasis *project*

$X_2$  : *Treatment* pada kelas kontrol menggunakan LKPD yang biasa digunakan disekolah

### 3.5 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap yaitu sebagai berikut.

#### 1. Tahap persiapan

Adapun kegiatan pada tahap ini yaitu.

- a. Peneliti meminta izin untuk melakukan penelitian di SMA Negeri 13 Bandar Lampung.
- b. Peneliti melakukan wawancara dengan pendidik mata pelajaran fisika di SMA Negeri 13 Bandar Lampung mengenai masalah yang dihadapi peserta didik.
- c. Peneliti menentukan sampel penelitian.
- d. Peneliti mengkaji teori yang relevan dengan judul penelitian yang dilakukan.
- e. Peneliti menyusun RPP dan instrumen yang digunakan dalam proses pelaksanaan penelitian.

#### 2. Tahap pelaksanaan

Adapun kegiatan yang dilakukan pada tahap pelaksanaan, yaitu dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Tahap Pelaksanaan Pada Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol

Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
a. Peneliti mengukur kemampuan berpikir kritis awal peserta didik dengan memberikan pretest.	a. Peneliti mengukur kemampuan berpikir kritis awal peserta didik dengan memberikan pretest.
b. Peneliti memberikan perlakuan menggunakan e-LKPD berbasis <i>project</i> .	b. Peneliti memberikan perlakuan menggunakan model pembelajaran PBL.
c. Peneliti memberikan posttest kepada peserta didik.	c. Peneliti memberikan posttest kepada peserta didik.
d. Peneliti memberikan angket kepada peserta didik.	d. Peneliti memberikan angket kepada peserta didik.

### 3. Tahap akhir

Adapun kegiatan yang dilakukan pada tahap akhir, yaitu.

- a. Mengolah data hasil *pretest-posttest* dan angket peserta didik serta instrument pendukung lainnya.
- b. Membandingkan hasil analisis data instrumen tes sebelum perlakuan dan setelah diberi perlakuan untuk menentukan apakah terdapat perbedaan kemampuan berpikir sistem peserta didik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol.
- c. Memberikan kesimpulan berdasarkan hasil yang diperoleh melalui analisis data dan selanjutnya menyusun laporan penelitian.

## 3.6 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian merupakan alat ukur yang digunakan peneliti untuk mengumpulkan data mengenai objek yang digunakan untuk menjawab permasalahan. Adapun instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu.

### 1. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP)

Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) adalah pegangan seorang guru dalam mengajar di dalam kelas. RPP dibuat oleh guru untuk membantunya dalam mengajar agar sesuai dengan Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar. RPP berisi pengaturan yang berkenaan dengan perkiraan atau proyeksi tentang apa yang akan dilakukan pada saat kegiatan belajar mengajar berlangsung, apabila perencanaan disusun secara matang maka proses dan hasil pembelajaran tidak akan jauh dari perkiraan.

### 2. Instrumen pengukuran kemampuan berpikir kritis peserta didik

Instrumen ini berupa lembar tes soal yang digunakan pada saat *pretest* dan *posttest* dan berbentuk soal pilihan jamak untuk mengukur hasil belajar peserta didik.

3. Instrumen pengukuran kemandirian belajar peserta didik  
Instrumen ini berupa lembar angket yang digunakan pada akhir pembelajaran untuk mengukur hasil belajar peserta didik.

### 3.7 Analisis Instrumen Penelitian

Sebelum instrumen dipakai dalam sampel, instrumen harus diuji terlebih dahulu dengan menggunakan uji validitas dan uji reliabilitas dengan menggunakan program *IBM SPSS Statistic 26*.

#### 1. Uji Validitas

Suatu instrumen atau alat yang digunakan untuk meneliti harus valid. Instrumen yang valid menunjukkan bahwa alat ukur yang digunakan untuk memperoleh data tersebut valid. Valid berarti instrumen tersebut dapat digunakan untuk mengukur apa yang seharusnya diukur (ketepatan). Untuk mengkaji validitas instrumen digunakan rumus korelasi produk *moment* sebagai berikut :

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

Keterangan :

$r_{xy}$  : Koefisien korelasi antara variabel X dan variable Y

N : Jumlah peserta didik yang di tes

X : Skor butir soal

Y : Skor total

Uji validitas pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan SPSS versi 26.0 dengan menggunakan metode *pearson correlation*. Jika  $r_{hitung} \geq r_{tabel}$  dengan taraf signifikan ( $\alpha = 0,05$ ) maka instrumen tersebut valid. Namun jika  $r_{hitung} < r_{tabel}$  maka instrumen tersebut tidak valid. Adapun koefisien validitas mengacu pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Interpretasi Koefisien Korelasi

Nilai $r_{xy}$	Interpretasi Validitas
0,80 – 1,00	Sangat Tinggi
0,60 – 0,80	Tinggi
0,40 – 0,60	Sedang
0,20 – 0,40	Rendah
0,00 – 0,20	Sangat Rendah

Arikunto, 2013

Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai signifikansi pada data uji validitas sebesar 0,000 ( $<0,05$ ). Selain itu, diperoleh nilai  $r_{tabel} < r_{hitung}$  dimana  $r_{tabel}$  untuk  $N=20$  adalah 0,444 maka soal dinyatakan valid. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 9.

## 2. Uji Reliabilitas

Instrumen yang reliabel adalah instrumen yang bila digunakan beberapa kali untuk mengukur objek yang sama, akan menghasilkan data yang sama. Perhitungan untuk mencari harga reliabilitas instrumen dengan menggunakan rumus alpha, yaitu :

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

Dimana :

$r_{11}$ : Reliabilitas yang dicari

$\sum \delta_i^2$  : Jumlah varian skor tiap item

$\sum \delta_t^2$  : Varian total

Uji reliabilitas adalah indeks yang menunjukkan sejauh mana alat pengukuran dapat diandalkan. Uji ini diperlukan untuk mendapatkan data yang sesuai dengan tujuan pengukuran. Instrumen yang dinyatakan reliabel dapat diinterpretasikan seperti pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Klasifikasi Efisiensi Reliabilitas

Nilai Alpha Cronbach's	Interpretasi Reliabilitas
0,81 – 1,00	Sangat reliabel
0,61 – 0,80	Reliabel
0,41 – 0,60	Cukup Reliabel
0,21 – 0,40	Sedikit Reliabel
0,00 – 0,20	Kurang Reliabel

Arikunto, 2013

Berdasarkan hasil data yang diperoleh, diketahui nilai *cronbach's alpha* sebesar 0,855 dimana  $0,855 > 0,60$ . Dengan demikian seluruh soal dinyatakan reliabel. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 10.

### 3.8 Teknik Pengumpulan Data

#### 3.8.1. Teknik pengumpulan data lembar angket

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pengumpulan data *self regulated learning* dengan teknik analisis berupa angket kuisioner sebelum dan setelah pembelajaran menggunakan e-LKPD berbasis *project* dan data hasil belajar peserta didik yang dilakukan dengan teknik tes. Data hasil belajar peserta didik diperoleh melalui pemberian *pretest* kepada seluruh peserta didik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol setelah sebelum pembelajaran dilaksanakan. Pemberian *posttest* kepada seluruh peserta didik pada kelas eksperimen dan kelas kontrol setelah pembelajaran dilaksanakan.

Tes yang diberikan kepada peserta didik berbentuk angket yang sama dan tes ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan hasil belajar peserta didik sebelum dan sesudah pembelajaran dilakukan dengan menggunakan e-LKPD berbasis *project* pada kelas eksperimen dan pembelajaran konvensional pada kelas kontrol. Berdasarkan nilai *pretest* dan *posttest* selanjutnya akan diperoleh rata rata nilai *N-gain*. Penilaian menggunakan rumus:

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

Hasil persentase data penilaian yang diperoleh dikonversikan dengan kriteria yang mengadaptasi dari Purwanto (2012) seperti yang terlihat pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Kriteria Persentase Angket

Persentase	Kategori
76% - 100%	Tinggi
51% - 75%	Sedang
25% - 50%	Rendah

(Arikunto, 2021)

### 3.8.2. Teknik pengumpulan data hasil belajar

Teknik pengumpulan data hasil belajar dilakukan dengan menggunakan tes tertulisketerampilan berpikir kritis berupa *pretest* dan *posttest* dalam bentuk uraian. Tes yang diberikan bertujuan untuk mengetahui peningkatan kemampuan berpikir kritis dan *self regulated learning* peserta didik dengan pembelajaran berbasis *project* pada kelas eksperimen dan pembelajaran konvensional pada kelas kontrol. Data hasil *pretest* dan *posttest* peserta didik selanjutnya akan dilakukan tabulasi data, yaitu penyusunan data ke dalam bentuk tabel dengan tujuan agar data dapat mudah disusun, dijumlah, dianalisis, dan disajikan.

Adapun penilaian ini menggunakan rumus:

$$\text{nilai hasil belajar} = \frac{\text{skor yang diperoleh}}{\text{skor maksimum}} \times 100\%$$

Hasil presentase data penilaian yang diperoleh dikonversikan dengan kriteria yang mengadaptasi dari Arikunto (2013) seperti yang terlihat pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Kriteria Hasil Belajar

Presentase	Kategori
0% - 20%	Tidak terlatihkan
21% - 40%	Kurang terlatihkam
41% - 60%	Cukup terlatihkan
61% - 80%	Terlatihkan sangat
81% - 100%	Terlatihkan

Arikunto (2013)

### 3.9 Teknik Analisis Data dan Pengujian Hipotesis

#### 1. Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini adalah data hasil *pretest* dan *posttest* kemampuan berpikir sistem yang kemudian dianalisis menggunakan *N-gain* untuk mengetahui perbedaan *pretest* dan *posttest* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Untuk mengetahui hal tersebut menggunakan hal tersebut menggunakan rumus berikut ini :

$$N-gain = \frac{Posttest-Pretest}{skor\ maksimum-Pretest}$$

Hasil perhitungan *N-gain* kemudian diinterpretasikan dengan menggunakan klasifikasi seperti pada Tabel 12.

**Tabel 12.** Klasifikasi N-Gain

Rata-rata N-Gain	Klasifikasi
$(g) \geq 0,07$	Tinggi
$0,30 \leq (g) < 0,07$	Sedang
$(g) < 0,30$	Rendah

Meltzer, 2002

#### 2. Pengujian Hipotesis

Syarat untuk melakukan pengujian yang lebih lanjut data tersebut terdistribusi normal atau tidak kemudian di uji homogenitas. Data yang diperoleh dalam penelitian adalah data nilai kognitif sebelum dan sesudah pembelajaran.

## 1. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui suatu sampel penelitian berdistribusi secara normal atau tidak. Uji normalitas dilakukan dengan berbantuan *Software IBM SPSS Statistic 26,0* dan ketentuan:

$H_0$  : Data berdistribusi normal

$H_1$  : Data tidak berdistribusi normal

Dengan dasar pengambilan keputusan

- a. Apabila nilai Sig atau nilai probabilitas  $> 0,05$ , maka  $H_0$  diterima.
- b. Apabila nilai Sig atau probabilitas  $< 0,05$ , maka  $H_0$  ditolak.

Hasil perhitungan uji normalitas data *gain* disajikan pada Tabel 13.

**Tabel 13.** Hasil Uji Normalitas

Kelas		<i>Kolmogorov Smirnov</i>			Interprestasi
		<i>Statistic</i>	N	Sig.	
Eksperimen	<i>Pretest</i>	0,117	35	0,200	Normal
	<i>Posttest</i>	0,111	35	0,200	Normal
Kontrol	<i>Pretest</i>	0,132	36	0,117	Normal
	<i>posttest</i>	0,101	36	0,200	Normal

Berdasarkan Tabel 13, diperoleh nilai signifikansi *pretest-posttest* pada kedua kelas lebih besar dari 0,05. Oleh karena itu, data dinyatakan normal. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 14.

## 2. Uji Homogenitas

Uji homogenitas ini dilakukan untuk mengetahui kehomogenan dari sampel yang diberikan pada penelitian ini. Uji homogenitas ini bukan syarat mutlak walaupun varians datanya tidak homogen, sehingga uji *independent sampel t-test* masih dapat dilakukan untuk menganalisis data penelitian dan pengambilan keputusan mengacu pada hasil *equal variance not assumed*. Uji homogen ini dilakukan dengan berbantuan *Software IBM SPSS Statistic 26,0*.

Dasar pengambilan keputusan dalam uji homogenitas adalah sebagai berikut.

- 1) Apabila nilai Sig < 0,05 maka varians dari dua atau lebih kelompok populasi data tidak homogen.
- 2) Apabila nilai Sig > 0,05 maka varians dari dua atau lebih kelompok populasi data homogen.

Hasil perhitungan uji homogenitas data *gain* disajikan pada Tabel 14.

**Tabel 14.** Hasil Uji Homogenitas

<i>Levene Statistic</i>	<b>df1</b>	<b>df2</b>	<b>Sig.</b>	<b>Interpretasi</b>
1,467	17	41	0,156	Homogen

Berdasarkan Tabel 14, diperoleh nilai signifikansi *Based On Mean* pada hasil belajar peserta didik sebesar 0,156 (> 0,05) sehingga data dinyatakan homogen. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 15.

### 3. Uji Hipotesis

Data yang diperoleh digunakan untuk mengetahui terdapat perbedaan atau tidak diantara kedua kelompok sampel. Hipotesis yang akan diujikan dengan *independent sampel T-test* menggunakan *Software IBM SPSS Statistic 26,0*. Hipotesi yang diuji adalah sebagai berikut.

$H_{10}$  : tidak terdapat perbedaan rata-rata keterampilan berpikir kritis peserta didik dengan menggunakan *e-LKPD* berbasis *project*.

$H_{11}$  : terdapat perbedaan rata-rata keterampilan berpikir kritis peserta didik dengan menggunakan *e-LKPD* berbasis *project*.

Pengambilan keputusan :

1.  $H_0$  ditolak jika Sig atau probabilitas lebih kecil dari 0,05
2.  $H_0$  diterima jika Sig atau probabilitas lebih besar dari 0,05

4. *Effect Size* dan Uji *Analysis of Covariance* (ANCOVA)

Nilai *effect size* menunjukkan besarnya pengaruh dari variabel terhadap variabel lainnya dalam sebuah penelitian. Berikut ini adalah rumus *effect size* menurut Cohen, Manion, dan Morrison (2007).

$$\delta = \frac{Y_e - Y_c}{S_c}$$

Keterangan:

$\delta$  : *effect size*

$Y_e$  : Nilai rata-rata perlakuan eksperimen

$Y_c$  : Nilai rata-rata perlakuan kontrol

$S_c$  : Simpangan baku kelompok pembanding

Adapun hasil perhitungan dapat diinterpretasikan dalam Tabel 13.

**Tabel 15.** Interpretasi *Effect Size*

Nilai <i>effect size</i>	Interpretasi
1	2
$0,8 \leq d \leq 2,0$	Besar
$0,5 \leq d \leq 0,8$	Sedang
$0,2 \leq d \leq 0,5$	Kecil

(Cohen et al., 2007)

Demi ketelitian dan ketepatan dalam pengujian hipotesis penelitian, analisis data penelitian ini dilakukan menggunakan bantuan *software SPSS versi 26*. Hasil analisis dari semua variabel terikat dirangkum untuk menemukan pola umum. Tujuan ANCOVA adalah untuk mengetahui atau melihat pengaruh perlakuan atau faktor terhadap variabel dependen dengan mengontrol variabel lain. Adapun langkah-langkah melakukan analisis ANCOVA pada SPSS adalah sebagai berikut:

- Pada menu Toolbar SPSS dipilih *Analyze*, kemudian dipilih *General Linear Model – Univariate*;
- Memasukkan variabel Y pada posisi *Dependent Variabel*;

- c. Memasukkan variabel Model pembelajaran pada *Fixed Factor* (s);
- d. Memasukkan variabel kovariat, yaitu *pretest* pada posisi *Covariates* (S);
- e. Pada model : dipilih *Full Factorial*. Kemudian di-klik *Continue*;
- f. Pada option : pilih *Descriptive statistics, estimates of effect size*, dan *Parameter Estimates*. Klik *Continue*;
- g. Kemudian dipilih OK.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan uraian pembahasan diatas, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pembelajaran dengan menggunakan e-LKPD berbasis *project* di SMA N 13 Bandar Lampung menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam keterampilan berpikir kritis peserta didik setelah diberikan perlakuan. Hal ini terlihat dari peningkatan skor pada berbagai indikator berpikir kritis, seperti *Providing Elementary Clarification*, *Building Basic Support*, *Inference*, *Making Advanced Clarification*, dan *Strategies and Tactics* antara *pretest* dan *posttest*. Pada *pretest*, peserta didik cenderung memberikan jawaban yang masih terbatas dalam elaborasi konsep ilmiah dan kurang mendukung dengan strategi yang kuat. Akan tetapi, setelah diberikan e-LKPD berbasis *project*, terdapat peningkatan dalam pemahaman konseptual, penggunaan strategi dalam menjawab serta keterampilan dalam menghubungkan fenomena dengan hukum ilmiah seperti hukum Boyle. Meskipun terdapat peningkatan yang signifikan, beberapa aspek seperti justifikasi ilmiah yang lebih mendalam masih perlu ditingkatkan. Oleh karena itu, penerapan e-LKPD berbasis *project* dapat menjadikan pembelajaran menjadi lebih efektif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik terutama dalam memahami dan menjelaskan konsep-konsep ilmiah secara lebih sistematis dan mendalam.

2. Penerapan e-LKPD berbasis *project* terbukti dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik dengan mendorong *self-regulated learning* terutama dalam aspek *behavior*. Pada kelas eksperimen, peserta didik menunjukkan tingkat *self-regulated learning of behavior* yang lebih tinggi dibandingkan dengan *self-regulated learning of cognition* dan *motivation*. Hal ini menunjukkan bahwa peserta didik mampu mengatur dan mengontrol perilakunya dalam mencapai tujuan yang berkontribusi pada peningkatan keterampilan berpikir kritis melalui analisis dan evaluasi yang lebih mendalam. Sedangkan pada kelas kontrol, peserta didik lebih dominan dalam aspek *self-regulated learning of motivation* yang meskipun mendorong semangat belajar juga dapat menghambat pengembangan berpikir kritis karena kurangnya keseimbangan dalam perilaku dan kognisi. Ketidakseimbangan ini dapat menyebabkan peserta didik lebih fokus pada pencapaian hasil akhir tanpa memperhatikan proses analisis dan evaluasi yang diperlukan untuk berpikir kritis. Oleh karena itu, e-LKPD berbasis *project* efektif dalam meningkatkan *self-regulated learning* secara seimbang yang pada akhirnya berkontribusi pada peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Mengoptimalkan keseimbangan antara *self-regulated learning of behavior, motivation, dan cognition* peserta didik dapat mengembangkan pola pikir yang lebih analitis, reflektif, dan mampu menghadapi tantangan akademik dengan lebih baik.

## 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, peneliti memberikan beberapa saran, yaitu:

1. Penggunaan e-LKPD berbasis *project* sebaiknya terus dikembangkan dengan penekanan pada peningkatan justifikasi ilmiah peserta didik agar mereka dapat memberikan penjelasan yang lebih mendalam dan sistematis terkait konsep-konsep ilmiah.

2. Dalam penerapannya, e-LKPD berbasis *project* perlu dirancang agar dapat menyeimbangkan aspek *self-regulated learning* sehingga peserta didik tidak hanya memiliki motivasi belajar yang tinggi tetapi juga mampu mengelola perilaku dan proses berpikirnya dengan lebih baik.
3. Guru dapat mengoptimalkan penerapan e-LKPD berbasis *project* dengan memberikan bimbingan dalam penggunaan strategi berpikir kritis seperti menganalisis fenomena secara lebih mendalam dan menghubungkannya dengan konsep ilmiah yang relevan agar dapat meningkatkan kualitas pemahaman dan argumentasi peserta didik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akpan, B., & Kennedy, T. J. (2020). *Science Education in Theory and Practice: An Introductory Guide to Learning Theory*. Springer.
- Aliftika, O., Astra, I. M., & Supriyati, Y. (2021). Project Based Blended Learning and Independent Learning on Critical Thinking Skill. *Journal of Physics: Conference Series*, 2019(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2019/1/012051>
- Arikunto, S. (2013). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik. Edisi Revisi*. Rineka Cipta.
- Atmojo, I. R. W., Ardiansyah, R., Adi, F. P., Chumdari, C., Saputri, D. Y., & Wahyuningtyas, M. (2023). The Relationship between Self-Regulated Learning and Students' Critical Thinking Skills. *Mimbar Sekolah Dasar*, 10(3), 513–526. <https://doi.org/10.53400/mimbar-sd.v10i3.61151>
- Ausubel, D. P., & Fitzgerald, D. (2014). Meaningful Learning and Retention: Intrapersonal Cognitive Variables. *Review of Educational Research*, 31(5), 500–510.
- Azinah, S. Z., Arsyad, M., & Khaeruddin. (2022). Implementation of Students' Worksheets to Improve Critical Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 10(3), 219–226. <https://doi.org/10.26618/jpf.v10i3.8812>
- Azmi, S. (2016). Self Regulated Learning Salah Satu Modal Kesuksesan Belajar dan Mengajar. *Seminar ASEAN 2nd Psychology & Humanity*, 400–406.
- Bada, & Olusegun, S. (2015). Constructivism Learning Theory: A Paradigm for Teaching and Learning. *Journal of Research and Method in Education (IOSR-JRME)*, 5(6), 66–70. <https://doi.org/10.9790/7388-05616670>
- Bandura, A. (1991). Social Cognitive Theory of Self-Regulation. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50, 248–287.
- Bereiter, C. (1994). Constructivism, Socioculturalism, and Popper's World. *Educational Researcher*, 23, 21–23.
- Budiman, H., Ririn, R., & Muhammad, G. M. (2021). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Matematis dan Kemandirian Belajar Siswa melalui Model Pembelajaran Problem Solving. *Mathema: Jurnal Pendidikan Matematika*, 3(1), 1–15. <https://doi.org/10.33365/jm.v3i1.772>

- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education* (6th ed.). Routledge Falmer.
- Desiana, G. A., Sulastri, & Syahrial. (2022). Application of Project-Based Learning (PjBL) to Improve Critical Thinking Skills and Students' Learning Independence on the Making of Colloids in Dispersion. *JTK (Jurnal Tadris Kimiya)*, 7(1), 37–52. <https://doi.org/10.15575/jtk.v7i1.13395>
- Dharma, A., Mukhtar, & Sinaga, B. (2022). Perbedaan Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis dan Pemecahan Masalah Matematis Siswa dengan Menggunakan Model Pembelajaran Penemuan Terbimbing dan Pembelajaran Langsung. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(1), 126–138. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v7i1.1909>
- Ennis, R. (2011). Critical Thinking. *Inquiry: Critical Thinking Across the Disciplines*, 26(1), 4–18. <https://doi.org/10.5840/inquiryctnews20112613>
- Ennis, R. H. (1985). *A Logical Basis for Measuring Critical Thinking Skills*. Association for Supervision and Curriculum Development.
- Erlinawati, C. E., Bektiarso, S., & Maryani, M. (2019). Model Pembelajaran Project Based Learning Berbasis STEM Pada Pembelajaran Fisika. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Fisika "Integrasi Pendidikan, Sains Dan Teknologi Dalam Mengembangkan Budaya Ilmiah Di Era Revolusi Industri 4.0 "*, 4(1), 1–4.
- Ferazona, S., & Putri, I. I. (2020). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Melalui Diskusi Kelas Upaya Pencapaian Kompetensi Abad 21. *Jurnal Bioterdidik: Wahana Ekspresi Ilmiah*, 8(2).
- Ghimby, D. (2019). Pengaruh Self Regulated Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar. *Journal of Educational and Language Research*, 8721, 9–25.
- Halimatusyadiyah, N., Anasya, S. W., & Pajri, A. (2022). The Effectiveness Of The Project Based Learning Model In The Independent Learning Curriculum. *Jurnal Kewarganegaraan*, 6(2), 4836–4844.
- Halpern, D. F. (2014). *Thought and Knowledge: An Introduction to Critical Thinking* (5th ed.). Psychology Press.
- Hidayat, S. (2014). *Perkembangan Peserta Didik*. PT. Pustaka Mandiri.
- Hosnan. (2014). *Pendekatan Saintifik dan Kontekstual dalam Pembelajaran Abad 21*. Ghalia Indonesia.
- Hurrahma, M., & Sylvia, I. (2022). Efektivitas E-LKPD Berbasis Liveworksheet dalam Meningkatkan Hasil Belajar Sosiologi Peserta Didik di Kelas XI IPS SMA N 5 Padang. *Jurnal Sikola: Jurnal Kajian Pendidikan Dan Pembelajaran*, 4(1), 14–22. <https://doi.org/10.24036/sikola.v4i1.193>
- Juliana, N., Ampera, D., Farihah, Baharuddin, & Sinukaban, V. Y. (2024). Digital Student Worksheets to Improving Students' Learning Independence. *Journal of Education Technology*, 8(1), 31–41.

<https://doi.org/10.23887/jet.v8i1.75433>

- Kembara, M., Rozak, R. W., & Hadian, V. A. (2019). Research-based Lectures to Improve Students' 4C (Communication, Collaboration, Critical Thinking, and Creativity) Skills. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 306, 22–26.
- 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), 1–15.
- Lasmanawati, A. (2021). Strategi Pembelajaran Self Regulation dalam Pemecahan Masalah Matematika. *Humanika*, 21(1), 1–16. <https://doi.org/10.21831/hum.v21i1.29310>
- Lestari, S. wahyu. (2024). *Pengembangan E-LKPS Berbasis Project Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Pada Materi Hukum Boyle*. Universitas Lampung.
- Mardatillah, A. (2024). Pengembangan E-Lkpd Berbasis Project Based Learning (PjBL) Bernuansa Kearifan Lokal Pada Materi Bioteknologi Fase E SMA: Meta Analisis. *Biogenerasi*, 9(2), 33–42.
- Meltzer, D. E. (2002). *The Relationship Between Mathematics Preparation and Conceptual Learning in Physics: A Possible "Hidden Variable" in Diagnostic Pretest Score*. Iowa State University.
- Monica, I., Nurhamidah, & Elvinawati. (2023). Pengembangan e-LKPD Berbasis Problem Based Learning Pada Materi Hukum-hukum Dasar Kimia. *Alotrop*, 7(1), 33–43. <https://doi.org/10.33369/alo.v7i1.28231>
- Newman, M. J. (2005). Problem Based Learning: An Introduction and Overview of the Key Features of the Approach. *Journal of Veterinary Medical Education*, 32(1), 12–20. <https://doi.org/10.3138/jvme.32.1.12>.
- 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 Pendidikan Kimia*, 3(1). <https://doi.org/10.33394/hjkk.v3i1.669>
- Poolchak, P., & Kanchanapusakit, W. (2018). An Equipment Design to Verify Boyle's Law. *Journal of Physics: Conference Series*, 1144(1).
- Pratiwi, A. S., & Nuraini, L. (2024). Analysis of the Effect of PBL Model Assisted by e-Worksheet Wizer. Me on Critical Thinking Skills and Learning Outcomes. *Pillar of Physics Education*, 17(1), 54–62.
- Putri, S. A. N., Riastini, N., & Paramita, V. A. (2022). Project-Based Learning Electronic Thematic Student Worksheets (E-Book PJBL) Improving Critical Thinking Skills. *International Journal of Elementary Education*, 6(3), 501–510. <https://doi.org/10.23887/ijee.v6i3>
- 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. <https://doi.org/10.22437/bio.v6i2.9255>
- Rahmah, A., Walida, S. El, & Fuady, A. (2021). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Ditinjau Dari Self Regulated Learning Pada Materi Statistika Peserta Didik Kelas VII SMP Negeri 6 Sumenep. *Jurnal Penelitian, Pendidikan, Dan Pembelajaran*, 16(25), 100–111.
- Rasagama, I. G. (2022). Profil Peningkatan Hasil Belajar Praktikum Fisika daring Topik Hukum Boyle Untuk Mahasiswa Politeknik Negeri Bandung. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika)*, 10(2), 173–190. <https://doi.org/10.24127/jpf.v10i2.5696>
- Rasyid, A., & Yusman. (2024). Pengembangan E—Modul Fisika Berbasis Pbl Berbantuan Aplikasi Canva Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kemandirian Belajar Peserta Didik SMA. *Universitas Negeri Yogyakarta*, 11(1), 36–55.
- Ritdamaya, D., & Suhandi, A. (2016). Konstruksi Instrumen Tes Keterampilan Berpikir Kritis Terkait Materi Suhu dan Kalor. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 2(2), 87–96.
- Riti, Y. U. R., Degeng, I. N. S., & Sulton, S. (2021). Pengembangan Model Pembelajaran Berbasis Proyek dengan Menerapkan Metode Design Thinking untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Dalam Mata Pelajaran Kimia. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 6(10), 1581–1581. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v6i10.15056>
- Roslinda, F., Sulistyaningsih, D., & Suprpto, R. (2022). Pengaruh Self-Regulated Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa. *Prosiding Seminar Nasional UNIMUS*, 5, 677–690.
- Santrock, J. W. (2009). *Educational Psychology* (D. Angelica (ed.)). Salemba Humanika.
- 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(1), 76–81.
- Supiati, S. E. S., Hikmawati, V. Y., & Suryaningsih, Y. (2024). Efektivitas Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Project Based Learning Dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Pedagogi Biologi*, 2(1), 23–30.
- 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.
- Trianti. (2007). *Model-model Pembelajaran Inovatif Berorientasi Konstruktivistik*. Prestasi Pustaka.

Umbaryati, U. (2016). Pentingnya LKPD Pada Pendekatan Scientific Pembelajaran Matematika. *PRISMA: Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 217–225.

Vygotsky, L. S. (1989). *Thought and Language*. MIT Press.

Young, H. D., & Freedman, R. A. (2002). *University Physics*. Erlangga.

Zimmerman, B. J. (1990). Self-Regulated Learning and Academic Achievement: An Overview. *Educational Psychologist*, 25(1), 3–17.  
[https://doi.org/10.1207/s15326985ep2501\\_2](https://doi.org/10.1207/s15326985ep2501_2)