

**PEMBUATAN LKPD ELEKTRONIK BERMUATAN STEM
TENTANG PEMANASAN GLOBAL UNTUK PENINGKATAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA**



SAHRI ROPIAH LUBIS

NIM.21033119

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2025**

**PEMBUATAN LKPD ELEKTRONIK BERMUATAN STEM
TENTANG PEMANASAN GLOBAL UNTUK PENINGKATAN
KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan*



Oleh:

SAHRI ROPIAH LUBIS

NIM.21033119

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2025**

PERSETUJUAN SKRIPSI

PEMBUATAN LKPD ELEKTRONIK BERMUATAN STEM TENTANG PEMANASAN GLOBAL UNTUK PENINGKATAN KETERAMPILAN BEPIKIR KRITIS SISWA SMA

Nama : Sahri Ropiah Lubis
NIM : 21033119/2021
Program Studi : Pendidikan Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 14 November 2025

Mengetahui,
Kepala Departemen Fisika



Prof. Dr. Astizal, M.Si
NIP. 196606031992031001

Disetujui Oleh,
Pembimbing



Selma Riyasni, M.Pd
NIP. 199403292022032013

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Sahri Ropiah Lubis
NIM : 21033119/2021
Program Studi : Pendidikan Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

PEMBUATAN LKPD ELEKTRONIK BERMUATAN STEM TENTANG PEMANASAN GLOBAL UNTUK PENINGKATAN KETERAMPILAN BEPIKIR KRITIS SISWA SMA

Dinyatakan Lulus setelah dipertahankan di depan Tim Kontributor Skripsi
Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 14 November 2025

Tim Kontributor

	Nama
Ketua	: Selma Riyasni, M.Pd
Anggota	: Dra. Yurnetti, M.Pd
Anggota	: Dr. Fuja Novitra, M.Pd

Tanda tangan



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sahri Ropiah Lubis

NIM : 21033119/2021

Program Studi : Pendidikan Fisika

Departemen : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa, skripsi saya dengan judul "Pembuatan LKPD Elektronik Bermuatan STEM Tentang Pemanasan Global untuk Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA" adalah benar merupakan karya sendiri, bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya yang ditulis dan diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 14 November 2025

Diketahui oleh,
Kepala Departemen Fisika



Prof. Dr. Asrizal, M.Si
NIP. 196606031992031001

Saya yang menyatakan,



Sahri Ropiah Lubis
NIM. 21033119

ABSTRAK

Sahri Ropiah Lubis, 2025 : Pembuatan LKPD Elektronik Bermuatan STEM Tentang Pemanasan Global untuk Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA

Pendidikan di Indonesia saat ini sudah diarahkan untuk mengembangkan keterampilan abad ke-21. Salah satu keterampilan yang sangat dibutuhkan adalah keterampilan berpikir kritis, terutama dalam pembelajaran fisika. Fakta yang ditemukan menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis peserta didik masih tergolong kategori rendah. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan membuat LKPD elektronik yang bermuatan STEM untuk memfasilitasi keterampilan berpikir kritis siswa. Tujuan penelitian ini adalah mendeskripsikan karakteristik LKPD elektronik serta menghasilkan LKPD elektronik bermuatan STEM tentang pemanasan global untuk peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa yang valid dan praktis.

Penelitian yang dilakukan termasuk jenis penelitian *Research and Development* (R&D) dengan menggunakan model pengembangan 4-D (*Define, Design, Develop, Dessiminate*), namun penelitian ini dibatasi hanya sampai pada tahap pengembangan (*Develop*). Objek penelitian ini adalah LKPD elektronik bermuatan STEM tentang pemanasan global. Pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan tes keterampilan berpikir kritis, wawancara guru, menyebarkan angket kebutuhan peserta didik, melakukan uji validitas dan uji praktikalitas. Teknik analisis data yang dilakukan yaitu analisis kualitatif dan kuantitatif. Instrumen yang digunakan yaitu instrumen angket kebutuhan peserta didik, instrumen lembar wawancara, instrumen tes keterampilan berpikir kritis, instrumen validasi, dan instrumen praktikalisasi guru dan peserta didik.

Hasil uji validitas menunjukkan bahwa LKPD elektronik bermuatan STEM tentang pemanasan global tergolong dalam kategori valid dengan rata-rata 0,94 dan hasil uji praktikalitas tergolong dalam kategori sangat praktis dengan rata-rata 95% dari guru dan 92% dari siswa. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa LKPD elektronik bermuatan STEM tentang pemanasan global yang dikembangkan valid dan praktis.

Kata kunci : E-LKPD, STEM, berpikir kritis, pemanasan global

ABSTRACT

Sahri Ropiah Lubis, 2025 : Development of STEM-based Electronic LKPD on Global Warming to Improve Critical Thinking Skills of High School Students

Education in Indonesia is currently geared toward developing 21st-century skills. One of the most needed skills is critical thinking, especially in physics education. Findings show that students' critical thinking skills are still classified as low. One solution to overcome this problem is to create electronic worksheets with STEM content to facilitate students' critical thinking skills. The purpose of this study is to describe the characteristics of electronic worksheets and to produce electronic worksheets with STEM content on global warming to improve students' critical thinking skills in a valid and practical manner.

The research conducted was a type of Research and Development (R&D) using the 4-D development model (Define, Design, Develop, Disseminate), but this research was limited to the development stage (Develop). The object of this research was electronic LKPD containing STEM content about global warming. Data collection was carried out by conducting critical thinking skills tests, interviewing teachers, distributing student needs questionnaires, and conducting validity and practicality tests. The data analysis techniques used were qualitative and quantitative analysis. The instruments used were a student needs questionnaire, an interview sheet, a critical thinking skills test, a validation instrument, and a teacher and student practicability instrument.

The validity test results show that the STEM-based electronic worksheets on global warming are classified as valid with an average of 0.94, and the practicality test results are classified as very practical with an average of 95% of teachers and 92% of students. Based on the research conducted, it can be concluded that the STEM-based electronic worksheets on global warming that were developed are valid and practical.

Keywords: E-LKPD, STEM, critical thinking, global warming

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur diucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Pembuatan LKPD Elektronik Bermuatan STEM Tentang Pemanasan Global untuk Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA”. Shalawat beriring salam diucapkan kepada Nabi Muhammad SAW. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar sarjana pendidikan pada program studi Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

Penyusunan dan penyelesaian skripsi ini banyak mendapat bimbingan, motivasi, masukan, dan petunjuk dari berbagai pihak. Dengan alasan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Selma Riyasni, M.Pd., sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan motivasi serta membimbing penulis dalam perencanaan, pelaksanaan, dan pelaporan hasil penelitian ini.
2. Ibu Dra. Yurnetti, M.Pd., sebagai dosen penguji 1 yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Dr. Fuja Novitra, M.Pd., sebagai dosen penguji 2 dan validator yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Ibu Dr. Fatni Mufit, S.Pd, M.Si., dan Ibu Fauziah Ulmi, M.Pd., sebagai dosen validator yang telah memvalidasi produk yang dikembangkan dalam penelitian ini.

5. Bapak Zulhendri Kamus, S.Pd, M.Si., selaku pembimbing akademik yang telah membimbing penulis selama proses perkuliahan.
6. Bapak Prof. Dr. Asrizal, M.Si., sebagai Kepala Departemen Fisika FMIPA UNP dan sebagai Ketua Prodi Pendidikan Fisika FMIPA UNP.
7. Bapak dan Ibu Staf Pengajar Departemen Fisika FMIPA UNP yang telah membekali penulis selama mengikuti perkuliahan dan penulisan skripsi ini.
8. Staf tata usaha Departemen Fisika FMIPA UNP yang telah banyak membantu penulis selama mengikuti perkuliahan dan selama penulisan skripsi ini.
9. Bapak Zahroni, M.Pd., selaku Kepala SMA Negeri 3 Padang dan Ibu Helmida Fitri, S.Pd, M.Si., selaku Wakil Kurikulum yang telah memberikan izin penelitian di SMA Negeri 3 Padang.
10. Ibu Arnida, S.Pd., Ibu Farisa Engrini, S.Si., dan Ibu Nasti Saputri, S.Pd., sebagai guru mata pelajaran fisika yang telah membantu penulis selama melakukan penelitian di SMA Negeri 3 Padang.
11. Bapak dan Ibu Staf Pengajar serta Staf Tata Usaha SMA Negeri 3 Padang yang telah banyak membantu penulis selama mengikuti penelitian dan selama penulisan skripsi ini.
12. Para siswa-siswi SMA Negeri 3 Padang sebagai praktisi penggunaan LKPD elektronik bermuatan STEM tentang pemanasan global dan juga sebagai narasumber dalam penelitian ini.

13. Cinta pertama, panutan, sekaligus sosok paling istimewa dalam hidup penulis, Ayah tercinta Alm. Ahmad Saleh. Beliau memang tidak sempat merasakan pendidikan hingga bangku perkuliahan, bahkan tidak sempat menyaksikan putri kecilnya tumbuh dan menggapai impian. Namun segala cinta, ketulusan, dan pengorbanan yang telah Ayah berikan senantiasa menjadi kekuatan terbesar dalam hidup penulis. Rasa rindu yang tak tersampaikan serta pelukan yang tak lagi mendapat balasan sering kali membuat penulis terjatuh, tetapi hal tersebut tidak pernah mengurangi rasa bangga dan syukur atas kehidupan yang telah Ayah berikan. Ayah akan selalu hidup dalam kenangan dan doa, menjadi sosok yang paling dirindukan, serta sumber kekuatan yang tak ternilai dalam setiap langkah perjuangan penulis.
14. Pintu surgaku, separuh nyawaku, sekaligus sosok yang penulis jadikan panutan, Ibu tercinta Masliana. Perempuan tangguh yang bukan hanya melahirkan penulis, tetapi juga menjadi tulang punggung keluarga dan menjalankan dua peran sekaligus. Terimakasih untuk setiap pengorbanan, semangat yang tak pernah lelah, ridho yang tulus, dan doa yang selalu terlantun dalam setiap sujud ibu. Doa-doa ibu adalah nafas perjuangan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
15. Adik laki-laki tercinta, Muhammad Sakdi Lubis. Kehadirannya menjadi sumber semangat, motivasi, penghibur, sekaligus alasan penulis untuk terus bertahan dan berjuang. Terimakasih atas dukungan dan semangat yang selalu hadir bahkan dengan cara yang paling sederhana.

16. Keluarga besar ayah dan ibu, khususnya opung tercinta. Dengan tulus dan penuh rasa syukur penulis ingin mengucapkan terimakasih sudah senantiasa memberikan perhatian, kasih sayang, doa dan dukungan yang tiada hentinya.
17. Teman-teman seperjuangan khususnya Gita Rahmatika, Siti Nurfaisah Ariani, Putri Nurhalizah Panjaitan, Sharvina Salsabil, dan Stevi Erlina. Terimakasih untuk selalu berbagi cerita, tawa, dan pengalaman berharga selama masa perkuliahan. Meskipun tidak semua dapat menemani penulis hingga akhir perjalanan ini, kebersamaan, dukungan, dan kenangan yang telah dilalui bersama tetap menjadi bagian penting yang menguatkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
18. Terakhir penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada satu sosok yang selama ini selalu berjuang tanpa henti, melawan dirinya yang *introvert* dan selalu merasa kurang pada dirinya sendiri, seorang perempuan sederhana dengan impian yang tinggi yaitu saya sendiri Sahri Ropiah Lubis. Terimakasih sudah bertahan sejauh ini, selalu berusaha dan tidak lelah dalam kondisi apapun. Terimakasih sudah memilih bertahan dan tetap hidup hingga saat ini, serta menjadi anak perempuan yang kuat dan ikhlas atas segala perjalanan hidup yang menyakitkan dan mengecewakan. Adapun kelebihan dan kekurangan penulis, mari kita rayakan diri sendiri untuk kehidupan selanjutnya dan berbahagialah untuk segala proses bagi masa depan yang akan datang.

Semoga segala bimbingan, bantuan, dan perhatian yang telah diberikan mendapatkan balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Penulis mengharapkan saran dan kritik untuk menyempurnakan skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca.

Padang, 14 November 2025

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	11
C. Pembatasan Masalah	12
D. Rumusan Masalah	12
E. Tujuan Penelitian	12
F. Spesifikasi Produk.....	13
G. Manfaat Penelitian	13
BAB II. KERANGKA TEORI	14
A. Kajian Teori	14
1. Pembelajaran Fisika Kurikulum Merdeka.....	14
2. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)	18
3. Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik	22
4. Keterampilan Berpikir Kritis	24
5. STEM	301
6. <i>Liverworksheets</i>	35
7. Pemanasan Global	37

B. Kualitas Produk.....	40
C. Penelitian Relevan.....	46
D. Kerangka Berpikir.....	50
BAB III. METODE PENELITIAN	53
A. Jenis Penelitian	53
B. Objek Penelitian.....	54
C. Prosedur Penelitian.....	54
D. Teknik Pengumpulan Data.....	61
E. Instrumen Pengumpulan Data	61
F. Teknik Analisis Data.....	68
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	71
A. Hasil Penelitian	71
B. Pembahasan.....	134
BAB V. PENUTUP	140
A. Kesimpulan	140
B. Saran.....	140
DAFTAR PUSTAKA.....	142
LAMPIRAN	150

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tahapan Model Siklus Pembelajaran 5E.....	34
Tabel 2. Uraian Materi Pemanasan Global.....	38
Tabel 3. Komponen Validitas	63
Tabel 4. Kisi-Kisi Penilaian Kepraktisan Guru	64
Tabel 5. Kisi-Kisi Penilaian Kepraktisan Peserta Didik.....	66
Tabel 6. Bobot Penilaian Validitas	68
Tabel 7. Interpretasi Validasi Aiken's V	69
Tabel 8. Bobot Penilaian Praktikalitas.....	70
Tabel 9. Kriteria Praktikalitas	70
Tabel 10. ATP IKTP LKPD 1 Sampai 4	80
Tabel 11. Hasil Analisis Nilai Rata-Rata Validasi LKPD Elektronik	115
Tabel 12. Saran Validator	115

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Hasil Tes Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik	4
Gambar 2. Kerangka Berpikir.....	52
Gambar 3. Tahap-Tahap Model 4-D	53
Gambar 4. Hasil Analisis Kebutuhan	75
Gambar 5. Hasil Tes Keterampilan Berpikir Kritis	76
Gambar 6. Cover.....	87
Gambar 7. Daftar Isi	87
Gambar 8. Prakata	88
Gambar 9. Informasi E-LKPD.....	89
Gambar 10. Petunjuk Penggunaan Navigasi	91
Gambar 11. Petunjuk Penggunaan E-LKPD	92
Gambar 12. Kompetensi Yang Akan Dicapai	93
Gambar 13. Petunjuk STEM.....	95
Gambar 14. Informasi Pendukung.....	96
Gambar 15. Langkah Kerja.....	97
Gambar 16. Penilaian.....	98
Gambar 17. Daftar Pustaka.....	100
Gambar 18. Identitas Penyusun	101
Gambar 19. Hasil Validasi Komponen Substansi Materi	103
Gambar 20. Hasil Validasi Komponen Desain Pembelajaran	105
Gambar 21. Hasil Validasi Komponen Tampilan Komunikasi Visual.....	107
Gambar 22. Hasil Validasi Komponen Pemanfaatan <i>Software</i>	109

Gambar 23. Hasil Validasi Komponen Penilaian STEM	111
Gambar 24. Hasil Validasi Komponen Penilaian Keterampilan Berpikir Kritis	113
Gambar 25. Hasil Praktikalisasi Guru	129
Gambar 26. Hasil Praktikalisasi Peserta Didik.....	132

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Izin Observasi	150
Lampiran 2. Surat Izin Penelitian	151
Lampiran 3. Lembar Wawancara Guru	152
Lampiran 4. Lembar Angket Peserta Didik	154
Lampiran 5. Hasil Analisis Angket Peserta Didik	156
Lampiran 6. Soal Tes Keterampilan Berpikir Kritis	157
Lampiran 7. Hasil Analisis Keterampilan Berpikir Kritis	166
Lampiran 8. Bahan Ajar Yang Dianalisis	167
Lampiran 9. Lembar Validasi Produk Validator 1	169
Lampiran 10. Lembar Validasi Produk Validator 2	176
Lampiran 11. Lembar Validasi Produk Validator 3	182
Lampiran 12. Hasil Analisis Validasi Produk	188
Lampiran 13. Lembar Praktikalisasi Produk Praktisi 1	196
Lampiran 14. Lembar Praktikalisasi Produk Praktisi 2	199
Lampiran 15. Lembar Praktikalisasi Produk Praktisi 3	201
Lampiran 16. Hasil Analisis Praktikalisasi Produk Oleh Guru	203
Lampiran 17. Lembar Praktikalisasi Peserta Didik	204
Lampiran 18. Hasil Analisis Praktikalisasi Produk Oleh Peserta Didik	208
Lampiran 19. Dokumentasi Kegiatan	213
Lampiran 20. Barcode Produk LKPD Elektronik	214

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Seiring perkembangan zaman, ilmu pengetahuan dan teknologi terus mengalami kemajuan yang pesat, mendukung terciptanya berbagai inovasi baru di berbagai bidang, termasuk dalam dunia pendidikan (Mulyani F & Haliza N, 2021). Pendidikan di Indonesia saat ini sudah diarahkan untuk mengembangkan keterampilan abad ke-21, yaitu kemampuan yang dibutuhkan peserta didik untuk menghadapi tantangan zaman sekarang dan masa depan (Bani et al., 2025). Salah satu aspek utama dalam pengembangan keterampilan abad ke-21 adalah konsep 4C, yaitu *critical thinking* (berpikir kritis), *communication* (komunikasi), *collaboration* (kolaborasi), dan *creativity* (kreativitas) (Hidayah & Permadi, 2023). Pengembangan keterampilan ini dilakukan melalui penerapan Kurikulum Merdeka (Yani et al., 2025).

Kurikulum Merdeka merupakan kurikulum baru yang memberikan kebebasan kepada guru untuk merancang proses pembelajaran yang lebih bermakna, sesuai dengan kebutuhan, minat, dan kondisi lingkungan belajar peserta didik (Tunas & Pangkey, 2024). Kurikulum Merdeka mengutamakan pembelajaran berbasis proyek yang bertujuan untuk mengembangkan keterampilan non-akademik (*soft skills*) dan membentuk karakter peserta didik sesuai dengan Profil Pelajar Pancasila. Kurikulum ini juga menekankan pentingnya kegiatan ekstrakurikuler yang disesuaikan dengan minat peserta didik. Selain itu, peserta didik diberikan kebebasan untuk memilih mata pelajaran yang

sesuai dengan minat, bakat, dan kebutuhan mereka. Dengan pendekatan pembelajaran yang baru dan fokus pada pembentukan Profil Pelajar Pancasila, Kurikulum Merdeka menunjukkan komitmen Indonesia dalam mempersiapkan peserta didik memiliki keterampilan abad ke-21 (Rizky Satria et al., 2022).

Pembelajaran fisika di SMA/MA menekankan pada fenomena alam dan pengukurannya dengan perluasan pada konsep abstrak. Tujuan pembelajaran fisika untuk membangun sikap ilmiah, sikap spiritual dan sikap sosial peserta didik, agar peserta didik dapat menunjukkan perilaku yang baik dalam aktivitas sehari-hari dan mampu mengembangkan kemampuan berpikir dengan mengaitkan konsep, fakta, dan proses pembelajaran, sehingga peserta didik dapat mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari. Fisika bidang ilmu yang berkaitan erat dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Peserta didik perlu mempelajari fisika karena setiap manusia tidak akan terlepas dari segala kejadian, fenomena, bentuk, sifat, dan gejala yang terjadi di alam (Harefa, R., 2019).

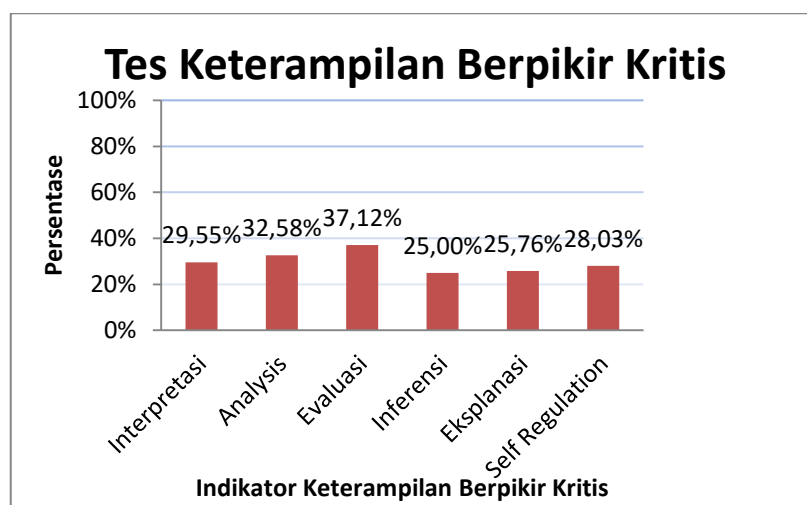
Salah satu keterampilan yang dibutuhkan peserta didik di era abad 21 adalah keterampilan berpikir kritis (Bani et al., 2025). Keterampilan berpikir kritis sangat dibutuhkan agar peserta didik dapat beradaptasi dan menghadapi berbagai tantangan yang rumit di kehidupan saat ini. Kurikulum Merdeka hadir sebagai pendekatan baru yang inovatif, di mana peserta didik diposisikan sebagai pusat dalam proses pembelajaran. Dengan menekankan pembelajaran yang kontekstual, kurikulum merdeka memberi kesempatan kepada peserta didik untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis melalui pemahaman konsep-konsep

yang berkaitan langsung dengan kehidupan nyata. Tujuan dari pendekatan ini bukan hanya untuk mencapai hasil akademik yang baik, tetapi juga untuk melatih peserta didik agar mampu memahami, menganalisis, dan menilai berbagai ide dalam berbagai situasi yang berbeda (Khairiyah et al., 2023).

Menurut Gottfried et al., (2024), pengembangan keterampilan berpikir kritis memiliki langkah strategis dalam membentuk generasi yang unggul, terutama dalam hal inovasi, penyelesaian masalah, serta komunikasi yang efektif. Selaras dengan hal tersebut Sinaga et al., (2022) menyatakan bahwa peserta didik yang berpikir kritis akan lebih cakap dalam memahami informasi, mengevaluasi argumen secara objektif, dan membuat keputusan yang tepat. Hal ini menjadi sangat relevan di tengah pesatnya arus informasi dan kemajuan teknologi saat ini, di mana peserta didik tidak hanya dituntut untuk menerima informasi, tetapi juga memilah dan menilainya secara kritis dan cermat (Hart et al., 2021). Peserta didik dikatakan memiliki keterampilan berpikir kritis apabila menunjukkan cara berpikir sistematis, mampu mengevaluasi diri, dan mampu membedakan kebenaran secara logis (Rasiman, 2019). Oleh karena itu, guru diharapkan mampu menghadirkan pembelajaran yang aktif dan bermakna dengan mengombinasikan bahan ajar yang mampu mendorong aktivitas berpikir kritis.

Namun setelah dilakukan penelitian awal di lapangan ternyata kondisi nyata yang ada belum sesuai dengan kondisi ideal. Kondisi nyata pertama dilihat berdasarkan hasil tes keterampilan berpikir kritis peserta didik di SMAN 3 Padang pada materi pemanasan global yang dilaksanakan pada tanggal 24 Februari 2025 diikuti oleh 33 peserta didik kelas X yang telah menyelesaikan pembelajaran pada

topik tersebut. Instrumen yang digunakan berupa soal esai yang dikembangkan Munawaroh (2024) sebanyak enam butir yang dimodifikasi dan telah teruji validitas serta reliabilitasnya, sehingga layak digunakan dalam penelitian ini. Dalam pengukuran keterampilan berpikir kritis, tes ini dibuat mengacu pada indikator keterampilan berpikir kritis yang dikembangkan oleh Facione. Hasil tes keterampilan berpikir kritis peserta didik dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Tes Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik

Dari data yang didapatkan, indikator evaluasi memiliki persentase tertinggi sebesar 37,12%, diikuti oleh analisis sebesar 32,58%. Hal ini mengindikasikan bahwa peserta didik relatif lebih mampu menilai informasi dan menguraikan permasalahan sederhana. Namun, indikator lain seperti interpretasi (29,05%) dan *self-regulation* (28,03%) masih berada pada kategori sedang. Sementara itu, indikator eksplanasi (25,76%) dan inferensi (25%) memperoleh persentase terendah, yang menunjukkan bahwa peserta didik masih mengalami kesulitan dalam menyusun penjelasan ilmiah dan menarik kesimpulan berdasarkan data atau fenomena yang diamati.

Secara keseluruhan, rata-rata keterampilan berpikir kritis peserta didik hanya mencapai 29,67%, yang termasuk dalam kategori rendah. Rendahnya keterampilan berpikir kritis ini menunjukkan bahwa pembelajaran yang telah berlangsung belum sepenuhnya melatih peserta didik untuk menganalisis fenomena pemanasan global secara mendalam, menghubungkan konsep fisika dengan permasalahan nyata, serta mengembangkan penalaran ilmiah. Kondisi ini mengindikasikan perlunya bahan ajar yang tidak hanya berisi latihan perhitungan, tetapi juga mampu memfasilitasi proses berpikir kritis melalui aktivitas yang terstruktur, kontekstual, dan berbasis pemecahan masalah.

Kondisi nyata kedua dilihat dari hasil angket yang diisi oleh 33 peserta didik mengenai kendala selama mengikuti pembelajaran fisika. Hasil angket menunjukkan bahwa 57,5% peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami materi yang disampaikan. Kesulitan ini disebabkan oleh konsep pemanasan global yang bersifat abstrak dan membutuhkan visualisasi berupa gambar, grafik, data, serta contoh fenomena nyata agar lebih mudah dipahami. Pembelajaran yang hanya berfokus pada penyampaian konsep secara teoritis dan penyederhanaan materi dinilai belum cukup efektif, karena cenderung membuat peserta didik menghafal tanpa memahami hubungan sebab akibat dari fenomena pemanasan global. Selain itu, sebanyak 48,5% peserta didik menyatakan bahwa suasana pembelajaran kurang menyenangkan dan kurang melibatkan peserta didik secara aktif. Peserta didik jarang diberikan kesempatan untuk mengeksplorasi konsep melalui kegiatan investigasi, eksperimen sederhana, atau pemecahan masalah kontekstual yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari. Kondisi tersebut

menunjukkan bahwa pembelajaran fisika belum sepenuhnya menerapkan pendekatan yang memungkinkan mendorong peserta didik untuk menganalisis masalah lingkungan nyata, memanfaatkan teknologi dan data, serta merancang solusi sederhana secara sistematis.

Kondisi nyata ketiga dilihat dari hasil pengisian angket tentang bahan ajar yang digunakan guru. Berdasarkan hasil pengisian angket, didapatkan bahwa 78,7% peserta didik memilih bahan ajar yang paling sering digunakan oleh guru dalam pembelajaran fisika adalah Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), 48,5% peserta didik menyebutkan bahwa guru juga menggunakan buku teks, dan 12,12% memilih PowerPoint. Tidak ada peserta didik yang menyatakan penggunaan LKPD Elektronik secara rutin, yang menunjukkan bahwa bahan ajar berbasis digital masih belum digunakan secara optimal dalam proses pembelajaran. Data lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran 5.

Diperkuat oleh hasil wawancara dengan salah satu guru fisika dan analisis dokumen terhadap bahan ajar yang digunakan. Guru menjelaskan bahwa bahan ajar yang dikembangkan perlu ditingkatkan tampilan maupun isi menjadi lebih menarik, interaktif, dan berbasis teknologi. Hasil analisis dokumen terhadap bahan ajar didapatkan bahwa bahan ajar belum memuat tujuan pembelajaran yang jelas. Selain itu, petunjuk pengerjaan pada bahan ajar juga tidak disertakan, menyebabkan peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami langkah-langkah penyelesaian kegiatan yang harus dilakukan. Dari sisi isi, bahan ajar masih berfokus pada latihan perhitungan tanpa mengaitkan konsep fisika dengan fenomena nyata. Dari segi tampilan, desain bahan ajar masih perlu ditingkatkan

kemenarikannya agar dapat meningkatkan motivasi belajar. Data lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

Berdasarkan kondisi nyata yang telah dijelaskan sebelumnya, terlihat bahwa salah satu akar permasalahan utama dalam pembelajaran fisika adalah keterbatasan bahan ajar yang digunakan. Selama ini, guru lebih banyak menggunakan bahan ajar cetak yang hanya berisi rangkaian latihan soal, langkah-langkah prosedural, serta sedikit penjelasan materi. Meskipun secara struktur bahan ajar tersebut memuat tujuan, kegiatan, dan latihan, namun fungsinya masih sangat terbatas karena tidak dirancang untuk mendorong peserta didik berpikir kritis, tidak mengintegrasikan teknologi, serta tidak memberikan pengalaman belajar berbasis penyelidikan atau pemecahan masalah. Bahan ajar hanya menuntut jawaban rutin dan mekanis, sehingga tidak cukup untuk melatih peserta didik menganalisis fenomena, mengevaluasi informasi, menarik inferensi, atau menyusun penjelasan ilmiah yang merupakan inti dari keterampilan berpikir kritis. Kondisi ini menjelaskan mengapa meskipun LKPD sudah digunakan, peserta didik tetap mengalami kesulitan memahami materi, merasa pembelajaran kurang menarik, dan tidak memperoleh ruang untuk mengeksplorasi konsep secara mendalam.

Keterbatasan LKPD inilah yang menunjukkan adanya kebutuhan mendesak untuk menghadirkan inovasi bahan ajar yang lebih relevan dengan karakteristik pembelajaran abad ke-21 dan tuntutan Kurikulum Merdeka. Bahan ajar ideal seharusnya tidak hanya menyajikan konsep secara sistematis, tetapi juga memberikan pengalaman belajar yang mendorong peserta didik berpikir tingkat

tinggi. Menurut Magdalena et al. (2020), bahan ajar merupakan komponen penting yang harus disusun berdasarkan prinsip-prinsip pedagogis agar dapat digunakan secara mandiri maupun dalam pembelajaran terstruktur. Fitriani et al. (2023) menambahkan bahwa bahan ajar yang dirancang sesuai karakteristik peserta didik mampu meningkatkan keterlibatan aktif dan menumbuhkan kemampuan berpikir kritis, karena peserta didik tidak hanya menerima informasi, tetapi menggunakannya untuk menguji, menganalisis, dan merespons berbagai persoalan.

LKPD menjadi salah satu bahan ajar yang tepat digunakan karena memberikan ruang bagi peserta didik untuk terlibat aktif dalam proses pembelajaran. Namun, dalam era digital, LKPD cetak tidak lagi memadai untuk menjawab kebutuhan pembelajaran modern. Peserta didik membutuhkan bahan ajar yang dapat diakses secara fleksibel, yang menggabungkan teks, gambar, video, simulasi, link, dan aktivitas interaktif yang mendorong eksplorasi mandiri. Hal ini yang menjadikan LKPD Elektronik sebagai pilihan yang lebih relevan. LKPD Elektronik tidak hanya menyajikan langkah kegiatan, tetapi juga memperkaya pengalaman belajar melalui integrasi teknologi digital yang memungkinkan visualisasi konsep abstrak, eksplorasi fenomena, dan aktivitas berbasis multimedia (Yulanda et al., 2023; Zahara et al., 2021). Puspita & Dewi (2021) menegaskan bahwa LKPD Elektronik membuat peserta didik lebih termotivasi dan merasa pembelajaran lebih menyenangkan karena mereka terlibat aktif melalui tampilan dan fitur interaktif yang tidak dapat diberikan LKPD cetak.

Namun, LKPD elektronik saja belum cukup untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis apabila tidak dibangun di atas pendekatan pembelajaran yang tepat. Karena itulah diperlukan integrasi pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Pendekatan STEM sangat relevan dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis karena menuntut peserta didik untuk menganalisis masalah nyata, mengumpulkan dan menafsirkan data, merancang solusi, menguji ide, dan merefleksikan proses penyelesaian. STEM tidak hanya menyatukan empat disiplin ilmu, tetapi mengembangkan cara berpikir ilmiah dan kreatif yang sistematis. Asrizal et al. (2022) menyebutkan bahwa STEM membantu peserta didik mengembangkan keterampilan pemecahan masalah, berpikir logis, berpikir kreatif, kolaborasi, dan literasi teknologi seluruhnya merupakan bagian dari kompetensi abad ke-21. Lebih jauh, Ramli et al. (2020) menegaskan bahwa pembelajaran STEM memberikan pengalaman kontekstual sehingga peserta didik dapat menghubungkan konsep fisika dengan fenomena nyata di lingkungan mereka.

Integrasi STEM dalam LKPD elektronik menjadikan bahan ajar tidak hanya sebagai media untuk memahami teori, tetapi juga sarana untuk melakukan investigasi ilmiah dan pemecahan masalah berbasis kehidupan nyata. Peserta didik tidak lagi sekadar mengerjakan soal, tetapi diajak untuk mengamati fenomena, menganalisis penyebab, merancang solusi, membuat prediksi, dan mengevaluasi hasil. Proses-proses inilah yang secara langsung mengembangkan enam indikator berpikir kritis Facione: interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan *self-regulation*. Oleh karena itu, LKPD elektronik bermuatan

STEM memberikan nilai tambah yang tidak dimiliki LKPD maupun LKPD elektronik biasa yang hanya berorientasi pada penyajian multimedia.

Pendekatan STEM menjadi semakin tepat apabila diterapkan pada materi pemanasan global. Materi ini sangat berkaitan dengan fenomena lingkungan nyata dan membutuhkan analisis berbasis data serta pemahaman hubungan sebab-akibat. Tamara et al. (2019), Mabsutsah & Yushardi (2022), dan Furqoniyah et al. (2022) menekankan bahwa pemanasan global merupakan isu global yang harus dipahami peserta didik sebagai bekal kesadaran lingkungan. Namun banyak peserta didik yang masih salah memahami konsep pemanasan global dan hanya mengaitkannya dengan efek rumah kaca, padahal terdapat berbagai faktor lain yang berkontribusi terhadap perubahan iklim (Deprisa et al., 2024). Materi pemanasan global sangat cocok dipelajari menggunakan pendekatan STEM karena peserta didik dapat mengamati data lingkungan, menganalisis dampak, memahami mekanisme ilmiah, dan merancang solusi berbasis teknologi atau rekayasa.

Beberapa penelitian sebelumnya telah berupaya mengembangkan LKPD berbasis STEM pada berbagai materi. Penelitian yang dilakukan oleh D. Hasanah & Budhi (2023) mengembangkan LKPD berbasis STEM pada materi elastisitas, Lestari & Muhajir (2021) pada materi fluida statis, serta Fithri et al., (2021) pada materi sistem ekskresi. Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut belum secara khusus menerapkan pengembangan LKPD berbasis STEM pada materi pemanasan global, padahal materi ini memiliki keterkaitan yang erat dengan fenomena kehidupan sehari-hari dan menjadi salah satu topik penting dalam pembelajaran fisika di Kurikulum Merdeka. Selain itu, sebagian besar LKPD yang

dikembangkan dalam penelitian terdahulu masih berbentuk cetak, sehingga belum sepenuhnya mendukung pembelajaran interaktif dan belum memanfaatkan potensi teknologi digital dalam menciptakan pengalaman belajar yang menarik. Di sisi lain, hasil penelitian yang dilakukan oleh Fitriyah & Madlazim (2021) menunjukkan bahwa beberapa indikator keterampilan berpikir kritis, seperti inferensi dan evaluasi, masih tergolong rendah. Temuan ini menunjukkan bahwa bahan ajar yang dikembangkan sebelumnya belum mampu menumbuhkan seluruh aspek keterampilan berpikir kritis peserta didik secara optimal. Berdasarkan uraian tersebut, dapat diidentifikasi adanya kesenjangan penelitian yang jelas dan signifikan baik dari sisi bentuk bahan ajar, pendekatan yang digunakan, maupun materi yang dikembangkan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui **“Pembuatan LKPD Elektronik Bermuatan STEM tentang Pemanasan Global untuk Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMA”**.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang sudah dikemukakan maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini. Sebagai identifikasi masalah penelitian ini yaitu:

1. Keterampilan berpikir kritis peserta didik termasuk dalam kategori rendah.
2. LKPD elektronik bermuatan STEM tentang pemanasan global untuk peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa di kelas X SMAN 3 Padang belum dikembangkan.

C. Pembatasan Masalah

Agar penelitian lebih terfokus dan searah maka peneliti dapat membatasi masalah. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. LKPD Elektronik yang dibuat bermuatan STEM pada materi pemanasan global SMA kelas X dan menggunakan platform *Liveworksheets*.
2. Keterampilan berpikir kritis dengan indikator menurut Facione (2015).

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dapat diuraikan rumusan masalah dalam penelitian ini. Rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana validitas LKPD elektronik bermuatan STEM tentang pemanasan global untuk peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa SMA?
2. Bagaimana praktikalitas LKPD elektronik bermuatan STEM tentang pemanasan global untuk peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa SMA?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan validitas LKPD elektronik bermuatan STEM tentang pemanasan global untuk peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa SMA

2. Menentukan praktikalitas LKPD elektronik bermuatan STEM tentang pemanasan global untuk peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa SMA

F. Spesifikasi Produk

Produk yang dihasilkan dalam penelitian ini memiliki spesifikasi:

1. Produk yang dihasilkan berupa LKPD elektronik bermuatan STEM tentang pemanasan global menggunakan platform *Liverworksheets*.
2. LKPD elektronik yang dibuat disusun berdasarkan langkah-langkah STEM.
3. Materi yang digunakan adalah materi pemanasan global yang merupakan materi pada pembelajaran fisika kelas X fase E.

G. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Bagi guru, sebagai bahan ajar alternatif dalam melakukan pembelajaran dengan pendekatan STEM selama proses pembelajaran.
2. Bagi peserta didik, salah satu sumber belajar yang dapat membantu peserta didik untuk memahami konsep pemanasan global.
3. Bagi peneliti lain, sebagai sumber ide dan referensi dalam melakukan analisis kesalahan pada masa yang akan datang.
4. Bagi peneliti, dapat menambah wawasan dan pengalaman tentang pembuatan LKPD elektronik bermuatan STEM tentang pemanasan global untuk peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa SMA.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Hasil pembuatan LKPD elektronik bermuatan STEM tentang pemanasan global untuk peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa yang telah diperoleh tergolong kepada kategori yang valid sehingga layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran.
2. Hasil pengujian praktikalitas dari produk LKPD elektronik bermuatan STEM tentang pemanasan global untuk peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa yang telah diperoleh tergolong kepada kategori yang sangat praktis sehingga layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dicapai dan kendala yang dihadapi, maka peneliti menyarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Guru dapat menggunakan LKPD elektronik bermuatan STEM tentang pemanasan global untuk mendukung proses pembelajaran fisika di kelas X.
2. Peserta didik dapat menggunakan LKPD elektronik bermuatan STEM tentang pemanasan global untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan pemahaman konsep pada proses pembelajaran.

3. Pada peneliti lainnya dapat mengembangkan LKPD elektronik pada semua materi fisika di kelas X semester satu maupun semester dua.
4. Bagi peneliti selanjutnya dapat melakukan uji efektivitas dari produk yang telah dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agnezi, L. A., Khair, N., & Yolanda, S. (2019). Analisis Sajian Buku Ajar Fisika SMA Kelas X Semester 1 Terkait Komponen Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM). *Jurnal Eksakta Pendidikan (Jep)*, 3(2), 167. <https://doi.org/10.24036/jep/vol3-iss2/388>
- Aiken, L. R. (1985). Three coefficients for analyzing the reliability and validity of ratings, educational and psychological measurement. *Educational and Psychological Measurement*, 45(1), 131–142.
- Alemda, R., & Desniata, D. (2023). Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Pada LKS Fisika SMA Kelas XI Semester 1 Se-Kota Sungai Penuh. *JAVIT : Jurnal Vokasi Informatika*, 39–46. <https://doi.org/10.24036/javit.v3i1.153>
- Arlen, S. R., Astuti, I. A. D., Fatahillah, F., & Purwanti, P. (2020). Pengaruh Media Pembelajaran Fisika Menggunakan Aplikasi Appypie Terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa di SMK. *Schrodinger Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Fisika*, 1(1), 44–49. <https://doi.org/10.30998/sch.v1i1.3073>
- Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan. (2025). *Panduan pembelajaran STEM (Sains, Teknologi, Engineering, dan Matematika) untuk guru pendidikan anak usia dini, jenjang pendidikan dasar, dan jenjang pendidikan menengah*. Pusat Kurikulum dan Pembelajaran, Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah Republik Indonesia.
- Bani, K. K. N., Falasifah, F., & Iskandar, S. (2025). Strategi Pengembangan Pembelajaran Matematika Pada Abad Xxi1. *JIIP (Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan)*, 8(1), 3.

- Clara, A., Abdurrahman, & Sesunan, F. (2017). PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS STEM UNTUK MENUMBUHKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KREATIF SISWA Clara. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 7(2), 107–115.
- Dr.E.Kosashi, M. P. (2020). *Pengembangan Bahan Ajar Imla'.Pdf* (p. 270).
- Ennis, R. (2011). Critical Thinking: Reflection and Perspective Part II. *Inquiry: Critical Thinking Across the Disciplines*, 26(2), 5–19.
- Facione, P. a. (2011). Critical Thinking : What It Is and Why It Counts. In *Insight assessment* (Issue ISBN 13: 978-1-891557-07-1.).
<https://www.insightassessment.com/CT-Resources/Teaching-For-and-About-Critical-Thinking/Critical-Thinking-What-It-Is-and-Why-It-Counts/Critical-Thinking-What-It-Is-and-Why-It-Counts-PDF>
- Fisika, J., Universitas, F., & Padang, N. (2015). *STANDAR PROSES PADA SISWA SMP KELAS VIII Asrizal , Elma Rafika , and Ayu Triana. November*, 171–179.
- Fithri, S., Tenri Pada*, A. U., Artika, W., Nurmaliah, C., & Hasanuddin, H. (2021). Implementasi LKPD Berbasis STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(4), 555–564. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v9i4.20816>
- Fitriyah, L., & Madlazim, M. (2021). Pengembangan LKPD Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Terintegrasi STEM Menggunakan PhET Simulation Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis. *IPF: Inovasi Pendidikan Fisika*, 10(1), 99–108. <https://doi.org/10.26740/ipf.v10n1.p99-108>

- Furqoniyah, Q., Subiki, S., & Maryani, M. (2022). Pengembangan Lkpd Berbasis Stem (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Dalam Pembelajaran Fisika Pemanasan Global Di Sma. *Jurnal Inovasi Dan Pembelajaran Fisika*, 9(1), 76–84. <https://doi.org/10.36706/jipf.v9i1.15539>
- Gottfried, M., Little, M., & Ansari, A. (2024). Novice Teachers and Student Attendance in Early Elementary School. *Educational Policy*. <https://doi.org/10.1177/08959048241231952>
- Hadi Soekamto. (2020). Panduan Penyusunan Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD). *Sistem Pengelolaan Pembelajaran Universitas Negeri Malang*, February, 7. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35713.17766>
- Hanafy, M. S. (2014). Konsep Belajar Dan Pembelajaran. *Lentera Pendidikan : Jurnal Ilmu Tarbiyah Dan Keguruan*, 17(1), 66–79. <https://doi.org/10.24252/lp.2014v17n1a5>
- Harefa, R., A. (2019). Peran Ilmu Fisika Dalam Kehidupan Sehari-Hari. *Jurnal Warta*, April, 1–10.
- Hart, C., Da Costa, C., D’Souza, D., Kimpton, A., & Ljbusic, J. (2021). Exploring higher education students’ critical thinking skills through content analysis. *Thinking Skills and Creativity*, 41, 100877. <https://doi.org/10.1016/J.TSC.2021.100877>
- Hasanah, D., & Budhi, W. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Fisika Berbasis STEM Pada Topik Elastisitas dan Hukum Hooke. *Compton: Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 9(2), 130–139. <https://doi.org/10.30738/cjipf.v9i2.15000>

- Hasanah, H. (2020). Pengembangan Bahan Ajar Matematika Berbasis STEM Pada Materi Bangun Ruang. *Indonesian Journal of Learning Education and Counseling*, 3(1), 91–100. <https://doi.org/10.31960/ijolec.v3i1.582>
- Hidayah, F. N., & Permadi, D. (2023). Pengembangan E-LKPD Berbantuan PhET Simulation Berbasis Problem Based Learning untuk Menumbuhkan Keterampilan Berpikir Kritis. *Sinapmasagi*, 3, 138–150.
- Ismayati, M., Nakagawa-Izumi, A., Kamaluddin, N. N., & Ohi, H. (2016). Toxicity and feeding deterrent effect of 2-methylantraquinone from the wood extractives of *Tectona grandis* on the subterranean termites *Coptotermes formosanus* and *Reticulitermes speratus*. *Insects*, 7(4). <https://doi.org/10.3390/insects7040063>
- Jose, S. (2013). *CCTST test manual* (Issue 650).
- Junaidi, E., Hadisaputra, S., & Al Idrus, S. W. (2017). Kajian Pelaksanaan Praktikum Kimia Di Sekolah Menengah Atas Negeri Se Kabupaten Lombok Tengah. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 2(1), 101–111. <https://doi.org/10.29303/jipp.v2i1.41>
- Khairiyah, U., Gusmaniarti, G., Asmara, B., Suryanti, S., Wiryanto, W., & Sulistiyono, S. (2023). Fenomena Penerapan Kurikulum Merdeka dalam Pembentukan Karakter Profil Pelajar Pancasila Siswa Sekolah Dasar. *ELSE (Elementary School Education Journal): Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sekolah Dasar*, 7(2), 172–178. <https://doi.org/10.30651/else.v7i2.16924>

- Khikmiah, F. (2021). Implementasi Web Live Worksheet Berbasis Problem Based Learning Dalam Pembelajaran Matematika. *Pedagogy: Jurnal Pendidikan Matematika*, 6(1), 1–12.
<https://doi.org/10.30605/pedagogy.v6i1.1193>
- Lawhon, D. (1976). Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook. *Journal of School Psychology*, 14(1), 75.
[https://doi.org/10.1016/0022-4405\(76\)90066-2](https://doi.org/10.1016/0022-4405(76)90066-2)
- Lestari, I. F., & Muhajir, S. N. (2021). Pendekatan STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Fluida Statis. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 1(2), 62.
<https://doi.org/10.52434/jpif.v1i2.1483>
- Li, Y., Schoenfeld, A. H., diSessa, A. A., Graesser, A. C., Benson, L. C., English, L. D., & Duschl, R. A. (2019). Design and Design Thinking in STEM Education. *Journal for STEM Education Research*, 2(2), 93–104.
<https://doi.org/10.1007/s41979-019-00020-z>
- Lokollo, L. J., Lasaiba, M. A., Arfa, A. M., & Lasaiba, D. (2023). *Mengembangkan Kemampuan Berpikir Spasial Melalui Pendidikan STEM di Sekolah Dasar*. 293–308.
- Mulyani F, & Haliza N. (2021). Analisis Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (Iptek) Dalam Pendidikan. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling (Jpdk)*, 3(1), 101–109.
- Novianti, B. A., Nitiasih, P. K., & Riastini, P. N. (2023). Study Of STEM-Based Learning Against 4C Skills (Critical, Creative, Communication, and

- Collaboration) In Science. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 8(3), 1917–1921. <https://doi.org/10.29303/jipp.v8i3.1455>
- Pendidikan, K., & Dan, D. (n.d.). *STEM*.
- Pulungan, S., & Fitria, Y. (2020). Creative Problem Solving Model to Student's Problem Solving Ability in Natural Science Learning for Primary Students. *Budapest International Research and Critics Institute-Journal (BIRCI-Journal)*, 4(4), 9663–9669.
- Rahman, S., Zulkarnain, I., & Kamaliyah, K. (2023). Pengembangan E-Lkpd Menggunakan Liveworksheets Pada Materi Aritmetika Sosial Dengan Konteks Lingkungan Lahan Basah Untuk Siswa Kelas Vii. *Jurmadikta*, 3(1), 89–102. <https://doi.org/10.20527/jurmadikta.v3i1.1647>
- Rasiman. (2019). Peran pembelajaran matematika pada peningkatan kemampuan berpikir kritis di era disrupsi. *Seminar Nasional MATEMATIKA DAN Pendidikan Matematika (4th Senatik) Program Studi Pendidikan Matematika FPMIPATI-Universitas PGRI Semarang*, 1–5.
- Rizky, M., & Astutik, A. P. (2021). the Concept of Independent Learning Is Viewed From the Perspective of Thomas Lickona's Character Education. *PEDAGOGIK: Jurnal Pendidikan*, 8(1), 1–38. <https://doi.org/10.33650/pjp.v8i1.2000>
- Rizky Satria, P. A., Sekar, W. K., & Harjatanaya, T. Y. (2022). Panduan Pengembangan P5. *Projek Penguatan Profil Pelajar Pancasila*, 2(1), 138.
- Saeed, F., Mir, A., Hamid, M., Ayaz, F., & Iyyaz, U. (2023). Employee Salary and Employee Turnover Intention: A Key Evaluation Considering Job

- Satisfaction and Job Performance as Mediators. *International Journal of Management Research and Emerging Sciences*, 13(1).
<https://doi.org/10.56536/ijmres.v13i1.234>
- Salsabilla, A., Kaniawati, I., & Liliawati, W. (2024). Development of e-LKPD Based on STEM to Enhance Students' Critical Thinking Skills on Topic of Renewable Energy. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 10(1), 221–232. <https://doi.org/10.29303/jpft.v10i1.7016>
- Sartika, D., & Syarifuddin. (2019). *Pendidikan berbasis stem ... (dewi dan syarif)* 139. 3, 139–153.
- Shalahuddin, M. H., & Hayuhantika, D. (2022). Pengembangan E-LKPD Berbasis Kontekstual dengan Media Liveworksheets Pada Materi Lingkaran Di Kelas VIII. *Jurnal Tadris Matematika*, 5(1), 71–86.
<https://doi.org/10.21274/jtm.2022.5.1.71-86>
- Simanjuntak, M. P., Bukit, N., Sagala, Y. D. A., Putri, R. K., Utami, Z. L., & Motlan. (2019). Desain Pembelajaran Berbasis Proyek Terhadap 4C. *Inovasi Pembelajaran Fisika*, 7(3), 38–46.
- Sinaga, P., Setiawan, W., & liana, M. (2022). The impact of electronic interactive teaching materials (EITMs) in e-learning on junior high school students' critical thinking skills. *Thinking Skills and Creativity*, 46, 101066.
<https://doi.org/10.1016/J.TSC.2022.101066>
- Sudarsono, S., Abdurrahman, A., & Rosidin, U. (2020). Pengembangan Cerita Bergambar Fisika Berbasis STEM untuk Menumbuhkan Literasi Sains pada Siswa SMP. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 11.

<https://doi.org/10.24127/jpf.v8i1.2202>

- Sugiyono. (2023). Metode Penelitian Kualitatif (Untuk penelitian yang bersifat: eksploratif, enterpretif, interaktif dan konstruktif). *Metode Penelitian Kualitatif*, 1–274. <http://belajarpsikologi.com/metode-penelitian-kualitatif/>
- Suryani, K., Utami, I. S., Khairudin, K., Ariska, A., & Rahmadani, A. F. (2020). Pengembangan Modul Digital berbasis STEM menggunakan Aplikasi 3D FlipBook pada Mata Kuliah Sistem Operasi. *Mimbar Ilmu*, 25(3), 358–367. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/MI/article/view/28702>
- Tunas, K. O., & Pangkey, R. D. H. (2024). Kurikulum Merdeka: Meningkatkan Kualitas Pembelajaran dengan Kebebasan dan FleksibilitasMulyadi, D. (2017). Pengantar Akidah Akhlak dan Pengajaran. In Pengantar Akidah Akhlak dan Pembelajarannya. Lintang aksara. *Journal on Education*, 6(4), 22031–22040.
- Wati, W., & Istiqomah, H. (2019). Game Edukasi Fisika Berbasis Smartphone Android Sebagai Media Pembeajaran Fisika. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 162–167. <https://doi.org/10.24042/ijsme.v2i2.4341>
- Winarni, J., Zubaidah, S., & H, S. K. (2016). Juniaty-Winarni-976-984 (1).pdf. In *Pros. Semnas Pend. IPA Pascasarjana UM* (Vol. 1, pp. 976–984).
- Yani, M. F., Hadiati, E., & Yetri, Y. (2025). Implementasi Kurikulum Merdeka dalam Rangka Mewujudkan Profil Pelajar Pancasila dan Profil Pelajar Rahmatan Lil Alamin. *JIIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(5), 5088–5095. <https://doi.org/10.54371/jiip.v8i5.7954>