

**PENGEMBANGAN E-LKPD BERBASIS PBL DENGAN
PENDEKATAN STEM BERBANTUAN *MEMBERAN
NANOFIBER* UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN
BERPIKIR KREATIF SISWA**

TESIS

Oleh:

ARDI

NIM: 06052682226008

Program Studi Magister Pendidikan Fisika



FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024


**PENGEMBANGAN E-LKPD BERBASIS PBL DENGAN
PENDEKATAN STEM BERBANTUAN MEMBRAN NANOFIBER
UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KREATIF
SISWA**

TESIS

**Oleh
Ardi
NIM: 06052682226008**

Mengesahkan:

Pembimbing 1,


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

Pembimbing 2,

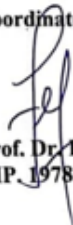

**Dr. Leni Marlina, S. Pd., M.Si.
NIP. 197708052001122001**



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

Mengetahui:

Koordinator Program Studi,


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

**PENGEMBANGAN E-LKPD BERBASIS PBL DENGAN
PENDEKATAN STEM BERBATUAN MEDIA MEMBERAN
NANOFIBER UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR KREATIF SISWA**

TESIS

oleh


Ardi

NIM: 06052682226008


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

**PENGEMBANGAN E-LKPD BERBASIS PEL DENGAN
PENDEKATAN STEM BERBATUAN MEDIA. MEMBERAN
NANOFIBER UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN
BERPIKIR KREATIF SISWA.**

TESIS

Oleh

Ardi

NIM: 06052682226008

Program Studi Magister Pendidikan Fisika


Telah diujikan dan lulus pada

Hari : Rabu

Tanggal : 24 Juli 2024

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

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ardi

NIM : 06052682226021

Program studi : Magister Pendidikan Fisika

Menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa tesis yang berjudul “Pengembangan E-LKPD Berbasis PBI dengan Pendekatan STEM Berbantuan *Membran Nanofiber* untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa” ini benar-benar karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan dan 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, 29 Juli 2024

Yang membuat pernyataan



Ardi

PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Pengembangan E-LKPD Berbasis PBL dengan Pendekatan STEM Berbantuan Media *Membran Nanofiber* untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa”. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister Pendidikan (M.Pd) pada program studi Magister Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sriwijaya.

Proses penulisan tesis ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak sehingga penulisan tesis ini dapat terselsaikan. Oleh karena itu, perkenankan penulis mengucapkan banyak terimakasih, kepada :

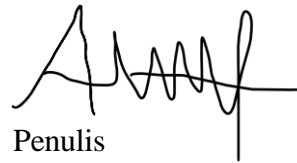
1. Bapak Dr. Hartono, M.A, selaku Dekan FKIP Universitas Sriwijaya dan seluruh dosen Magister Pendidikan Fisika, tim penguji yang telah memberikan sejumlah saran untuk perbaikan tesis ini, teman-teman angkatan 2021 Magister Pendidikan Fisika atas kekompakan dan kekeluargaanya selama perkuliahan serta semua teman-teman yang telah membantu dan memotivasi saya dalam menyelesaikan tesis ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.
2. Prof. Dr. Ida Sriyanti, S.Pd., M.Si selaku dosen pembimbing 1 dan selaku Koordinator Program Studi Magister Pendidikan Fisika yang telah memberikan bantuan, dukungan dan kemudahan administrasi kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
3. Dr. Leni Marlina, S.Pd., M.Si sebagai dosen pembimbing II yang dengan sabar membimbing, memberikan motivasi, memberikan waktu, masukan dan saran dan memfasilitasi ruang bagi penulis untuk menyelesaikan teisis ini.
4. Dr. Muhammad Jhoni, M.Pd selaku Kepala Madrasah MA PP Ahlul Quran Palembang, yang telah memberikan motivasi untuk melanjutkan kuliah S2 dan telah memberikan izin bagi penulis untuk menyelesaikan tesis ini.
5. Ustad Kgs. Adlan Maghfur, MH, Al-Hafidz selaku Pimpinan Pondok Pesantren Ahlul Quran Palembang, yang telah membantu pembiayaan dan

memberikan dukungan untuk menempuh pendidikan di Program Magister Pendidikan Fisika.

6. Ungkapan terimakasih yang sangat besar penulis persembahkan kepada kedua orangtua saya Bpk. Toharudin dan Almh. Ibu Rusna dan metua saya Bpk Ali Subarli dan Ibu Nyayu Nurlela yang telah memberikan dukuang dan doa kepada penulis,
7. Ungkapan romantis dan sayang penulis persembahkan kepada istri tercinta Ade Pratiwi dan Putraku yang masih di dalam kandungan, doa dan pengorbanan kalian memberikan semangat dan membangkitkan semangat untuk menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata, semoga tesis ini dapat bermanfaat untuk pembelajaran bidang studi pendidikan fisika dan pengembangan ilmu pengetahuan, teknologi dan seni. Serta dapat digunakan sebagai referensi untuk dunia pendidikan khususnya dalam proses pembelajaran fisika.

Palembang, Juni 2024



Penulis

Ardi

DAFTAR ISI

HALAMAN DEPAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
PERNYATAAN	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
ABSTRAK	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Masalah	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pengertian Media Pembelajaran	6
2.2 Pengertian desain pembelajaran	6
2.3 Pengertian belajar dan mengajar	7
2.4 Pengertian E-LKPD	8
2.4.1 Tujuan E-LKPD	9
2.5 Model-Model Pembelajaran	9
2.5.1 Model pembelajaran <i>Inquiry</i>	10
2.5.2 Model pembelajaran PBL	10
2.5.2 Model pembelajaran PjBl	11
2.6 Pendekatan STEM	11
2.6.1 Konsep pembelajaran STEM	13
2.7 Pengertian Membran Nanofiber	14
2.8 Penelitian pengembangan	15
2.8.1 Pengertian penelitian pengembangan	15
2.8.2 Model penelitian pengembangan	15
2.8.3 Model pengembangan Rowntree	16

2.9 Evaluasi Formatif	17
2.10 Berpikir Kreatif	17
2.11 Penelitian relevan	19
2.12 Kerangka berpikir penelitian	20
BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1 Metode pengembangan	22
3.2 Tempat dan waktu penelitian	22
3.3 Subjek penelitian	22
3.4 Prosedur pengembangan	23
3.4.1 Tahap perencanaan	23
3.4.2 Tahapa pengembangan	23
3.4.3 Tahap evaluasi	24
3.5 Instrumen pengumpulan data	27
3.5.1 <i>walktrough</i>	27
3.5.2 Lembar validasi dan kepraktisan	27
3.5.3 Angket/kuisisioner	28
3.5.4 Tes.....	30
3.6 Teknik analisis data	31
3.6.1 Analisis data lembar validasi	31
3.6.2 Analisis data lembar angket	32
3.7 Validasi soal	33
3.7.1 Analisis validasi soal	33
3.7.2 Analisis Reabilitas soal	34
3.8 Uji Normalitas Kolomogorov-Simonov	34
3.9. Analisis Hasil Belajar	35
BAB IV HASIL DAN KESIMPULAN	36
4.1 Hasil penelitian	36
4.1.1 Deskripsi hasil tahap penelitian	36
4.1.1.2 Pengembangan topik	36
4.1.1.3 Penyusun draft	36
4.1.2.4 Produksi prototipe	37
4.1.2.5 Deskripsi hasil tahap evaluasi	38
4.1.2.5.1 Self Evaluation	38

4.1.2.5.2 <i>Expert Review</i>	39
4.1.2.5.3 Hasil <i>one-to-one</i>	43
4.1.2.5.4 Hasil <i>Small Group</i>	44
4.3.5 Field Test	45
4.3.5.1 Uji validitas	45
4.3.5.2 Uji reabilitas	46
4.3.5.3 Analisis <i>N-Gain</i>	46
4.1.5.3 Deskripsi data <i>pretetst</i> dan <i>posttest</i>	47
4.1.5.4 Uji Normalitas <i>Kologorov-Simonov</i>	47
4.1.5.4 Uji Homogenitas	48
4.1.5.5 Uji <i>independent sample t Test</i>	48
4.2 Pembahasan	48
4.2.1 Tahap perencanaan	50
4.2.2 Tahap pengembangan	52
4.2.3 Tahap evaluasi	52
BAB V KESIMPULAN	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTKA	60
LAMPIRAN	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel aspek berpikir kretaif	13
Tabel 3.1 Kisi-kisi instrumen validasi isi	22
Tabel 3.2 Kisi-kisi instrumen validasi bahasa	22
Tabel 3.3 Kisi-kisi instrumen validasi berpikir kreatif	23
Tabel 3.4 Kisi-kisi lembar angket peserta didik	23
Tabel 3.5 Skala Likert validasi ahli	26
Tabel 3.7 Angket tanggapan peserta didik	27
Tabel 3.8 Kategori E-LKPD	28
Tabel 3.9 Analisis data tes	28
Tabel 3.10 Klasifikasi Gain	29
Tabel 4.1 Hasil Self Evaluation	32
Tabel 4.2 Hasil validasi oleh expert review	33
Tabel 4.3 Komentar dan sara expert review	34
Tabel 4.4 Komentar dan sara peserta didik	38
Tabel 4.5 Kometar dan saran peserta didik	38
Tabel 4.6 Data hasil penelitian	39
Tabel 4.7 Data uji normalitas	41
Tabel 4.8 Uji homogenitas	42
Tabel 4.9 Perbedaan hasil pada kelas eksperimen eksperimen	42
Tabel 4.10 Perbendaan hasil kelas kontrol	42
Tabel 4.11 Data diskriptif dan ancova Postest	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alur teknik evaluasi Tessmer	12
Gambar 2.2 Kerangka berpikir penelitian	16
Gambar 3.1 Prosedur penelitian pengembangan Rowntree dan Tessmer	21
Gambar 4.1 Hasil pretest dan posttest pada indikator berpikir kreatif	43
Gambar 4.2 Keterampilan berpikir kreatif <i>pretest</i>	55
Gambar 4.3 Keterampilan berpikir kreatif <i>postttest</i>	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran <i>story board</i>	69
Lampiran B1. Modul ajar	74
Lampiran B2. Analisis kebutuhan	78
Lampiran B3. Instrumen validasi ahli	80
Lampiran B4. Lembar angket tanggapan peserta didik.....	84
Lampiran B5 tanggapan <i>one-to-one</i>	87
Lampiran B6. Tanggapan peserta didik	91
Lampiran B7. Tanggapan <i>Small Group Evaluation</i>	94
Lampiran B8. Validitas butir soal	99
Lampiran B9. Uji normalitas kolmogorov-simonov	100
Lampiran B10. Uji Homogenitas	101
Lampiran B11. Uji T test pada pretest	102
Lampiran B12. Uji T test pada posttest	103
Lampiran B13 Uji N-Gain	104
Lampiran B14. Hasil <i>pretest</i> dan <i>posttest</i> kelas eksperimen dan kontrol	106
Lampiran B15. Lembar Jawaban Peserta Didik	107
Lampiran B16 Dokumentasi	108
Lampiran B15. SK pembimbing	110
Lampiran B13. SK Validator	111
Lampiran B14. SK izin penelitian FKIP	112
Lampiran B15. SK izin penelitian kantor kemenag palembang	113
Lampiran B16. SK izin penelitian MA PP Ahlul Quran Palembang	114
<i>Letter of Acceptance</i> (LoA)	115
Buku bimbingan tesis	116

PENGEMBANGAN E-LKPD BERBASIS PBL DENGAN PENDEKATAN STEM BERBANTUAN *MEMBRAN NANOFIBER* UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KREATIF SISWA

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan E-LKPD berbasis PBL dengan pendekatan STEM berbantuan media *Membran Nanofiber* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa yang valid, praktis dan efektif. Sampel pada penelitian ini menggunakan dua kelas yaitu kelas eksperimen dan kontrol. Model penelitian dan pengembangan yang digunakan adalah model pengembangan Rowntree dengan tahap evaluasi menggunakan evaluasi formatif Tesser. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah lembar validasi, angket, soal pretest dan posttest. Analisis hasil validasi dan kepraktisan E-LKPD dianalisis berdasarkan skor kriteria. Analisis validitas dengan menggunakan rumus *product moment* dengan r tabel taraf signifikansi 5% sebesar 0,758 maka diperoleh data lebih besar dari r tabel dan soal dinyatakan valid, nilai reliabilitas sebesar 0,782. Hasil penelitian menunjukkan bahwa E-LKPD berbasis PBL dengan pendekatan STEM berbantuan media *Membran Nanofiber* memenuhi kriteria sangat valid dan sangat praktis. Untuk keefektifan E-LKPD dihitung dengan analisis normalitas *N-Gain*. Untuk mengetahui pengaruh E-LKPD berbasis PBL dengan pendekatan STEM berbantuan membran nanofiber terhadap kemampuan berpikir kreatif dihitung dengan menggunakan uji *independent t tes* dan ANCOVA. Untuk keefektifan E-LKPD didapatkan rata-rata (pretest) sebesar 43,81 dan rata-rata (posttest) sebesar 80,72 pada kelas eksperimen analisis *N-Gain* sebesar 0,6. Pada kelas kontrol 41,27 (pretest) 67,90 (posttest) analisis *N-Gain* sebesar 0,4. Berdasarkan hasil dari *F test* ($F= 13,844$) didapatkan hasil nilai ($\text{sig. } 0.000$) Nilai signifikansi < 0.05 , sehingga dapat disimpulkan ada pengaruh yang signifikan kelas eksperimen berbantuan *Membran Nanofiber* dan kelas kontrol pada hasil *post-test* kemampuan berpikir kreatif siswa.

Kata kunci : E-LKPD, PBL, STEM, Membran Nanofiber, Berpikir Kreatif

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki sumber daya alam yang melimpah yang dapat digunakan sebagai sumber keberlangsungan hidup, akan tetapi sumber daya tersebut semakin menipis (Ridwan et al., 2021). Peningkatan jumlah populasi dan pertumbuhan ekonomi global mengakibatkan permintaan energi terus meningkat setiap tahunnya, sehingga sumber daya energi yang terbatas seperti bahan bakar fosil semakin cepat terkuras habis (Liarakou et al., 2021). Di sisi lain, penggunaan bahan bakar fosil juga berdampak buruk bagi lingkungan, seperti polusi udara dan pemanasan global (Hiğde, 2022). Untuk mengatasi hal tersebut guru Fisika memiliki peran yang sangat penting untuk menjelaskan tentang konsep energi terbarukan kepada siswa dan mengaitkan langsung materi sumber energi terbarukan dengan lingkungan (Demirbağ & Yilmaz, 2020). Guru dapat menjadi teladan bagi siswa untuk mempraktikkan penggunaan energi terbarukan di kelas, sehingga siswa tertarik untuk belajar energi terbarukan serta mampu meningkatkan kreativitas siswa (İzgi onbaşıllı, 2020). Oleh karena itu pembelajaran di kelas harus berfokus pada energi terbarukan, sehingga siswa termotivasi untuk mempelajari prinsip-prinsip energi terbarukan secara menyeluruh dan dapat menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari (Adriyawati et al., 2020). Berdasarkan hasil kuisioner yang disebarkan kepada peserta didik menyatakan bahwa 85% kurangnya sumber belajar, 75% materi sulit untuk dipahami, 72% pembelajaran masih menggunakan metode konvensional, 85% kesulitan menganalisis pertanyaan. Hal ini menunjukkan bahwa rendahnya keterampilan berpikir kreatif.

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas tentang metode guru menjelaskan konsep energi terbarukan di kelas, misalnya menggunakan video, animasi dan persentasi slide *power point* (Berber, 2021). Namun pembelajaran yang dilakukan kurang menarik karena siswa hanya mempelajari teori yang dijelaskan tanpa diperlihatkan secara langsung melalui demonstrasi proyek-proyek energi terbarukan, sehingga tidak terlihat peningkatan berpikir kreatif siswa yang menjadi indikator keterampilan abad ke 21 (Mihladız Turhan & Açık Demirci, 2021; Wahyu et al., 2020). Berpikir kreatif diperlukan dalam pembelajaran fisika untuk memahami konsep, persamaan matematis dan jenis penerapan teknologi dalam kehidupan (Wahyu et al., 2020). Siswa dipersiapkan untuk menghadap tantangan zaman tidak hanya terletak pada kemampuan akademik yang baik tetapi juga harus memiliki keterampilan untuk menghadapi tantangan abad ke 21. Kemudian siswa mampu

menguasai keterampilan abad ke 21 seperti berpikir kreatif, kreatif, kolaborasi, komunikasi dan menguasai teknologi sehingga dapat membantu siswa untuk menghadapi berbagai tantangan di masa depan (Rizaldi et al., 2020). Namun pada hasil penelitian yang dilakukan oleh PISA (*Programme for International Students Assessment*) pada tahun 2023 sebagaimana dilansir oleh OECD (*Organization for Economic Cooperation and Development*) bahwa kemampuan berpikir kreatif peserta didik di Indonesia masih tergolong rendah. Indonesia mendapatkan skor 398 pada kemampuan sains dan menduduki peringkat 68 terbawah dari 81 negara yang diteliti (Sekar Ajeng Ananingtyas et al., 2022). Kemampuan berpikir kreatif sangat penting dimiliki oleh siswa terutama generasi muda agar memiliki pengetahuan pengetahuan terkait sains dan teknologi. Selain itu pendidikan di Indonesia semenjak tahun 2018 sudah menggunakan soal-soal berbasis HOTS (*Higher Order Thinking Skills*) yang menyebabkan ujian nasional di sejumlah sekolah menurun (Usada et al., 2022). Salah satu pembelajaran yang dapat menjawab permasalahan tersebut adalah dengan mengembangkan E-LKPD berbasis *Project Based Learning* (PBL) terintegrasi *Science, Technology, Engineering, and Mathematic* (STEM) (Sekar Ajeng Ananingtyas et al., 2022).

E-LKPD berbasis PBL-STEM adalah salah satu jenis bahan ajar yang memberikan banyak kemudahan bagi guru maupun siswa (Kuo et al., 2019). E-LKPD berbasis PBL-STEM merupakan kesatuan dari *elektronik based e-learning* dalam penggunaan teknologi data serta komunikasi, lebih tepatnya berbentuk elektronik. Pengoperasian E-LKPD berbasis PBL-STEM tidak hanya menggunakan akses internet, melainkan bisa diakses tanpa ada koneksi internet (offline). E-LKPD berbasis PBL-STEM yang terbuat dalam elektronik memperoleh keuntungan berbentuk bisa mengirit perlengkapan tulis yang terdapat semacam kertas sehingga secara tidak langsung turut menolong dalam menanggulangi permasalahan limbah kertas (1). Dengan demikian, E-LKPD berbasis PBL-STEM bisa jadi salah satu alternatif bahan ajar di yang bisa meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa. Sedangkan Ilmu Fisika ialah ilmu yang menekuni keadaan alam serta sekitarnya yang bisa diamati lewat eksperimen, observasi, ataupun uji coba yang dicoba (Naini, 2019).

E-LKPD berbasis PBL-STEM memiliki tujuan untuk mempersiapkan siswa yang mampu memahami tentang teknologi, dapat berpikir sistematis, mampu berkomunikasi dengan baik dan kreatif dalam menyelesaikan masalah (Büyükdede & Tanel, 2019). E-LKPD berbasis PBL-STEM tidak hanya mengetahui singkatan dari STEM tetapi juga

merupakan suatu cabang ilmu yang dapat di implementasikan di dalam kelas dan dapat mendukung kemampuan siswa untuk berkarir dimasa depan (Parno et al., 2020). Siswa harus aktif dalam mencari informasi tentang teknologi yang bisa digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Namun pada kenyataannya masih banyak guru yang belum menerapkan pembelajaran menggunakan E-LKPD berbasis PBL-STEM di kelas, guru hanya menjelaskan materi tanpa mengaitkan pembelajaran tersebut dengan pendekatan STEM. Oleh karena itu E-LKPD berbasis PBL-STEM menjadi dasar dalam meningkatkan kreativitas siswa (Hasanah, 2020).

Eksperimen yang dipilih dalam pengembangan E-LKPD berbasis PBL-STEM pada materi energi terbarukan dengan membuat mini *car* dan baterai *ion lithium* dari *Membran Nanofiber* yang terbuat dari limbah cangkang kelapa sawit (CKS). Superkapasitor dari membran PAN/CKS nanofiber memiliki siklus penyimpanan ± 5000 kali (Jauhari et al., 2021). *Membran Nanofiber* digunakan sebagai media praktikum yang efektif dan dapat digunakan guru untuk mempraktikkan materi energi terbarukan alternatif di kelas. Selain itu, guru dan siswa dapat dengan mudah untuk mencari tempurung kelapa sawit yang sumbernya sangat melimpah ruah yang tersebar di Indonesia (Sriyanti et al., 2020). Penelitian ini dapat memberikan peran yang besar bagi masyarakat dan guru di Indonesia, terutama pada era kurikulum mardeka yang menekankan berpikir kreatif dalam proses belajar mengajar.

Secara keseluruhan, penelitian ini terus berkembang dan menunjukkan potensi besar bahwa E-LKPD berbasis PBL-STEM dapat meningkatkan hasil belajar dan kemampuan berpikir kreatif siswa. Namun, penelitian tentang pembuatan dan implementasi E-LKPD berbasis PBL-STEM menggunakan *Membran Nanofiber* belum pernah ditemukan. Untuk mengatasi masalah tersebut pengembangan E-LKPD berbasis PBL-STEM pada materi energi terbarukan menggunakan *Membran Nanofiber* sebagai sistem penyimpanan energi (superkapasitor). *Membran Nanofiber* terbuat dari serat-serat halus yang memiliki skala yang sangat kecil yaitu nanometer (Jauhari et al., 2021). *Membran Nanofiber* memiliki sifat konduktif yang dapat menghasilkan arus listrik yang tinggi, karena memiliki kandungan unsur *lignoselulosa* (karbon) (Almafie et al., 2022). *Membran Nanofiber* dapat digunakan sebagai sumber energi yang dapat diperaga oleh guru di kelas (Sriyanti et al., 2021).

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu dan kebutuhan dalam proses pembelajaran peneliti saat ini tertarik untuk melakukan penelitian terkait **“Pengembangan**

E-LKPD Berbasis PBL dengan Pendekatan STEM Berbantuan Media *Memberan Nanofiber* untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengembangan E-LKPD berbasis PBL dengan pendekatan STEM berbantuan media memberan nanofiber untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa yang valid?
2. Bagaimana pengembangan E-LKPD berbasis PBL dengan pendekatan STEM berbantuan media memberan nanofiber untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa yang praktis?
3. Bagaimana pengembangan E-LKPD berbasis PBL dengan pendekatan STEM berbantuan media memberan nanofiber untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa yang efektif?

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan E-LKPD berbasis PBL dengan pendekatan STEM berbantuan media memberan nanofiber untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa yang valid?
2. Menghasilkan E-LKPD berbasis PBL dengan pendekatan STEM berbantuan media memberan nanofiber untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa yang praktis.
3. Menghasilkan E-LKPD berbasis PBL dengan pendekatan STEM berbantuan media memberan nanofiber untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif siswa yang efektif.

1.3 Manfaat Penelitian

1. Bagi pendidik, agar dapat digunakan untuk mengetahui dan meningkatkan kreativitas siswa.

2. Bagi peserta didik, agar dapat melatih dan meningkatkan kreativitas dalam melakukan eksperimen.
3. Bagi peneliti, agar dapat menambah pengetahuan dan pengalaman untuk diterapkan kepada siswa.
4. Bagi peneliti lain, penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk kajian lebih mendalam dan berguna untuk diterapkan sebagai pendidik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, A., Ayu, C., 2, S., & Jalmo, T. (2019a). Implementating Multiple Representation-Based Worksheet to Develop Critical Thinking Skills. *Journal of Turkish Science Education*, 16(1), 138–155. <https://doi.org/10.12973/tused.10271a>
- Abdurrahman, A., Ayu, C., 2, S., & Jalmo, T. (2019b). Implementating Multiple Representation-Based Worksheet to Develop Critical Thinking Skills. *Journal of Turkish Science Education*, 16(1), 138–155. <https://doi.org/10.12973/tused.10271a>
- Abdurrahman, A., Maulina, H., Nurulsari, N., Sukamto, I., Umam, A. N., & Mulyana, K. M. (2023). Impacts of integrating engineering design process into STEM makerspace on renewable energy unit to foster students' system thinking skills. *Heliyon*, 9(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15100>
- Adony Natty, R., Kristin, F., Anugraheni, I., Kristen Satya Wacana, U., & Tengah, J. (2019). *Peningkatkan Kreativitas Dan Hasil Belajar Siswa Melalui Model Pembelajaran Project Based Learning Pada Siswa Sekolah Dasar* (Vol. 3, Issue 4). <https://jbasic.org/index.php/basicedu>
- Adriyawati, Utomo, E., Rahmawati, Y., & Mardiah, A. (2020a). Steam-project-based learning integration to improve elementary school students' scientific literacy on alternative energy learning. *Universal Journal of Educational Research*, 8(5), 1863–1873. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080523>
- Adriyawati, Utomo, E., Rahmawati, Y., & Mardiah, A. (2020b). Steam-project-based learning integration to improve elementary school students' scientific literacy on alternative energy learning. *Universal Journal of Educational Research*, 8(5), 1863–1873. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080523>
- Aköz, O., Çeliker, H. D., & Genç, H. (2022). A Course Content Designed In Accordance With The 5e Teaching Model Within The Scope Of Stem Learning Approach In Environmental Education Course: My Smart Greenhouse. *European Journal of Education Studies*, 9(4). <https://doi.org/10.46827/ejes.v9i4.4263>
- Almafie, M. R., Marlina, L., Riyanto, R., Jauhari, J., Nawawi, Z., & Sriyanti, I. (2022). Dielectric Properties and Flexibility of Polyacrylonitrile/Graphene Oxide Composite Nanofibers. *ACS Omega*, 7(37), 33087–33096. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c03144>
- Ananda, R. W., & Soro, S. (2023). *Pengaruh Penggunaan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-Lkpd) Terhadap Hasil Belajar Matematika Di Sma Hang Tuah 1 Jakarta*. 4(2). <https://doi.org/10.46306/lb.v4i2>
- Artiniasih, N. K. S., Agung, A. A. G., & Sudatha, I. G. W. (2019). Pengembangan Elektronik Modul Berbasis Proyek Mata Pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam Kelas VIII Sekolah Menengah Pertama. *Edutech*, 7(1), 54–65.

- Bahtaji, M. A. A. (2021). The role of math and science exposure on the effect of 5e instructional model in physics conceptions. *Journal of Baltic Science Education*, 20(1), 10–20. <https://doi.org/10.33225/jbse/21.20.10>
- Berber, A. (2021). How do Candidate Science Teachers Solve Environmental Problems? *Shanlax International Journal of Education*, 9(4), 247–258. <https://doi.org/10.34293/education.v9i4.4143>
- Büyükdede, M., & Tanel, R. (2019). Effect of the stem activities related to work-energy topics on academic achievement and prospective teachers' opinions on stem activities. *Journal of Baltic Science Education*, 18(4), 507–518. <https://doi.org/10.33225/jbse/19.18.507>
- DEMİRBAĞ, M., & YILMAZ, Ş. (2020). Preservice Teachers' Knowledge Levels, Risk Perceptions and Intentions to Use Renewable Energy: A Structural Equation Model. *Journal of Education in Science, Environment and Health*. <https://doi.org/10.21891/jeseh.625409>
- Diantoro, A., Rohman, M., Budiarti, R., Palupi, H. T., Pangan, T., Universitas, P., & Pasuruan, Y. (2015). Pengaruh Penambahan Ekstrak Daun Kelor (*Moringa Oleifera* L.) Terhadap Kualitas Yoghurt. In *Jurnal Teknologi Pangan* (Vol. 6, Issue 2).
- Dwika, W., Putra, P., Agung, A., Oka Dharmayudha, G., & Sudimartini, L. M. (2016). Identifikasi Senyawa Kimia Ekstrak Etanol Daun Kelor (*Moringa oleifera* L) di Bali (Identification Of Chemical Compounds Ethanol Extract Leaf *Moringa (Moringa Oleifera* L) In BALI). *Indonesia Medicus Veterinus Oktober*, 5(5), 464–473.
- Febriani, S., Sudomo, J., & Setianingsih, W. (n.d.). *Development Of Student Worksheet Based On Problem Based Learning Approach To Increase 7 Th Grade Student's Creative Thinking Skills*.
- Fina, I. D., Mustaji, M., & Dewi, U. (2023). Analisis Kebutuhan e-LKPD Berbasis Problem Based Learning Terhadap Pembelajaran IPA SMP Kelas VIII. *ORYZA (JURNAL PENDIDIKAN BIOLOGI)*, 12(2), 173–181. <https://doi.org/10.33627/oz.v2i2.1379>
- Gogoulou, A., & Grigoriadou, M. (2021). Educating Students in Technology Enhanced Learning Design by Interweaving Instruction and Assessment. *Informatics in Education*, 20(3), 421–438. <https://doi.org/10.15388/infedu.2021.17>
- Hasanah, U. (2020). The Effectiveness of STEM Education for Overcoming Students' Misconceptions in High School Physics: Engineering Viewpoint. *Science Education International*, 31(1), 5–13. <https://doi.org/10.33828/sei.v31.i1.1>

- Hiğde, E. (2022). An Interdisciplinary Renewable Energy Education: Investigating the Influence of STEM Activities on Perception, Attitude, and Behavior. *J.Sci.Learn.2022*, 5(2), 373–385. <https://doi.org/10.17509/jsl.v5i2.41864>
- Husamah, H., Suwono, H., Nur, H., & Dharmawan, A. (2022). Sustainable development research in Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education: A systematic literature review. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(5). <https://doi.org/10.29333/ejmste/11965>
- İzgi onbaşı, Ü. (2020). Investigation of the Effects of Out-of-School Learning Environments on the Attitudes and Opinions of Prospective Classroom Teachers about Renewable Energy Sources. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 6(1), 35–52. <https://doi.org/10.21891/jeseh.670049>
- Jauhari, J., Almafie, M. R., Marlina, L., Nawawi, Z., & Sriyanti, I. (2021). Physicochemical properties and performance of graphene oxide/polyacrylonitrile composite fibers as supercapacitor electrode materials. *RSC Advances*, 11(19), 11233–11243. <https://doi.org/10.1039/d0ra10257a>
- Kartikasari, M., Ismet, I., & Sriyanti, I. (2023). Development of an E-Module Based on the 5E Learning Cycle to Improve the Creative Thinking Abilities of Junior High School Students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(SpecialIssue), 121–129. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9ispecialissue.6528>
- Khoerunnisa, P., Syifa, & Aqwal, M. (2020). ANALISIS MODEL-MODEL PEMBELAJARAN. In *Jurnal Pendidikan Dasar* (Vol. 4, Issue 1). <https://ejournal.stitpn.ac.id/index.php/fondatia>
- Kuo, H. C., Tseng, Y. C., & Yang, Y. T. C. (2019). Promoting college student's learning motivation and creativity through a STEM interdisciplinary PBL human-computer interaction system design and development course. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.09.001>
- Liarakou, G., Konstantinidi, A., & Gavrilakis, C. (2021). Local renewable energy development: School teachers' perceptions, attitudes and teaching intentions. *Education Sciences*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/educsci11100589>
- Linda, D., Syahri, W., & Sugeng Triwahyudi, dan. (2023). Analisis Kebutuhan Pengembangan e-LKPD Berbasis STEM-PjBL pada Materi Koloid untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, XI, 2023(1), 75–83. <https://doi.org/10.21831/jpms.v11i.59399>
- Mardhatilah, R., Zaini, M., & Kaspul, K. (2022). Pengaruh LKPD-Elektronik sistem gerak terhadap hasil belajar dan keterampilan berpikir kritis peserta didik. *Practice of The Science of Teaching Journal: Jurnal Praktisi Pendidikan*, 1(2), 53–64. <https://doi.org/10.58362/hafecspost.v1i2.13>

- Marlina*, L., Paramitha, G. P., & Sriyanti, I. (2022). Development of Electronic Modules Based on Critical Thinking Skills on Vibration, Waves, and Sound Materials for Junior High School Students. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(2), 342–354. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v10i2.23844>
- Mihladız Turhan, G., & Açık Demirci, I. (2021). What Are the 21st-Century Skills for Pre-service Science and Mathematics Teachers: Discussion in the Context of Defined 21st-Century Skills, Self-skills and Education Curricula. *Journal of Educational Issues*, 7(1), 92. <https://doi.org/10.5296/jei.v7i1.18278>
- Muskita, M., Subali, B., & Djukri. (2020a). Effects of worksheets base the levels of inquiry in improving critical and creative thinking. *International Journal of Instruction*, 13(2), 519–532. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13236a>
- Muskita, M., Subali, B., & Djukri. (2020b). Effects of worksheets base the levels of inquiry in improving critical and creative thinking. *International Journal of Instruction*, 13(2), 519–532. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13236a>
- Naini, A. F. (2019). Kevalidan Lembar Kegiatan Siswa Berorientasi Keterampilan Proses Sains untuk Melatihkan Keterampilan Proses Sains. *Pendidikan Sains*, 7(2), 49–52.
- Oktiani, I. (2017). Kreativitas Guru dalam Meningkatkan Motivasi Belajar Peserta Didik. *Jurnal Kependidikan*, 5(2), 216–232. <https://doi.org/10.24090/jk.v5i2.1939>
- Ong, E. T., Luo, X., Yuan, J., & Yingprayoon, J. (2020). THE The Effectiveness of a Professional Development Program on the use of STEM-based 5E Inquiry Learning Model for Science Teachers in China. *Science Education International*, 31(2), 179–184. <https://doi.org/10.33828/sei.v31.i2.7>
- Othman, O., Iksan, Z. H., & Yasin, R. M. (2022). Creative Teaching STEM Module: High School Students' Perception. *European Journal of Educational Research*, 11(4), 2127–2137. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.11.4.2127>
- Parno, Yuliati, L., Munfaridah, N., Ali, M., Indrasari, N., & Rosyidah, F. U. N. (2020). The impact of STEM-based guided inquiry learning on students' scientific literacy in the topic of fluid statics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1481(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1481/1/012104>
- Pasaribu, K., Khairuna, K., Adlini, M. N., & Muchlas Abrori, F. (2023a). *Developing STEM students' worksheet to improve students' creative thinking ability*. <https://doi.org/10.22219/raden.v3i2.2>
- Pasaribu, K., Khairuna, K., Adlini, M. N., & Muchlas Abrori, F. (2023b). *Developing STEM students' worksheet to improve students' creative thinking ability*. <https://doi.org/10.22219/raden.v3i2.2>
- Rakhman, D. A., Hamdu, G., & Muharram, M. R. W. (2023). Analisis Kebutuhan Pengembangan E-LKPD Berbasis ESD untuk Materi Pemanasan Global di

- Sekolah Dasar. *EDUKATIF: JURNAL ILMU PENDIDIKAN*, 5(3), 1291–1299. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v5i3.4892>
- Ramadhani, S. P., MS, Z., & Fahrurrozi, F. (2021). Analisis Kebutuhan Desain Pengembangan Model IPA Berbasis Project Based Learning Untuk Meningkatkan Berpikir Kritis Siswa di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(4), 1819–1824. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i4.1047>
- Razis, A. F. A., Ibrahim, M. D., & Kntayya, S. B. (2014). Health benefits of Moringa oleifera. In *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention* (Vol. 15, Issue 20, pp. 8571–8576). Asian Pacific Organization for Cancer Prevention. <https://doi.org/10.7314/APJCP.2014.15.20.8571>
- Ridwan, M., Yuliani, H., & Syar, N. I. (2021). Pengembangan Prototipe Kincir Angin Savonius Menggunakan Bilah Baling Sel Surya Sebagai Media Pembelajaran Fisika. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 5(2), 239. <https://doi.org/10.20527/jipf.v5i2.2949>
- Riyasni, S., Purnama Yani, I., Kemala Sari, W., Negeri Padang, U., Hamka, J., Tawar Bar, A., Padang Utara, K., & Padang, K. (n.d.). Analisis Kebutuhan Pengembangan Bahan Ajar Digital Fisika Berbasis Project Based Learning Terintegrasi Pendekatan STEM. *Journal on Education*, 06(01), 5849–5858.
- Rizaldi, D. R., Nurhayati, E., & Fatimah, Z. (2020). The Correlation of Digital Literation and STEM Integration to Improve Indonesian Students' Skills in 21st Century. *International Journal of Asian Education*, 1(2), 73–80. <https://doi.org/10.46966/ijae.v1i2.36>
- Rizkika, M., Dwi, P., & Ahmad, N. (2022). Pengembangan E-LKPD Berbasis STEM pada Materi Tekanan Zat untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP Development of E-LKPD Based on STEM on Substance Pressure Materials to Improve Critical Thinking Skills for Junior High School Student. *Pancasakti Science Education Journal PSEJ*, 7(1), 41–48. <https://doi.org/10.4905/psej.v7i1.142>
- Romli, S., Abdurrahman, A., & Riyadi, B. (2018). Designing students' worksheet based on open-ended approach to foster students' creative thinking skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 948(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/948/1/012050>
- Satriawan, M. (2016). *Pengembangan Bahan Ajar Fisika Berbasis Kontekstual dengan Mengintegrasikan Kearifan Lokal untuk*. 6(1).
- Sekar Ajeng Ananingtyas, R., Ellang Sakti, R., Helmi Hakim, M., Nonggala Putra, F., Nahdlatul Ulama Blitar Jalan Masjid No, U., Blitar, K., & Timur, J. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Arduino pada Pembelajaran STEM dalam Meningkatkan Literasi Sains dan Digital. *BRILIANT: Jurnal Riset Dan Konseptual*, 7(1). <https://doi.org/10.28926/briliant>

- Setiawan, H. R., Rakhmadi, A. J., & Raisal, A. Y. (2021). Pengembangan Media Ajar Lubang Hitam Menggunakan Model Pengembangan Addie. *Jurnal Kumparan Fisika*, 4(2), 112–119. <https://doi.org/10.33369/jkf.4.2.112-119>
- Sriyanti, I., Edikresnha, D., Munir, M. M., Rachmawati, H., & Khairurrijal. (2017). Electrospun polyvinylpyrrolidone (PVP) nanofiber mats loaded by *Garcinia mangostana* L. Extracts. *Materials Science Forum*, 880, 11–14. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.880.11>
- Sriyanti, I., Marlina, L., Fudholi, A., Marsela, S., & Jauhari, J. (2021). Physicochemical properties and in vitro evaluation studies of polyvinylpyrrolidone/cellulose acetate composite nanofibres loaded with *Chromolaena odorata* (L) King extract. *Journal of Materials Research and Technology*, 12, 333–342. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.02.083>
- Sriyanti, I., Marlina, L., & Jauhari, J. (2020). Optimization of The Electrospinning Process for Preparation of Nanofibers From Poly (Vinyl Alcohol) (PVA) and *Chromolaena odorata* L. Extrac (COE). *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 16(1), 47–56. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v16i1.12629>
- Stephenson, L. (2023). Collective creativity and wellbeing dispositions: Children's perceptions of learning through drama. *Thinking Skills and Creativity*, 47. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101188>
- Stohs, S. J., & Hartman, M. J. (2015). Review of the safety and efficacy of *Moringa oleifera*. In *Phytotherapy Research* (Vol. 29, Issue 6, pp. 796–804). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/ptr.5325>
- Tressyalina, T., Noveria, E., Arief, E., Wulandari, E., & Ramadani, N. T. (2023). Analisis Kebutuhan E-LKPD Interaktif Berbasis Kearifan Lokal dalam Pembelajaran Teks Eksposisi. *Educaniora: Journal of Education and Humanities*, 1(1), 23–31. <https://doi.org/10.59687/educaniora.v1i1.1>
- Usada, N. I., Hakim, A., & Qadar, D. R. (2022). *Lkpd Berbasis Stem-5e Learning Cycle Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Pada Siswa Sma*.
- Wahyu, Y., Suastra, I. W., Sadia, I. W., & Suarni, N. K. (2020). The effectiveness of mobile augmented reality assisted STEM-based learning on scientific literacy and students' achievement. *International Journal of Instruction*, 13(3), 343–356. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13324a>
- Yulanda, V., Hamidah, A., & Anggereini, E. (2023). Development of Electronic Student Worksheets (E-LKPD) Based on Problem Based Learning as an Effort to Improve Critical Thinking of Grade VIII Middle School Students on Respiratory System Material. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(9), 7326–7332. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i9.4144>
- Zahara, M., Abdurrahman, A., Herlina, K., Widyanti, R., & Agustiana, L. (2021). Teachers' perceptions of 3D technology-integrated student worksheet on magnetic field material: A preliminary research on augmented reality in STEM

learning. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1796(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1796/1/012083>

