

**PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS *PROJECT BASED*
LEARNING DENGAN PENDEKATAN *STEM* PADA MATERI
KARBON NANOFIBER SEBAGAI ENERGI TERBARUKAN
UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR
KRITIS SISWA TINGKAT SMA**

TESIS

oleh

Rahmanita

NIM: 06052682226018

Magister Program Studi Pendidikan Fisika



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2024


**PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS *PROJECT BASED*
LEARNING DENGAN PENDEKATAN *STEM* PADA MATERI
ENERGI TERBARUKAN UNTUK MENINGKATKAN
KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA TINGKAT SMA**

TESIS


oleh
Rahmanita
NIM: 06052682226018
Program Studi Magister Pendidikan Fisika

Mengesahkan:

Pembimbing 1,



Prof. Dr. Ida Sriyanti, S.Pd., M.Si
NIP. 197811082001122002

Pembimbing 2,


Dr. Leni Marlina, S. Pd., M.Si.
NIP. 197708052001122001

Mengetahui:

Koordinator Program Studi,


Prof. Dr. Ida Sriyanti, S.Pd., M.Si
NIP. 197811082001122002



Dekan,
Dr. Hartono, M.A.
NIP. 196710171993011001

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Rahmanita

NIM : 06052682226018

Program Studi : Magister Pendidikan Fisika

Menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa tesis yang berjudul “Pengembangan LKPD Berbasis Project Based Learning Dengan Pendekatan Stem Pada Materi Karbon Nanofiber Sebagai Energi Terbarukan Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Tingkat SMA” ini adalah benar-benar karya saya dan saya tidak melakukan penjiplakan ataupun pengutipan dengan cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku sesuai dengan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 17 tahun 2010 tentang pencegahan dan penanggulangan plagiat di Perguruan Tinggi. Apabila di kemudian hari ada pelanggaran yang ditemukan dalam tesis ini dan/atau ada pengaduan dari pihak lain terhadap keaslian karya ini, saya bersedia menanggung sanksi yang dijatuhkan kepada saya.

Demikianlah pernyataan ini dibuat dengan sungguh-sungguh tanpa pemaksaan dari pihak manapun.

Palembang, Juli 2024

Yang membuat pernyataan,



Rahmanita

NIM. 06052682226018

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “Pengembangan LKPD Berbasis Project Based Learning dengan Pendekatan STEM pada Materi Karbon Nanofiber sebagai Energi Terbarukan untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Tingkat SMA”. Penulis juga mengucapkan salam dan penghormatan kepada Rasulullah SAW, keluarga, serta sahabat yang senantiasa menjadi tauladan dalam setiap langkah perjalanan hidup.

Tesis ini merupakan hasil dari perjalanan panjang, pengalaman, dan upaya penulis dalam mengeksplorasi dan mengembangkan pendidikan fisika, khususnya dalam penggunaan lembar kerja peserta didik (LKPD). Penulis menyadari bahwa pencapaian ini tidak terlepas dari dukungan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis menyampaikan apresiasi yang setinggi tingginya kepada Prof. Dr. Ida Sriyanti, S. Pd., M. Pd. dan Ibu Dr. Leni Marlina, S.Pd., M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan penuh selama proses penelitian ini berlangsung.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Dr. Hartono, M.A. selaku Dekan FKIP Universitas Sriwijaya, Bapak Dr. Ketang Wiyono, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA, Ibu Prof. Dr. Ida Sriyanti, S.Pd., M.Si. selaku Koordinator Program Studi Magister Pendidikan Fisika, serta seluruh dosen dan staf Program Studi Magister Pendidikan Fisika, FKIP Universitas Sriwijaya atas bimbingan dan dukungan yang telah diberikan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Kepala SMAN 19 Palembang beserta dewan guru, staf, dan peserta didik yang telah membantu dalam proses penelitian ini.

Penghargaan khusus diberikan kepada orangtua, mertua, suami, anak-anak dan seluruh saudara yang telah memberikan dukungan penuh baik moril maupun materiil hingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan Magister ini. Tak lupa kepada semua pihak yang turut berperan dalam kesuksesan penyelesaian tesis ini, baik secara langsung maupun tidak langsung, penulis menyampaikan terima kasih.

Semoga tesis ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pendidikan fisika dan dapat menjadi bahan referensi yang bermanfaat bagi pembaca. Akhir kata, penulis memohon maaf apabila terdapat kekurangan dalam penulisan tesis ini, dan penulis berharap agar tesis ini dapat memberikan inspirasi dan manfaat yang luas. Terima kasih.

Palembang, Juli 2024

Penulis,

Rahmanita

DAFTAR ISI

COVER	1
JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN.....	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABLE.....	xii
ABSTRAK	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II	Error! Bookmark not defined.
TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1 Hakikat Pembelajaran Fisika	Error! Bookmark not defined.
2.2 Bahan Ajar.....	Error! Bookmark not defined.
2.3 Lembar Kegiatan Siswa.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.1 Analisis kurikulum	Error! Bookmark not defined.
2.3.2 Menyusun peta kebutuhan LKPD	Error! Bookmark not defined.
2.3.3 Menentukan judul-judul LKPD.....	Error! Bookmark not defined.
2.3.4 Penulisan LKPD	Error! Bookmark not defined.
2.4 Model Pembelajaran	Error! Bookmark not defined.
2.4.1 Model Pembelajaran Project Based Learning.....	Error! Bookmark not defined.
2.4.2 Langkah-langkah Pembelajaran <i>Project Based Learning</i>	Error! Bookmark not defined.
2.5 Pendekatan STEM	Error! Bookmark not defined.
2.6 Kemampuan Berpikir Kritis Siswa.....	Error! Bookmark not defined.
2.7 Penelitian Pengembangan.....	Error! Bookmark not defined.
2.7.1 Pengertian Penelitian Pengembangan.....	Error! Bookmark not defined.
2.7.2 Model-Model Penelitian Pengembangan	Error! Bookmark not defined.

2.7.3	Model Pengembangan Rowntree.....	Error! Bookmark not defined.
2.8	Evaluasi Formatif	Error! Bookmark not defined.
2.9	Karbon Nanofiber (CNF) Sebagai Energi terbarukan ..	Error! Bookmark not defined.
2.9.1	Penelitian yang Relevan	Error! Bookmark not defined.
2.9.2	Kerangka Berpikir Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB 3	.....	Error! Bookmark not defined.
METODE PENELITIAN	.....	Error! Bookmark not defined.
3.1	Metode Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2	Subjek Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3	Waktu dan Tempat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.4	Prosedur Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.4.1	Tahap Perencanaan	Error! Bookmark not defined.
3.4.2	Tahap Pengembang.....	Error! Bookmark not defined.
3.4.3	Tahap Evaluasi dan Revisi	Error! Bookmark not defined.
3.4.3.1	Evaluasi Ahli (<i>Expet Review</i>) ...	Error! Bookmark not defined.
3.4.3.2	Evaluasi Satu-Satu (<i>one-to-one evaluation</i>) ..	Error! Bookmark not defined.
3.4.3.3	Evaluasi Kelompok Kecil (<i>Small Group</i>)	Error! Bookmark not defined.
3.4.3.4	Uji Coba Lapangan (<i>field test</i>)..	Error! Bookmark not defined.
3.5	Teknik Pengumpulan Data	Error! Bookmark not defined.
3.5.1	Walkthrough	Error! Bookmark not defined.
3.5.2	Angket	Error! Bookmark not defined.
3.5.1	Tes	Error! Bookmark not defined.
3.6	Teknik Analisis Data	Error! Bookmark not defined.
3.6.1	Analisis Data Lembar Validasi	Error! Bookmark not defined.
3.6.2	Analisis Data Lembar Angket	Error! Bookmark not defined.
3.6.1	Analisis Data Tes	Error! Bookmark not defined.
BAB IV	.....	Error! Bookmark not defined.
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	Error! Bookmark not defined.
4.1	Hasil Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.1	Deskripsi Hasil Tahap Perencanaan	Error! Bookmark not defined.
4.1.1.1	Analisis Kebutuhan	Error! Bookmark not defined.

4.1.1.2	Perumusan tujuan pembelajaran	Error! Bookmark not defined.
4.1.2	Deskripsi Hasil Tahap Pengembangan	Error! Bookmark not defined.
4.1.2.1	Pengembangan Topik	Error! Bookmark not defined.
4.1.2.2	Penyusunan Draf	Error! Bookmark not defined.
4.1.2.3	Produksi Prototype	Error! Bookmark not defined.
4.1.3	Deskripsi Hasil Tahap Evaluasi	Error! Bookmark not defined.
4.1.3.1	Self Evaluation	Error! Bookmark not defined.
4.1.3.2	<i>Expert Review</i>	Error! Bookmark not defined.
4.1.3.3	<i>One-to-one Evaluation</i>	Error! Bookmark not defined.
3.1.3.4	<i>Small Group Evaluation</i>	Error! Bookmark not defined.
3.1.3.5	<i>Field Test</i>	Error! Bookmark not defined.
4.2	Pembahasan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
4.3	Keunggulan dan Kelemahan Produk	Error! Bookmark not defined.
BAB V	.....	Error! Bookmark not defined.
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	Error! Bookmark not defined.
5.1	Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2	Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	.....	6
LAMPIRAN A	.....	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN B	.....	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN C	.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. 1 ALUR TUJUAN PEMBELAJARAN	Error! Bookmark not defined.
Lampiran A. 2 Modul Ajar.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran A. 3 Instrumen Penilaian Observasi	Error! Bookmark not defined.
Lampiran A. 4 Instrumen Penilaian Presentasi	Error! Bookmark not defined.
Lampiran A. 5 Instrumen Penilaian Laporan Hasil Karya ...	Error! Bookmark not defined.
Lampiran A. 6 Angket Motivasi Belajar Siswa	Error! Bookmark not defined.
Lampiran A. 7 Refleksi	Error! Bookmark not defined.
Lampiran A. 8 Table Indikator Soal Berpikir Kritis	Error! Bookmark not defined.
Lampiran A. 9 Peta Konsep	Error! Bookmark not defined.
Lampiran A. 10 Garis Besar Isi LKPD Karbon Nanofiber Sebagai Energi Terbarukan Untuk SMA.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran B. 1 Lembar Validasi Pengembangan LKPD	Error! Bookmark not defined.
Lampiran B. 2 Aspek yang dinilai	Error! Bookmark not defined.
Lampiran B. 3 Hasil Validasi	Error! Bookmark not defined.
Lampiran C 1 Usulan Judul Tesis	Error! Bookmark not defined.
Lampiran C 2 Surta Persetujuan Pembimbing	Error! Bookmark not defined.
Lampiran C 3 Surat Izin Penelitian	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2. 1 Sintak Project Based Learning**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 2 Model Rowntree (Prawiradilaga, 2012) **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 3 Alur Desain Formative Evaluation (Tessmer, 1993)..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2. 4 Kerangka Berpikir Penelitian Pengembangan LKPD Berbasis PjBL dengan Pendekatan STEM Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 1 Alur Penelitian Pengembangan (Modifikasi Rowntree dan Tessmer)**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 1 Grafik N-gain Setiap Aspek Kemampuan Berpikir kritis **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR TABLE

Tabel 2. 1 Indikator Berpikir Kritis.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 1 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Isi LKPD	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 2 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Bahasa LKPD.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 3 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Sajian LKPD	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 4 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Kegrafisan LKPD	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 5 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Keterampilan Berpikir Kritis.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 6 Kisi-Kisi Instrumen Validasi PjBL dalam LKPD	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 7 Kisi-Kisi Instrumen Validasi Pendekatan STEM dalam LKPD....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 8 Kisi-Kisi Instrumen Angket Praktikalitas Pada LKPD	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 9 Skala Likert Angket Validasi Ahli	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 10 Kategori LKPD berdasarkan Validasi Ahli.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 11 Angket Tanggapan Siswa Menggunakan Skala Likert	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 12 Kategori LKPD berdasarkanTanggapan Siswa.	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 13 Klasifikasi Gain.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 1 Data Hasil Analisis Kebutuhan Peserta Didik....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 2 Hasil Validasi oleh expert review	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 3 Komentar dan Saran Ahli pada Tahap Expert Review	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 4 LKPD Berbasis PjBL-STEM Sebelum dan Sesudah Direvisi pada tahap Expert Review	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 5 Hasil Uji One to One Evaluation.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 6 Komentar dan Saran Siswa pada Tahap One-to-one Evaluation ..	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 7 Hasil Penilaian Angket Pada Small Group Evaluation	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 8 Persentase Jumlah Hasil Uji N-Gain	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 9 Hasil Analisa N-Gain berdasarkan pretest dan posttest Siswa.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 10 N-Gain per-aspek Kemampuan Berpikir kritis .	Error! Bookmark not defined.

ABSTRAK

Telah berhasil dikembangkan LKPD berbasis PjBL-STEM yang valid, praktis dan efektif. Metode yang digunakan adalah Penelitian Pengembangan (*Development Research*) dengan model pengembangan Rowntree yang terdiri dari tiga tahapan yaitu tahap perencanaan (*Planning*), tahap pengembangan (*development*) dan tahap evaluasi (*evaluation*). Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah instrumen uji validitas, praktikalitas dan efektifitas. Proses pengembangan melalui uji validitas isi, bahasa, sajian, kegrafikan, kesesuaian PjBL, pendekatan STEM dan kemampuan berpikir kritis, uji kepraktisan, uji coba lapangan (*field test*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa LKPD yang dikembangkan memiliki rata-rata validitas sebesar 4,8 dengan kategori sangat baik. Pada uji kepraktisan e-modul rata-rata 4,58 dengan kategori sangat praktis. Sedangkan uji efektivitas penggunaan e-modul memiliki rata-rata n-gain sebesar 0,69 dengan kategori sedang untuk dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dan tingkat ketuntasan penggunaan LKPD dalam proses pembelajaran sebesar 82% dengan kategori sangat tinggi efektivitasnya.

Keywords: LKPD Nanofiber ; PjBL; STEM; Kemampuan Berpikir Kritis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fisika merupakan salah satu bagian sains yang dapat melatih cara berpikir siswa menjadi kritis, kreatif, logis, sistematis, efektif serta membantu perkembangan kepribadian dan daya nalar. Akibatnya, kurikulum di Indonesia menetapkan fisika sebagai mata pelajaran yang harus dipelajari oleh siswa dari sekolah dasar hingga sekolah menengah. Hal ini bertujuan agar siswa di Indonesia mampu memiliki kemampuan berpikir kritis, logis serta kreatif dalam menghadapi tantangan zaman. Selain itu, Departemen Pendidikan juga menetapkan bahwa kompetensi lulusan pendidikan fisika adalah siswa memiliki kemampuan berpikir logis, analitis, sistematis, kritis, dan kreatif serta kemampuan bekerja sama (Kemdikbud, 2022)

Dalam fisika, berpikir kritis berarti menguji, mempertanyakan, menghubungkan, dan mengevaluasi semua elemen yang ada dalam situasi atau masalah (Allen et al., 2020). Siswa tidak hanya diharapkan untuk menguasai kemampuan berpikir kritis sebagai tujuan pendidikan; kemampuan ini juga merupakan proses penting yang memungkinkan siswa menghadapi ketidakpastian di masa mendatang. Kemampuan siswa untuk berpikir kritis didefinisikan sebagai kemampuan mereka untuk menilai atau mengevaluasi sesuatu, menganalisis argumen, membuat kesimpulan menggunakan penalaran, dan membuat keputusan atau pemecahan masalah. Mengingat temuan penelitian lain yang menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis di tingkat SMA masih rendah, upaya untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa sangat penting. Salah satu temuannya adalah hasil Trends International Mathematics and Science Study (TIMSS) pada tahun 2019 untuk bidang studi Fisika, Indonesia berada di urutan ke-38 dengan skor 386 dari 42 Negara. Agar dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis maka diperlukan model pembelajaran yang tepat yang dapat melibatkan siswa secara langsung (Qurniati et al., 2015). Bukan hanya itu saja berdasarkan data dari penelitian Ufairah (2020), kemampuan berpikir kritis peserta didik ditandai dengan indikator keaktifan peserta didik sebesar 62,5%,

daya ingat peserta didik sebesar 73,8%, pemahaman peserta didik tentang bagaimana fisika dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari sebesar 73,8%, kemampuan peserta didik untuk mengidentifikasi fenomena ilmiah sebesar 54,8%, dan hasil belajar peserta didik yang memenuhi kriteria ketuntasan minimum sebesar 64,5%. Sehingga diperlukan upaya agar dapat meningkatkan kemampuan berpikir siswa baik berupa model pembelajaran, bahan ajar maupun instrumen. Salah satu model pembelajaran yang dapat digunakan yaitu Project Based Learning (Permata, 2023).

Pembelajaran dengan PjBL menekankan pada hubungan antara konsep yang diperoleh melalui proyek dan pengalaman nyata sehingga siswa dapat menghubungkan konsep yang diperoleh dari pengalaman yang telah dimiliki sebelumnya dengan pengetahuan baru. Hal ini serupa dengan penelitian yang tentang analisa penggunaan model Pembelajaran Project Based Learning yang telah dilakukan oleh Hasble, M et al., (2018) yang menghasilkan kesimpulan bahwa penerapan model pembelajaran project based learning mampu memberikan pengaruh terhadap peningkatan berpikir kritis siswa dengan ketegori cukup kritis dalam pembelajaran. Penelitian ini juga sangat mendukung siswa untuk memahami lebih dalam lagi perihal materi yang disampaikan. Penerapan model PjBL terus mengalami perkembangan, salah satunya adalah integrasi PjBL dengan pendekatan. Salah satu pendekatan yang dapat diintegrasikan dengan PjBL adalah pendekatan STEM.

Ananda & Dasna (2019) menjelaskan bahwa STEM mendorong peserta didik untuk lebih memahami ide-ide yang mereka pelajari. Mereka juga membantu mereka memecahkan masalah lingkungan dengan menggunakan teknologi sebagai metode penerapan pengetahuan. Pendekatan STEM yang dalam prosesnya memecahkan masalah nyata yang terdapat dalam kehidupan sehari-hari melalui integrasi dari keempat unsur STEM yaitu, sains, teknologi, engineering, dan matematika. Berdasarkan meta analisis terhadap 20 artikel penelitian yang dilakukan oleh Jasmi et al., (2023) diperoleh informasi bahwa secara umum penerapan STEM dalam pembelajaran IPA terpadu mempunyai pengaruh yang tinggi terhadap keterampilan berpikir kritis siswa dengan nilai 1,10. Sedangkan hasil penelitian Lee et al., (2017) menunjukkan skor 0,76 dalam kategori sedang

STEM dapat meningkatkan kemampuan siswa dan efek peningkatan keterampilan sebesar 1,16 dengan menggunakan STEM pada penelitian Kazu et al., (2021). Melengkapi hal tersebut, penelitian Dywan et al., (2020) tentang penggunaan model pembelajaran PjBL berbasis STEM yang ternyata lebih efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa kelas IV muatan pembelajaran IPA. Sehingga dapat disimpulkan bahwa PjBL-STEM membuat siswa terlibat aktif dan berpartisipasi dalam proses pembelajaran (Purwaningsih et al., 2020).

Dalam upaya meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik dengan menggunakan PjBL-STEM maka diperlukan pengembangan Lembar Kerja siswa yang tepat. LKPD merupakan lembar kegiatan untuk siswa yang dapat membantu siswa dalam menentukan konsep, sehingga dapat mengasah siswa dalam berpikir kritis. Sejalan dengan hal tersebut hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Fithri et al., (2021) menunjukkan bahwa penerapan LKPD berbasis STEM dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi sistem ekskresi di kelas VIII SMP Negeri 1 Peusangan. Penelitian lebih lanjut juga dilakukan oleh Cahyaningsih & Roektingroem (2018) yang menunjukkan bahwa pembelajaran IPA berbasis STEM-PBL memiliki efek besar kategori sedang terhadap keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar kognitif peserta didik. Selain itu, pembelajaran IPA berbasis STEM-PBL memiliki efek besar kategori sedang terhadap keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar kognitif peserta didik. Sejalan dengan hal tersebut penelitian yang telah dilakukan oleh Passaribu (2022) menghasilkan kesimpulan bahwa diperlukan pengembangan LKPD berbasis STEM untuk melatih berpikir kritis.

Salah satu bahasan dalam fisika yang dapat memicu siswa untuk berpikir kritis adalah energi terbarukan. Untuk menurunkan penggunaan energi fosil seperti gas, minyak, dan batubara, penelitian tentang energi terbarukan adalah fokus utama. Penelitian ini akan membantu mengurangi jumlah polusi yang dihasilkan. Selain itu, Penggunaan energi secara tepat juga dapat membantu untuk mengurangi dampak dari permasalahan kehidupan termasuk perubahan iklim. Sehingga, melalui bahasan energi terbarukan siswa diminta untuk berpikir secara kritis mencari solusi krisis energi yang akan terjadi dimasa yang akan datang. Karbon nanofiber (CNF) merupakan energi terbarukan yang saat ini sedang

digalakan sebab tidak meninggalkan residu maupun dampak negatif. Karbon nanofiber (CNF) merupakan energi terbarukan yang berumbar dari biomassa berupa cangkang kelapa sawit yang dipadukan menggunakan teknologi nanoteknologi. Namun belum ada penelitian yang mengkaji lembar kerja siswa carbon nanofiber sebagai energi terbarukan.

Adapun penelitian pendahulu yang serupa sebelumnya telah dilakukan oleh Sopa, N (2023) dalam penelitian yang berjudul “Pengembangan LKPD Model PjBL Berbasis STEM Untuk Menumbuhkan Kemampuan Berpikir Kritis”; Yani ,F (2023) dalam penelitian yang berjudul “Pengembangan LKPD Terintegrasi Steam-PjBl Pada Materi Sel Volta Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Kelas XII SMA/MA”; Meityastuti, I (2022) dalam penelitian yang berjudul “Pengembangan LKPD model PjBL berbasis STEM dengan menggunakan aplikasi desmos untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis”; dan penelitian Purwanti, S (2021) yang berjudul “Pengembangan LKPD Elektronik Dengan Pendekatan STEM Berbasis Proje-Based Learning Materi Energi Dan Pemanfaatannya”. Berdasarkan uraian tersebut, maka peneliti melakukan penelitian yang berjudul, **“Pengembangan LKPD Berbasis PjBL dengan Pendekatan STEM Pada Materi Carbon Nanofiber Sebagai Sumber Energi Terbarukan Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis tingkat SMA”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengembangkan LKPD berbasis *Project Based Learning* dengan pendekatan STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa yang valid?
2. Bagaimana mengembangkan LKPD berbasis *Project Based Learning* dengan pendekatan STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa yang praktis?
3. Bagaimana efektifitas penggunaan LKPD berbasis *Project Based Learning* dengan Pendekatan STEM terhadap kemampuan berpikir kritis siswa?

1.3 Batasan Masalah

Agar lebih memfokuskan pada tujuan penelitian yang dilakukan dan tidak menyimpang dari pokok rumusan masalah yang ada, maka peneliti membatasi masalah yang dibahas dalam tulisan yaitu pengembangan LKPD Karbon Nanofiber (CNF) sebagai energi terbarukan Untuk SMA.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah :

1. Menghasilkan LKPD berbasis *Project Base Learning* dengan pendekatan STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa yang valid.
2. Menghasilkan LKPD berbasis *Project Base Learning* dengan pendekatan STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa yang praktis.
3. Mengetahui efektifitas penggunaan LKPD berbasis *Project Base Learning* dengan pendekatan STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian pengembangan LKPD berbasis *Project Base Learning* dengan pendekatan STEM adalah:

1. Guru

LKPD berbasis *Project Base Learning* terintegrasi STEM diharapkan dapat menjadi referensi sumber mengajar yang sesuai dengan kebutuhan guru serta dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.

2. Siswa

LKPD berbasis *Project Base Learning* terintegrasi STEM diharapkan dapat menjadi sumber belajar alternatif yang menarik sebagai sarana pembelajaran di sekolah maupun mandiri di rumah.

3. Peneliti lain

Hasil penelitian dan pengembangan LKPD *Project Based Learning* terintegrasi STEM dapat dimanfaatkan sebagai referensi untuk melakukan penelitian dan pengembangan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, C. E., Froustet, M. E., LeBlanc, J. F., Payne, J. N., Priest, A., Reed, J. F., Worth, J. E., Thomason, G. M., Robinson, B., & Payne, J. N. (2020). National Council of Teachers of Mathematics. *The Arithmetic Teacher*, 29(5), 59. <https://doi.org/10.5951/at.29.5.0059>
- Ananda, Y. Y. T., & Dasna, I. W. (2019). Prosiding PEMBELAJARAN PJBL-STEM DENGAN PENDEKATAN STEM TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS Prosiding. *Inovasi Kimia dan Pembelajarannya Era Industri 4.0*, November, 418–425.
- Anggraini, P.D., Siti, S.W. (2021). Analisis Penggunaan Model Pembelajaran Project Based Learning Dalam Peningkatan Keaktifan Siswa. *Jurnal Pendidikan Administrasi Perkantoran (JPAP)*. Volume 9, Nomor 2. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/jpap>
- Arikunto, Suharsimi. 2013. BumiAksara, p.277 “Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan” Jakarta: Bumi Aksara
- Barlenti, I., Hasan, M., & Mahidin, D. (2017). Pengembangan Lks Berbasis Project Based Learning Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 5(1), 81– 86. <http://jurnal.unsyiah.ac.id/jpsi>
- Beers, S. Z. (2011). 21st century skills: preparing students for their future. STEM science, technology, engineering, math. Retrived from http://cosee.umaine.edu/files/coseeos/21st_century_skills.pdf.
- Cahyaningsih, F., Roektingroem, I. E. (2018). Pengaruh Pembelajaran IPA Berbasis STEM-PBL Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Dan Hasil Belajar Kognitif. *E-Journal Pendidikan IPA*, 7(5), 239-244. Retrieved from <https://journal.student.uny.ac.id/index.php/ipa /article/view/12075/11630>
- Depdiknas. (2008). *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional
- Dywan, A. A., Septian Airlanda, G., Kristen Satya Wacana, U., & Tengah, J. (2020). Efektivitas Model Pembelajaran Project Based Learning Berbasis Stem Dan Tidak Berbasis Stem Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Basicedu*, 4(2), 344-354.

- Farias, R. L. S., Ramos, R. O., & da Silva, L. A. (2009). Numerical solutions for non-Markovian stochastic equations of motion. In *Computer Physics Communications* (Vol. 180, Nomor 4). <https://doi.org/10.1016/j.cpc.2008.12.005>
- Fathoni, A., Muslim, S., Ismayati, E., Rijanto, T., Munoto, & Nurlaela, L. (2020). STEM : Inovasi Dalam Pembelajaran Vokasi. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 17(1), 33–42.
- Fihri, S., Andi, U. T. P., Wiwit A., Cut N., & Hasanudin. (2021). Implementasi LKPD Berbasis STEM Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*. JPSI 9(4):555-564. DOI: 10.24815/jpsi.v9i4.20816
- Gunada, I & Wahyudi, Wahyudi & Ayub, Syahrial & Taufik, Muhammad & Busyairi, Ahmad. (2023). Validitas Perangkat Model Project Based Learning Berbasis STEM pada Pokok Bahasan Perubahan Energi untuk Meningkatkan Sikap Ilmiah. *Empiricism Journal*. 4. 134-144. 10.36312/ej.v4i1.1287.
- González-Pérez, LI, & Ramírez-Montoya, MS (2022). Komponen Pendidikan 4.0 dalam kerangka keterampilan abad ke-21: tinjauan sistematis. *Keberlanjutan*, 14(3), 1493. <https://doi.org/10.3390/>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Hasble, M., Rusmansyah, Maya. I. (2018). Penerapan Model Project Based Learning Dalam Pembelajaran Sistem Koloid Untuk Meningkatkan Self Efficacy Dan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *JCAE, Journal of Chemistry And Education*, Vol. 2 No. 2. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://core.ac.uk/download/235035691.pdf>
- Haza Kurnia Dinantika. (2021) *PENGEMBANGAN E-LKPD BERBASIS PROYEK TERINTEGRASI STEM UNTUK MENGAKOMODASI GAYA BELAJAR SERTA MELATIHKAN PENALARAN ILMIAH DAN PERFORMANCE ARGUMENTASI*. Masters thesis, Universitas Lampung.
- Jariwala, D., Sangwan, V.K., Lauhon, L.J., Marks, T.J., dan Hersma, M.C. (2013). Carbon Nanomaterials for electronic, Optoelectronics, Photovoltaics dan Sesing. *Chen. Soc. Rev* 42(7) 2824-2860
- Jasmi, L., Marjuni, M., Pohan, N. R., Asrizal, & Mufit, F. (2023). The Effect of STEM Integrated Science Innovative Learning Model on Students' Critical

- Thinking Skills: A Meta-Analysis. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(10), 841–848. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i10.4390>
- Kazu, I. Y., Kurtoglu Yalcin, C. (2021). The Effect of STEM Education on Academic Performance: A Meta-Analysis Study. *Turkish Online J. Educ. Technol*, 20(4), 101–116. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/355238693_The_Effect_of_Stem_Education_on_Academic_Performance_A_Meta-Analysis_Study
- Kemdikbud. (2022). *Standar kompetensi Lulusan Pendidikan Piaud, Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah*. 10. jdih.kemdikbud.go.id
- Lee, S., Kim, N., Lee, Y., & Lee, S. (2017). A meta-analysis of the effect for creativity, creative problem solving abilities in STEAM. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(1), 87-101. Retrieved from <http://koreascience.or.kr/article/JAKO201713842131854>
- Meityastuti, I., Ariyadi. W. (2022). Pengembangan LKPD model PBL berbasis STEM dengan menggunakan aplikasi desmos untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis. *Jurnal Pedagogik Matematika*. DOI: <https://doi.org/10.21831/jpm.v8i1.18555>
- Pasaribu, A.I., Indra, S.L., Rosane, M. (2022). Analisis Kebutuhan Pengembangan LKPD Berbasis STEM untuk Melatih Berpikir Kritis Materi Elastisitas dan Hukum Hooke. **Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika** . Vol 6 No. 3. <https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/jipf/article/view/5383>
- Prawiradilaga, Dewi Salma. 2012. *Wawasan Teknologi Pendidikan*. Jakarta: Kencana Prenada Media Group
- Permata, Indah. (2023). PENGARUH PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN PROJECT BASED LEARNING TERHADAP PENINGKATAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA PADA PELAJARAN IPA KELAS V SD BABUSSALAM PEKANBARU. Skripsi. UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
- Prastiawan, F. (2023) *PENGEMBANGAN LKPD PEMBELAJARAN FISIKA BERBASIS STEM-PJBL PADA MATERI ENERGI TERBARUKAN*. Sarjana thesis, UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA.
- Prastowo, A. (2012). *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta: Diva Press.

- Purwaningsih, E., Sari, AM, Yuliati, L., Masjkur, K., Kurniawan, BR, & Zahiri, MA (2020). Meningkatkan keterampilan pemecahan masalah melalui pengembangan bahan ajar model STEM-PjBL (science, technology, engineering, and Mathematics-project based learning) yang terintegrasi dengan TPACK (technological pedagogis content knowledge). *Jurnal Fisika: Konferensi Seri*, 1481(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1481/1/012133>
- Purwati, S., Mona. S. (2021). PENGEMBANGAN LKPD ELEKTRONIK DENGAN PENDEKATAN STEM BERBASIS PROJECT-BASED LEARNING MATERI ENERGI DAN PEMANFAATANNYA. *JURNAL TAMAN CENDEKIA VOL. 05 NO. 02*.
- Rabbani, GF, Abdurrahman, Ertikanto, C., Herlina, K., Rosidin, U., Umam, AN, Nurjanah, A., Chairunnisya, S., Sulistiani, & Azizah, M. (2023). Strategi Design Thinking PjBL-STEM Terintegrasi dalam Program Pembelajaran: Analisis Kebutuhan untuk Merangsang Keterampilan Kreatif Pemecahan Masalah pada Topik Energi Terbarukan. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(11), 9776–9783. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i11.5708>
- Rahmania, I. (2021). Pembelajaran Berbasis Proyek (PjBL) Model Pembelajaran dengan Pendekatan STEM dalam Pembelajaran IPA Abad 21. *Institut Penelitian dan Kritikus Internasional Budapest (BIRCI-Journal): Humaniora dan Ilmu Sosial*, 4(1), 1161–1167. <https://doi.org/10.33258/birci.v4i1.1727>
- Ramos, J. L. S., Dolipas, B. B., & Villamor, B. B. (2013). Higher order thinking skills and academic performance in physics of college students: a regression analysis. *International Journal of Innovative Interdisciplinary Research*, 4, 48-60. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/333506487_Higher_Order_Thinking_Skills_and_Academic_Performance_in_Physics_of_College_Students_A_Regression_Analysis.
- Saefudin, A & Berdiati, I. (2014). *Pembelajaran Efektif*. Bandung: PT Remaja Roskadarya.
- Sugiyono, Prof. Dr. (2007). *Statistika untuk penelitian*. Bandung : CV. Alfabeta
- Syarah Syahiddah, D., Dwi Aristya Putra, P., & Supriadi, B. (2021). Pengembangan LKPD Fisika Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) pada Materi Bunyi di SMA/MA. *Jurnal Literasi Pendidikan Fisika (JLPF)*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.30872/jlpf.v2i1.438>

- Sopa, Nur & Mardiana, Dinny & Ahmatika, Deti. (2023). PENGEMBANGAN LKPD MODEL PJBL BERBASIS STEM UNTUK MENUMBUHKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS. *PERISAI: Jurnal Pendidikan dan Riset Ilmu Sains*. 2. 320-329. 10.32672/perisai.v2i3.458.
- Tibahary, A. R. (2018). Model-Model Pembelajaran Inovatif Muliana. *Scolae: Journal of Pedagogy*, 1(03), 54–64.
- Widoyoko. Eko Putro. 2010. “Evaluasi Program Pembelajaran” Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Wijayanti, R., & Siswanto, J. (2020). Profil Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA pada Materi Sumber-sumber Energi. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 11(1), 109-113. doi:<https://doi.org/10.26877/jp2f.v11i1.5533>
- Yani, F., Hardeli, & Melindra Mulia. (2023). Pengembangan LKPD Terintegrasi Steam-PjBl Pada Materi Sel Volta Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Kelas XII SMA/MA. *Jurnal Pendidikan Kimia FKIP Universitas Halu Oleo*, 8(2), 83–94. <https://doi.org/10.36709/jpkim.v8i2.18>
- Yaumi, M. (2014). Pendidikan Karakter: Landasan, Pilar & Implementasi. Jakarta: Prenadamedia Group.