

**PENGEMBANGAN LKM ELEKTRONIK BERBASIS
MODEL PBL DENGAN PENDEKATAN STEAM
UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR KRITIS MURID**

TESIS



Oleh:

Rizma Melisa Bonet

93223012

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2026**

**PENGEMBANGAN LKM ELEKTRONIK BERBASIS
MODEL PBL DENGAN PENDEKATAN STEAM
UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR KRITIS MURID**

TESIS

NAMA : Rizma Melisa Bonet

NIM : 93223012

Disetujui untuk disampaikan kepada panitia penguji

Pada Tanggal : 26 Januari 2026

Pembimbing

DOSEN PEMBIMBING 1



Dr. Astrid S.W. Sumah, M.Si.
NIDN. 0215128502

DOSEN PEMBIMBING 2



Dr. Wulandari Saputri, M.Pd.
NIDN. 0222109001

Mengetahui,

Direktur Program Pascasarjana



Dr. Ir. Mukhtarudin Muchsiri, M.P.
NIDN. 0212016802

**Ketua Program Studi
Pendidikan Biologi,**



Dr. Marlina Ummas Genisa, M.Sc.
NIDN. 0202107801

**PENGEMBANGAN LKM ELEKTRONIK BERBASIS
MODEL PBL DENGAN PENDEKATAN STEAM
UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN
BERPIKIR KRITIS MURID**

NAMA : Rizma Melisa Bonet

NIM : 93223012

TESIS

**Untuk memenuhi salah satu syarat ujian guna memperoleh gelar
Magister Pendidikan (M.Pd.) dalam Bidang Ilmu Pendidikan Biologi
dan telah disetujui oleh Tim Penguji pada tanggal 26 Januari 2026**

Palembang, 23 April 2026



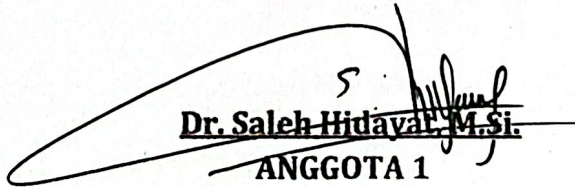
Dr. Astrid S.W. Sumah, M.Si.

KETUA



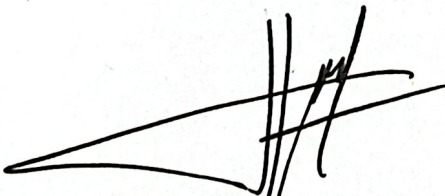
Dr. Wulandari Saputri, M.Pd.

SEKRETARIS



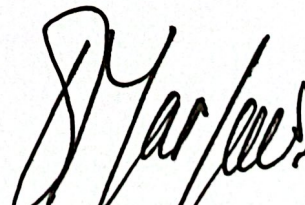
Dr. Saleh Hidayat, M.Si.

ANGGOTA 1



Dr. Bagas Rasid Sidik, M.Pd.

ANGGOTA 2



Dr. Marlina Ummas Genisa, M.Sc.

ANGGOTA 3

PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rizma Melisa Bonet
NIM : 93223012
Program Studi : Pendidikan Biologi
PPS Universitas Muhammadiyah Palembang

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik Magister Pendidikan baik di Universitas Muhammadiyah Palembang maupun di jurusan perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis mencantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Palembang, 23 April 2026
Yang membuat pernyataan



Rizma Melisa Bonet

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Aku membahayakan nyawa ibu untuk lahir ke dunia, jadi tidak mungkin aku tidak ada artinya dan aku membuat ayah bekerja setiap hari hingga lelah, jadi aku pastikan lelahnya tidak sia-sia”

“Non est ad astra mollis e terris via”

Tidak ada jalan yang mudah dari bumi menuju bintang

(Senece, Filsuf Yunani Kuno)

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan ridho-Nya sehingga penulis sampai pada tahap ini. Dengan bangga dan rasa syukur mempersembahkan tugas akhir ini kepada:

- 1. Orang tuaku Ibu Miskiah, S.Pd. dan Bapak Arifai, Kakak perempuanku Rizka Pratiwi Utami, S.P. dan Adikku Rizki Dimas Maulana, S.M. berkat dukungan dan doanya yang senantiasa mengiringi perjalanan selama menuntut ilmu.**
- 2. Almamaterku tercinta Universitas Muhammadiyah Palembang terutama Program Studi Pendidikan Biologi, Program Pascasarjana.**
- 3. Terakhir, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri Rizma Melisa Bonet, karena telah bertahan sejauh ini. Terima kasih karena tidak menyerah ketika jalan di depan terasa gelap, ketika keraguan datang silih berganti dan langkah terasa**

berat untuk di teruskan. Terima kasih karena tetap memilih untuk melanjutkan walau seringkali tidak tahu pasti kemana arah ini akan membawa. Terima kasih telah menjadi teman paling setia bagi diri sendiri yang hadir dalam sunyi, dalam lelah dan dalam diam yang penuh tanya. Terima kasih karena sudah mempercayai proses meski hasil belum sesuai dengan harapan, meski harus menghadapi kegagalan, kebingungan bahkan perasaan ingin menyerah. Terima kasih karena tetap jujur pada rasa takut namun tidak membiarkan rasa takut itu membatasi langkah, karena keberanian bukanlah ketiadaan rasa takut melainkan keinginan untuk tetap maju meski takut masih melekat erat. Terima kasih karena sudah berani memilih, memilih mencoba, memilih belajar dan memilih menyelesaikan apa yang telah kamu mulai.

**Pengembangan LKM Elektronik Berbasis Model PBL
dengan Pendekatan STEAM untuk Meningkatkan
Keterampilan Berpikir Kritis Murid**

Rizma Melisa Bonet

Bonet, Rizma Melisa. 2026. Pengembangan LKM Elektronik Berbasis Model PBL dengan Pendekatan STEAM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Murid. Tesis, Program Studi Pendidikan Biologi, Program Pascasarjana, Universitas Muhammadiyah Palembang. Pembimbing: (I) Dr. Astrid S.W. Sumah, M.Si. (II) Dr. Wulandari Saputri, M.Pd.

Abstrak

Keterampilan abad 21 yaitu suatu keterampilan penting yang harus dikuasai oleh setiap orang agar berhasil dalam menghadapi tantangan dan permasalahan hidup, salah satunya adalah kemampuan berpikir kritis. Fakta yang ditemukan pembelajaran yang berlangsung di SMA Negeri 11 Palembang belum secara optimal mendukung pengembangan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Hal ini berkaitan dengan bahan ajar yang digunakan didapatkan bahwa dalam proses pembelajaran masih bersifat konvensional yaitu buku teks sebesar 67%, penugasan sebesar 56% dan pemecahan masalah sebesar 0%. Tujuan penelitian mengembangkan LKM elektronik berbasis model PBL dengan pendekatan STEAM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis murid. Populasi penelitian SMA Negeri 11 Palembang dan sampel penelitian murid kelas X.2 dan X.5. Metode penelitian menggunakan 4D yaitu define, design, develop dan disseminate. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan wawancara dan angket. Hasil define bahwa guru dan peserta didik membutuhkan LKM elektronik materi bioteknologi karena membantu dan mempermudah murid untuk meningkatkan berpikir kritis. Hasil design membuat soal berpikir kritis dan format rancangan LKM elektronik. Hasil develop kelayakan bahan ajar yang dikembangkan dari aspek bahasa 87% (kategori sangat baik), materi 91% (kategori sangat baik), aspek media 88% (kategori sangat baik), aspek perangkat pembelajaran 97% (kategori sangat baik), dan aspek evaluasi 89% (kategori sangat baik). Soal berjumlah 8 dikatakan valid dengan reliabilitas 0,664 kategori baik. Analisis data uji Normalitas, uji Homogenitas, uji Wilcoxon, uji Mann Whitney, uji Effect Size dan N-gain. Hasil disseminate dengan uji efektivitas diperoleh adanya perbedaan antara hasil kemampuan berpikir kritis murid pretest-posttest kelas kontrol dan kelas eksperimen. Kepraktisan bahan ajar dikategorikan praktis oleh guru dengan persentasi 91% (kategori sangat praktis) dan bahan ajar dapat terbaca dengan sangat baik oleh peserta didik persentasi 81% (kategori sangat kuat). Nilai Effect Size adalah 0,761 (kriteria sedang). Nilai N-gain pada kelas kontrol 0,33 kriteria rendah dan kelas eksperimen 0,78 kriteria tinggi.

Kata Kunci: *Keterampilan berpikir kritis, Bioteknologi, LKM Elektronik, Problem-Based Learning*

**Development of Electronic Student Activity Sheets
Based on PBL Model With STEAM Approach to Improve
Students Critical Thinking Skills**

Rizma Melisa Bonet

Bonet, Rizma Melisa. 2026. Development of Electronic Student Activity Sheets Based on PBL Model with STEAM Approach to Improve Students Critical Thinking Skills. Thesis. Biology Education Study Program, Postgraduate Program, Muhammadiyah University of Palembang. Advisor (I) Dr. Astrid S.W. Sumah, M.Si. and (II) Dr. Wulandari Saputri, M.Pd.

Abstract

21st century skills are important skills that must be mastered by everyone to succeed in facing life's challenges and problems, one of which is critical thinking skills. The facts found that learning taking place at SMA Negeri 11 Palembang has not optimally supported the development of students' critical thinking skills. This is related to the teaching materials used, it was found that in the learning process it is still conventional, namely textbooks at 67%, the most dominant learning method used by teachers is assignments with a percentage of 56% and problem solving at 0%. The purpose of the study was to develop electronic LKM based on the PBL model with a STEAM approach to improve students' critical thinking skills. The research population was SMA Negeri 11 Palembang and the research sample was students in grades X.2 and X.5. The research method used 4D, namely define, design, develop and disseminate. Data collection techniques were carried out using interviews and questionnaires. The results define that teachers and students need electronic LKM on biotechnology material because it helps and makes it easier for students to improve critical thinking. The design results create critical thinking questions and electronic LKM design formats. The results of the development of the feasibility of the developed teaching materials from the language aspect are 87% (very good category), material 91% (very good category), media aspect 88% (very good category), learning device aspect 97% (very good category), and evaluation aspect 89% (very good category). 8 critical thinking questions are said to be valid with a reliability of 0.664 in the good category. Data analysis was the Normality test, Homogeneity test, Wilcoxon test, Mann Whitney test, Effect Size test and N-gain test. The results of the Wilcoxon disseminate test and the Mann Whitney test are that there is a difference between the results of students' critical thinking abilities in the pretest-posttest of the control class and the experimental class. The practicality of the teaching materials is categorized as practical by teachers with a percentage of 91% (very practical category) and the teaching materials can be read very well by students with a percentage of 81% (very strong category). Effect Size value is 0.761 (moderate criteria). The N-gain value in the control class was 0.33, a low criterion and the experimental class was 0.78, a high criterion.

Keywords: *Critical thinking skills, Biotechnology, Electronic LKM, Problem-Based Learning*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat, kasih, serta pertolongan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Pengembangan LKM Elektronik Berbasis Model PBL dengan Pendekatan STEAM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Murid”. Tesis ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister pada Program Pascasarjana.

Proses penyusunan tesis ini dapat terselesaikan berkat dukungan, arahan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Abid Djazuli, S.E., M.M., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang yang saya hormati.
2. Dr. Ir. Mukhtarudin Muchsiri, M.P., selaku Direktur Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Palembang yang saya hormati.
3. Dr. Marlina Ummas Genisa, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Biologi Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Palembang, yang senantiasa memberikan pandangan, saran yang konstruktif, serta dukungan dalam penyempurnaan penelitian ini.
4. Dr. Astrid S.W. Sumah, M.Si., dan Dr. Wulandari Saputri, M.Pd., selaku pembimbing 1 dan 2 serta validator tesis saya yaitu dari aspek bahasa Dr. Haryadi, M.Pd., aspek materi Dr. Meli Astriani, M.Si., kemudian aspek media Dr. Bagas Rasid Sidik, M.Pd., aspek perangkat Dini Afriansyah, M.Pd., aspek evaluasi Dr. Saleh Hidayat, M.Si., yang dengan penuh

kesabaran memberikan bimbingan, motivasi, dan arahan selama prose penyusunan tesis saya.

5. Seluruh dosen dan staf Program Pascasarjana yang telah membekali penulis dengan ilmu, bantuan administrasi, serta fasilitas selama proses studi.
6. Kedua orang tuaku, Miskiah, S.Pd. dan Arifai, Kakak perempuanku Rizka Pratiwi Utami, S.P. dan Adikku Rizki Dimas Maulana, S.M. berkat dukungan dan doanya yang senantiasa mengiringi perjalanan selama menuntut ilmu.
7. Pihak sekolah, guru, staf tata usaha, peserta didik di SMA Negeri 11 Palembang, sahabat mahasiswa Angkatan 11, 12 dan 13 yang terlibat yang telah membantu sehingga penelitian dapat terlaksana dengan baik dan menciptakan rasa persaudaraan, kebersamaan selama menempuh Pendidikan.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih memiliki berbagai kekurangan. Oleh sebab itu penulis sangat mengharapkan masukan dan kritik yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Penulis berharap karya tulis ini dapat memberi manfaat, terutama dalam pengembangan media pembelajaran serta peningkatan kemampuan berpikir kritis murid.

Palembang, April 2026

Rizma Melisa Bonet
NIM. 93223012

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN TESIS	ii
MOTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	9
C. Tujuan Pengembangan	9
D. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan.....	10
E. Manfaat Pengembangan	11
F. Definisi Istilah	12
BAB II KAJIAN PUSTAKA	14
A. Berpikir Kritis.....	14
B. LKM Elektronik.....	18
C. <i>Problem-Based Learning</i>	20
D. STEAM	23
E. Materi Bioteknologi.....	28
F. Kajian Penelitian yang Relevan	33
G. Kerangka Berpikir	38
BAB III METODE PENELITIAN	40
A. Model Pengembangan.....	40

B. Prosedur Pengembangan.....	40
1. Tahap Pendefinisian (<i>Define</i>)	40
a. <i>Front End Analysis</i>	41
b. <i>Learner Analysis</i>	41
c. <i>Task Analysis</i>	42
d. <i>Concept Analysis</i>	43
e. <i>Specifying Instructional Objectives</i>	43
2. Tahap Perancangan (<i>Design</i>)	43
a. <i>Criterion-test Construction</i>	43
b. <i>Media Selection</i>	44
c. <i>Format Selection</i>	44
d. <i>Initial Design</i>	45
3. Tahapan Pengembangan (<i>Develop</i>).....	46
a. <i>Expert Appraisal</i>	46
b. Revisi Produk.....	47
c. <i>Developmental Testing</i>	48
4. Tahapan Penyebaran (<i>Disseminate</i>)	48
C. Desain Uji Coba Produk	49
1. Desain Uji Coba.....	49
2. Subjek Uji Coba.....	50
3. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data	50
a. Wawancara.....	50
b. Angket	50
c. Observasi	51
d. Soal	51
4. Teknik Analisis Data.....	51
a. Kevalidan.....	51
b. Analisis Kepraktisan e-LKPD.....	53
c. Analisis Efektivitas e-LKPD	56
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	60
A. Hasil Pengembangan	60

1. Tahap Pendefinisian (<i>Define</i>)	60
<i>a. Front End Analysis</i>	61
<i>b. Learner Analysis</i>	63
<i>c. Task Analysis</i>	64
<i>d. Concept Analysis</i>	64
<i>e. Specifying Instructional Objectives</i>	65
2. Tahap Perancangan (<i>Design</i>)	65
<i>a. Criterion-test Construction</i>	66
<i>b. Media Selection</i>	66
<i>c. Format Selection</i>	66
<i>d. Initial Design</i>	69
3. Tahapan Pengembangan (<i>Develop</i>).....	70
<i>a. Expert Appraisal</i>	70
<i>b. Developmental Testing</i>	83
4. Tahapan Penyebaran (<i>Disseminate</i>)	87
<i>a. Validation Testing</i>	87
<i>b. Packaging</i>	97
<i>c. Diffusion and Adaptation</i>	97
B. Kajian Produk Akhir	97
1. Kevalidan LKM Elektronik Berbasis PBL	97
2. Kepraktisan LKM Elektronik Berbasis PBL.....	102
3. Efektivitas LKM Elektronik Berbasis PBL.....	104
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	120
A. Simpulan Tentang Produk.....	120
B. Saran Pemanfaatan Produk.....	121
C. Desiminasi dan Pengembangan Produk Lebih Lanjut.....	122
DAFTAR PUSTAKA	124
LAMPIRAN	135

DAFTAR TABEL

2.1 Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	18
2.2 Sintaks Model PBL	22
2.3 Aspek-Aspek Model Pendekatan STEAM.....	26
2.4 Hubungan Sintaks PBL, STEAM Dan Berpikir Kritis.....	27
3.1 Format Awal Daftar Isi LKM Elektronik.....	44
3.2 Langkah Tahap Pengujian Hasil Pengembangan	48
3.3 Desain Penelitian.....	50
3.4 Kategori Skala Likert.....	52
3.5 Kriteria Kelayakan Dan Revisi Produk.....	52
3.6 Kategori Interval Pedoman Penskoran.....	53
3.7 Kategori Reliabilitas Butir Soal.....	53
3.8 Kriteria Kepraktisan Produk.....	54
3.9 Pedoman Pengambilan Keputusan Praktisan Produk.....	55
3.10 Kriteria Keterlaksanaan Model Pembelajaran	56
3.11 Kategori Respon Murid	56
3.12 Kategori Skala <i>Effect Size</i>	69
4.1 Kompetensi Inti Penelitian	65
4.2 Format Rancangan LKM Elektronik.....	67
4.3 Hasil Validasi Ahli Bahasa.....	70
4.4 Saran Perbaikan Ahli Bahasa.....	72
4.5 Hasil Validasi Ahli Materi.....	72
4.6 Saran Perbaikan Ahli Materi.....	74
4.7 Hasil Validasi Ahli Media	75
4.8 Saran Perbaikan Ahli Media.....	77
4.9 Hasil Validasi Ahli Perangkat Pembelajaran.....	78
4.10 Saran Perbaikan Ahli Perangkat Pembelajaran.....	79
4.11 Hasil Validasi Ahli Evaluasi	80
4.12 Saran Perbaikan Ahli Evaluasi.....	82
4.13 Hasil Uji Coba Keterbacaan LKM Elektronik.....	84
4.14 Hasil Kepraktisan LKM Elektronik Guru	84

4.15 Hasil Data Validitas Soal	86
4.16 Hasil Data Reliabilitas Butir Soal	87
4.17 Hasil Analisis Uji Normalitas	88
4.18 Hasil Analisis Uji Homogenitas Kelas Kontrol	88
4.19 Hasil Analisis Uji Homogenitas Kelas Eksperimen	89
4.20 Hasil Uji Wilcoxon Kelas Kontrol	89
4.21 Hasil Uji Wilcoxon Kelas Eksperimen	90
4.22 Hasil Uji Mann Whitney	91
4.23 Kriteria Uji <i>Effect Size</i>	91
4.24 Kriteria Uji <i>N-gain</i>	92
4.25 Kriteria Uji <i>n-gain</i> Kelas Kontrol dan Eksperimen	92
4.26 Hasil Analisis Keterlaksanaan Model PBL	94
4.27 Hasil Analisis Data Respon Murid Kelas Kontrol	94
4.28 Hasil Analisis Data Respon Murid Kelas Eksperimen	95
4.28 Perbedaan Aspek Kelas Eksperimen dan Kontrol	118

DAFTAR GAMBAR

2.1 Kerangka Berpikir.....	39
3.1 Format Awal Desain LKM Elektronik.....	45
4.1 Analisis Bahan Ajar.....	60
4.2 Analisis Bentuk Dan Model Pembelajaran.....	62
4.3 Diagram Batang Hasil Penilaian Validator	83

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kisi Kisi Analisis Kebutuhan Murid.....	135
Lampiran 2. Analisis Kebutuhan Murid	136
Lampiran 3. Kisi Kisi Analisis Kebutuhan Guru.....	139
Lampiran 4. Analisis Kebutuhan Guru	140
Lampiran 5. Dokumentasi <i>Need Assesment</i>	145
Lampiran 6. Soal <i>Pretest</i> Dan <i>Posttest</i>	146
Lampiran 7. Instrumen Angket Validasi Para Ahli	157
Lampiran 8. Instrumen Angket Keterbacaan.....	172
Lampiran 9. Instrumen Angket Kepraktisan Guru	174
Lampiran 10. Uji Validitas Dan Reliabilitas Soal	179
Lampiran 11. Hasil Uji Normalitas, Uji Homogenitas, Uji Wilcoxon, Uji Mann Whitney, <i>Effect Size</i> dan N-gain	181
Lampiran 12. Lembar Keterlaksanaan LKM Dengan PBL.....	184
Lampiran 13. Lembar Keterlaksanaan Kelas Kontrol	189
Lampiran 14. Lembar Respon Murid	191
Lampiran 15. <i>Barcode Scan</i> LKM Elektronik.....	193
Lampiran 16. Poster Infografis	194
Lampiran 17. Modul Ajar	195
Lampiran 18. LKM Elektronik	203
Lampiran 19. Dokumentasi Penelitian.....	204

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada abad ke-21, perkembangan teknologi mendorong dunia memasuki era digitalisasi yang masif, yaitu revolusi industri 4.0. Fenomena ini membuat teknologi dan informasi sebagai pilar utama dalam setiap sendi kehidupan manusia. Perubahan menuju masyarakat berbasis pengetahuan (*knowledge society*) menuntut penguasaan kompetensi global, khususnya dalam literasi teknologi informasi dan komunikasi. Oleh karena itu, sektor pendidikan memegang peranan nyata dalam mencetak individu yang bukan sekedar memahami teknologi tetapi juga memiliki keterampilan berpikir kritis, kemampuan memecahkan masalah, komunikasi efektif dan juga kolaborasi (Effendi *et al.*, 2021).

Kemendikbud (2017), mengklasifikasikan kecakapan abad ke-21 ke dalam empat kategori utama, yakni kreativitas, kolaborasi, komunikasi, dan berpikir kritis. Penguasaan terhadap kemampuan berpikir kritis secara khusus menjadi tuntutan kompetensi yang mendasar bagi seluruh murid dalam sistem pendidikan modern (Wahyuni *et al.*, 2022). Berpikir kritis mencerminkan penguasaan perspektif kognitif yang memungkinkan seseorang untuk mendemonstrasikan penalaran yang valid dan menyajikan penjelasan yang sesuai (Aisyah & Dewi, 2019).

Menurut Fardani & Surya (2017), jika murid telah memiliki sifat berpikir kritis di dalam kehidupannya, maka ia akan memiliki karakter yang sangat kuat dan tidak mudah goyah, Menurut Hasibuan & Surya (2016), penguasaan

berpikir kritis sangat krusial dalam mempersiapkan murid menghadapi hambatan di berbagai aspek, mulai dari jenjang karier hingga tanggung jawab personal. Berpikir kritis berperan sebagai fondasi utama dalam beradaptasi dengan realitas masyarakat berbasis digital.

Berpikir kritis merupakan kemampuan untuk mengembangkan pola pikir yang disertai dengan kesadaran diri (*self-awareness*), serta kecakapan dalam memanfaatkan informasi guna meningkatkan kreativitas dan keberanian dalam mengambil keputusan. Hasibuan & Surya (2016) menyatakan berpikir kritis mendasari seseorang dalam menganalisis argumen dan mengembangkan pola pikir. Aspek kognitif ini menuntut ketajaman dalam mengenali masalah demi menghasilkan simpulan atau solusi yang didasarkan pada olah pikir logis dan objektif (Khoiriyah, 2018).

Permasalahan yang muncul di SMA Negeri 11 Palembang berdasarkan hasil angket yang dilakukan tentang sistem pembelajaran guru yang mendorong murid untuk berpikir kritis menunjukkan bahwa 83% menyatakan bahwa sistem pembelajaran cenderung masih monoton. Dominasi penggunaan buku teks sebesar 67% di SMA Negeri 11 Palembang mengindikasikan bahwa bahan ajar yang digunakan masih bersifat konvensional. Akibatnya, kegiatan pembelajaran cenderung monoton dan belum optimal dalam melibatkan murid secara aktif untuk berpikir kritis. Meskipun terdapat penggunaan E-modul 14%, Lembar Kerja Murid (LKM) 14%, Youtube 3%, dan LKM elektronik 1%, persentase tersebut menunjukkan perlunya penyesuaian bahan ajar yang lebih adaptif dan interaktif.

Kurangnya bahan ajar inovatif berpengaruh besar terhadap penurunan hasil belajar murid yang dimulai dari murid yang merasa bosan dalam kegiatan pembelajaran serta mempengaruhi kemampuan berpikir kritis murid. Berdasarkan pengakuan tenaga pendidik di SMA Negeri 11 Palembang, teridentifikasi bahwa kemampuan berpikir kritis murid masih dikategorikan rendah. Hal ini tercermin dari kesulitan murid dalam melakukan analisis, pemecahan, hingga evaluasi masalah yang merupakan indikator utama berpikir kritis. Kondisi tersebut berkaitan dengan penerapan model pembelajaran yang masih bersifat konvensional dan berpusat pada guru (*teacher-centered*). Selain itu, kurangnya penyajian masalah yang relevan dengan kehidupan nyata menyebabkan murid cenderung hanya menghafal konsep tanpa memiliki ruang untuk mengeksplorasi solusi secara mandiri.

Proses pembelajaran Biologi di SMA Negeri 11 Palembang menunjukkan hasil 56% penugasan, 19% persentasi, 16% diskusi, 9% ceramah dan 0% pemecahan masalah/kasus. Sedangkan untuk pendekatan *science, technology, engineering, art, dan mathematics* (STEAM) dalam proses pembelajaran didapatkan hasil penerapan unsur sains 33%, penerapan unsur teknologi 28%, penerapan unsur teknik 19%, penerapan unsur seni 12% dan penerapan unsur matematika 8%. Berdasarkan angket yang telah disebarkan menurut peserta dan diperkuat dengan wawancara guru Biologi materi yang mereka anggap mudah adalah Keanekaragaman Hayati dan Ekosistem, sedangkan untuk materi yang sulit untuk lebih dipahami adalah materi Bioteknologi.

Salah satu upaya untuk dapat mencapai tujuan Pendidikan yang mampu mengembangkan sains dan teknologi yakni dengan menerapkan pembelajaran

era digitalisasi melalui pendekatan *science, technology, arts, and mathematics* (STEAM). Konsep STEAM mengarahkan murid dalam mengembangkan pola pikir holistik dalam menghadapi persoalan melalui lima aspek pendukungnya. Strategi ini dirancang agar murid mampu mengaplikasikan prinsip sains dan matematika ke dalam sebuah desain solusi yang inovatif. Relevansi pendekatan STEAM dalam sistem pendidikan modern terletak pada fungsinya yang mempersiapkan generasi muda agar siap dan mampu menyesuaikan diri dengan dinamika zaman (Mu'minah, 2021).

Solusi yang dapat dikaitkan dengan permasalahan ini adalah pengembangan bahan ajar yaitu pengembangan LKM elektronik. Kelebihan utama LKM elektronik berbasis pendekatan STEAM terletak pada kemampuannya dalam mengintegrasikan kemajuan teknologi melalui penyajian elemen video, gambar, serta animasi. Kehadiran komponen visual dan audiovisual tersebut berfungsi sebagai stimulan kognitif yang mampu mengakselerasi peningkatan kemampuan berpikir kritis murid dalam memahami sesuatu menjadi lebih nyata (Amalia *et al.*, 2022). Hal ini didukung oleh Hidayah & Kuntjoro (2022), efektivitas LKM elektronik menunjukkan hasil yang sangat signifikan pada seluruh dimensi berpikir kritis. Data menunjukkan bahwa indikator eksplanasi memperoleh persentase tertinggi 100%, disusul oleh inferensi 95% dan interpretasi 94%. Di samping itu, kemampuan analisis, regulasi diri, dan evaluasi masing-masing menunjukkan angka 92%, 91,75%, serta 88,75%, yang semuanya tergolong dalam kriteria interpretasi sangat baik.

Berlandaskan pada hasil penelitian Rahmadayanti *et al.*, (2022), penggunaan LKM elektronik pada murid kelas XI-MIA MAN 1 Banjarmasin, yang memuat aspek keterampilan berpikir kritis setiap murid memperlihatkan kategori baik. Penelitian Hariati *et al.*, (2020) hasil penelitian LKM elektronik dalam materi protista termasuk dalam kategori baik dalam aspek-aspek Keterampilan berpikir kritis dalam penelitian ini mengindikasikan bahwa implementasi LKM elektronik memiliki tingkat efektivitas yang signifikan dalam menunjang kegiatan pembelajaran.

Penelitian yang dilakukan Wahyuni *et al.*, (2022) hasil uji coba penggunaan LKM elektronik dengan model PBL pada topik konsep ekologi menunjukkan tingkat praktisitas dan efektivitas yang sangat tinggi. Penilaian murid mengonfirmasi bahwa media ini sangat praktis untuk digunakan. Selain itu keefektifan produk ini dalam menstimulasi keterampilan berpikir kritis murid yang mencakup enam parameter utama mulai dari analisis hingga pengaturan diri terbukti masuk dalam kriteria sangat memuaskan.

Selain dukungan media digital seperti LKM elektronik, penerapan model pembelajaran inovatif menjadi strategi krusial dalam mengasah kemampuan berpikir kritis. Model pembelajaran *Problem-Based Learning* (PBL) hadir sebagai solusi efektif karena sistem pembelajarannya menempatkan murid pada situasi yang relevan dengan realitas kehidupan mereka saat ini (Astuti *et al.*, 2018). Penggunaan LKM yang diintegrasikan dengan model PBL terbukti efektif dalam memfasilitasi peningkatan kognitif murid, khususnya pada aspek berpikir kritis. Efektivitas ini bersumber dari penyajian persoalan yang memiliki relevansi dengan realitas keseharian, yang mendorong murid untuk

berpartisipasi penuh dalam menganalisis fenomena nyata sebagai basis pengembangan pengetahuan mereka (Astuti *et al.*, 2018). Orientasi masalah dalam PBL berfokus pada isu-isu nyata yang ditemui murid dalam lingkup kehidupan sosial maupun lingkungan terdekatnya (Sari *et al.*, 2023).

Berdasarkan proses analisis data untuk mencari permasalahan yang sering muncul atau yang dialami oleh murid di SMA Negeri 11 Palembang, Pendekatan STEAM dapat membantu dalam pendidikan keterampilan pemecahan masalah. Melalui pendekatan STEAM, disiplin ilmu seperti sains, teknologi, teknik, seni, dan matematika tidak lagi diajarkan secara terpisah, melainkan dikolaborasikan dalam sebuah skema pembelajaran yang utuh. Hal ini bertujuan untuk mengasah kemampuan lintas disiplin bagi murid.

Penggabungan model PBL dan pendekatan STEAM bertujuan untuk menghadirkan pembelajaran yang terintegrasi secara utuh. Strategi penggabungan tersebut diimplementasikan dengan menyisipkan aspek-aspek STEAM yaitu *science, technology, engineering, arts, and mathematics* secara pada tiap fase dalam sintaks PBL. PBL mendorong murid untuk mengatasi masalah dunia nyata dengan cara yang kolaboratif dan berbasis riset, sementara STEAM memperkaya proses tersebut dengan menggabungkan aspek kreativitas, teknologi, dan seni. Integrasi kedua aspek tersebut berperan penting dalam memperdalam penguasaan konsep murid sekaligus menumbuhkan daya kritis serta kemampuan *problem-solving* yang krusial guna menghadapi tantangan global semakin kompleks dan dinamis.

Menurut Ali Rasyid (2019), penerapan model PBL STEAM terbukti mampu mengasah daya kreatif serta kecakapan murid untuk mencari solusi

atas suatu permasalahan. Retnowati *et al.*, (2021), menyatakan bahwa implementasi pembelajaran biologi pada topik perubahan lingkungan yang diintegrasikan dengan aspek kewirausahaan berbasis STEAM terbukti mampu mengoptimalkan keterampilan berpikir kritis sekaligus menumbuhkan orientasi berwirausaha pada murid.

Penelitian Hafizhah *et al.*, (2024), menunjukkan bahwa implementasi pendekatan STEAM pada mata pelajaran IPA terbukti efektif dalam memfasilitasi pendidik untuk mempertajam daya nalar kritis murid, terutama dalam penemuan solusi yang inovatif. Afifah & Endriana (2024) mengungkapkan bahwa penerapan model PBL berbasis pendekatan STEAM memberikan dampak signifikan terhadap level kecerdasan emosional serta ketajaman berpikir kritis murid kelas VIII MTs Mu'allimat NWDI Pancor dalam mempelajari materi koordinat kartesius.

Berdasarkan hasil penelitian Herlina *et al.*, (2022), tentang implementasi perangkat pembelajaran elektronik berbasis STEAM mendapatkan apresiasi tinggi, dengan tingkat respons murid mencapai 90,91% dan guru sebesar 85,25%. Data tersebut mengindikasikan bahwa murid kelas XI MIPA 1 SMA Negeri 6 Enrekang serta tenaga pendidik memberikan tanggapan positif terhadap penggunaan e-modul dan LKM elektronik yang diintegrasikan melalui model PjBL.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan murid SMA Negeri 11 Palembang menyatakan bahwa materi yang sulit pada pembelajaran biologi adalah materi bioteknologi sebesar 76%. Penerapan pendekatan STEAM dalam materi biologi memberikan kontribusi signifikan terhadap penguasaan kompetensi

abad ke-21, terutama dalam aspek penalaran kritis dan daya kreasi. STEAM diimplementasikan pada topik multidisiplin (bioteknologi, ekologi/perubahan lingkungan (Rahmadana & Agnesa, 2022). Pada penelitian Ratna *et al.*, (2023), terhadap efektivitas pembelajaran STEAM dalam kurikulum Biologi SMA mengungkapkan bahwa materi perubahan serta pelestarian lingkungan memperoleh capaian tertinggi, yakni 22,9%. Di posisi selanjutnya, materi bioteknologi menunjukkan potensi yang signifikan dengan angka 14,58%, mengindikasikan bahwa kedua topik ini efektif dalam pengaplikasian kerangka STEAM.

Berdasarkan masalah-masalah yang telah disampaikan, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul **“Pengembangan LKM elektronik Berbasis Model PBL dengan Pendekatan STEAM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Murid”**. Terdapat perbedaan dari penelitian sebelumnya yang hanya mengembangkan LKM elektronik dengan berbasis inkuiri seperti pada penelitian Rizkika *et al.*, (2022). LKM elektronik secara efektif dapat mendukung proses belajar yang mendorong keterampilan *Communication, Collaboration, Critical thinking and Creativity* (Hidayati & Darmuki, 2022).

Implementasi dalam penerapan STEAM pada pembelajaran biologi jenjang SMA masih sedikit walaupun sudah ada referensinya. Di Indonesia pengaplikasian STEAM paling banyak dilakukan pada jenjang SD (Rahmadana & Agnesa, 2022). Penelitian ini diharapkan dapat menjadi gambaran atau potensi untuk implementasi STEAM pada jenjang SMA.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana analisis kebutuhan terkait LKM elektronik berbasis model PBL dengan pendekatan STEAM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis murid SMA Negeri 11 Palembang?
2. Bagaimana validitas LKM elektronik berbasis model PBL dengan pendekatan STEAM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis murid SMA Negeri 11 Palembang?
3. Bagaimana kepraktisan LKM elektronik berbasis model PBL dengan pendekatan STEAM, dikembangkan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis murid SMA Negeri 11 Palembang?
4. Bagaimana efektivitas LKM elektronik berbasis model PBL dengan pendekatan STEAM, dikembangkan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis murid SMA Negeri 11 Palembang?

C. Tujuan Pengembangan

1. Menghasilkan analisis kebutuhan terkait LKM elektronik berbasis model PBL dengan pendekatan STEAM untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis murid SMA Negeri 11 Palembang.
2. Menghasilkan LKM elektronik berbasis model PBL dengan pendekatan STEAM yang valid, untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis murid SMA Negeri 11 Palembang.
3. Menghasilkan LKM elektronik berbasis model PBL dengan pendekatan STEAM yang praktis, untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis murid SMA negeri 11 Palembang.

4. Menghasilkan LKM elektronik berbasis model PBL dengan pendekatan STEAM yang efektif, untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis murid SMA Negeri 11 Palembang.

D. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

1. Luaran yang dihasilkan adalah Lembar Kerja Murid (LKM) elektronik berbasis model PBL dengan pendekatan STEAM yang memudahkan murid dalam melakukan proses pembelajaran.
2. Integrasi STEAM dalam model PBL dilakukan pada setiap langkahnya, namun tidak semua dimensi *science, technology, engineering, art, dan mathematics* tercermin secara bersamaan. Pada beberapa sintaks hanya mencakup beberapa aspek STEAM yang menonjol.
3. STEAM merupakan kerangka pembelajaran yang mengintegrasikan berbagai bidang mulai dari sains dan teknologi hingga teknik, seni, dan matematika secara holistik. Melalui pendekatan ini, disiplin ilmu tersebut tidak lagi diajarkan secara terpisah, melainkan dijalin menjadi satu kesatuan proses edukasi yang utuh, pendekatan yang memadukan beberapa disiplin ilmu yaitu sains, teknologi, teknik, seni dan matematika dalam suatu proses pembelajaran. **Pendekatan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA)** yaitu memahami proses fermentasi limbah organik oleh mikroorganisme bakteri seperti bakteri asam laktat, bakteri asam asetat dan bakteri pengurai. **Pendekatan teknologi (Technology)** yaitu menggunakan alat sederhana seperti botol plastik tertutup rapat dalam proses pembuatan ekoenzim. **Pendekatan teknik/rekayasa**

(Engineering) yaitu merancang wadah fermentasi yang sesuai (kedap udara, tidak bocor, tahan tekanan gas), dan menerapkan desain proses fermentasi yang efisien (rasio bahan organik: gula: air, waktu fermentasi optimal, pemilihan jenis limbah organik). **Pendekatan seni (Arts)**, yaitu akan memunculkan kreatifitas murid dalam pembuatan ekoenzim dengan tambahan aromaterapi seperti sereh, daun pandan, kayu manis, cengkeh, kemangi, kulit jeruk. **Pendekatan matematika (Mathematics)**, yaitu menghitung perbandingan campuran bahan (misalnya rasio 3:1:10:1 untuk limbah organik: gula: air : aroma terapi) dan mengukur dan menganalisis perubahan volume dan waktu fermentasi.

4. LKM elektronik dibuat dengan menggunakan aplikasi canva.
5. LKM elektronik yang disajikan dalam bentuk link yang dapat langsung diakses di *smarthpone* murid dengan pendekatan STEAM yang memudahkan murid dalam pelaksanaan aktivitas pembelajaran.

E. Manfaat Pengembangan

Manfaat yang diharapkan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagi Guru, dapat memudahkan guru dengan adanya LKM elektronik berbasis model PBL dengan pendekatan STEAM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis murid pada materi bioteknologi.
2. Bagi Murid, menambah pengalaman belajar, menumbuhkan kreativitas dan kemampuan berpikir kritis murid dengan adanya LKM elektronik berbasis model PBL dengan pendekatan STEAM pada materi bioteknologi.

3. Bagi Peneliti, meningkatkan kreativitas peneliti dalam mengembangkan suatu perangkat pembelajaran berbasis teknologi, serta menambah wawasan, pengetahuan dan pengalaman dalam mengembangkan LKM elektronik berbasis model PBL dengan pendekatan STEAM untuk optimalisasi kemampuan berpikir kritis pada topik bioteknologi bertujuan untuk membekali peneliti dengan kompetensi pedagogis yang esensial bagi karier mereka sebagai pendidik di masa depan.
4. Bagi Sekolah, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi positif yang selaras dengan tuntutan transformasi sistem pembelajaran modern. Selain itu, model ini dapat diposisikan sebagai referensi media pembelajaran untuk berbagai materi pelajaran lainnya.

F. Definisi Istilah

1. Lembar Kerja Murid (LKM) merupakan instrumen pembelajaran dalam bentuk cetak maupun digital yang memuat panduan sistematis bagi murid dalam memberikan arahan yang jelas dalam mengeksplorasi materi serta menyelesaikan tugas-tugas pembelajaran (Effendi *et al.*, 2021).
2. LKM elektronik merupakan lembar kerja yang berisi kegiatan terstruktur yang harus dilakukan murid untuk menyelidiki dan memecahkan masalah dalam bentuk media elektronik. Komponen LKM elektronik yaitu sampul, lembar identitas, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, petunjuk penerapan LKPD, peta konsep, capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, uraian materi, langkah pembelajaran & daftar pustaka (Rahayu *et al.*, 2021).

3. Keterampilan berpikir kritis didefinisikan sebagai aktivitas kognitif yang mengedepankan aspek penalaran logis serta evaluasi reflektif. Indikator berpikir kritis mengacu pada kemampuan seseorang untuk menganalisis, mengevaluasi, dan menyimpulkan informasi secara logis dan objektif. Tiga indikator berpikir kritis, yakni interpretasi, analisis, serta inferensi. Kompetensi tersebut juga diperkuat dengan kemampuan mengevaluasi informasi, memberikan penjelasan yang sistematis, dan melakukan pengaturan diri dalam memecahkan masalah (Fridanianti *et al.*, 2018).
4. STEAM adalah pendekatan yang merepresentasikan sebuah model instruksional yang mengintegrasikan bidang sains, teknologi, teknik, dan matematika dengan unsur seni secara holistik dalam suatu proses pembelajaran (Halimatu Sadiyah *et al.*, 2020)
5. Model pengembangan merupakan suatu pendekatan atau kerangka kerja yang digunakan secara sistematis dalam proses perancangan, pelaksanaan, dan penilaian terhadap sistem atau produk pada berbagai bidang, termasuk teknologi informasi, pendidikan, bisnis, serta pengembangan produk (Putri & Taqiudin, 2021).
6. *Problem-Based Learning* (PBL) menitikberatkan pada penggunaan isu-isu kontekstual dari dunia nyata sebagai sarana bagi murid untuk mengonstruksi pemahaman konsep melalui penalaran kritis dan kecakapan pemecahan masalah, meliputi orientasi pada persoalan, mengorganisasikan belajar murid, pendampingan investigasi baik individu maupun grup, penyusunan serta pemaparan hasil karya, dan evaluasi terhadap proses penyelesaian masalah (Syawaly & Hayun, 2020).

DAFTAR PUSTAKA

- Adikalan, T. H., & Wicaksono, I. (2022). Kemampuan Inkuiri Siswa SMP dalam Pembelajaran IPA Memanfaatkan Media E-LKPD. 1, 39–45.
- Adisel, Aulannisa, A., Syafri, F, S, & S. (2021). Pengaruh Model Paikem Gembrot terhadap Hasil belajar Matematika Siswa Klas IV SD. *Journal of Elementary Schoo (JOES)*, 4(2), 1–10.
- Afifah, N., & Endriana, N. (2024). Pengaruh Pembelajaran STEAM Dengan Model Problem Based Learning (PBL) Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Kecerdasan Emosional Siswa. 2(1), 40–45. <http://doi.org/00.0000/notasi.v1i1.xxxx>
- Agustina, F. (2016). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Konsep Pencemaran Lingkungan Menggunakan Model Pembelajaran Berdasarkan Masalah Untuk SMA Kelas X Agustina. *Jurnal Edusains*, 4, 94–103.
- Aisyah, A., & Dewi, S. (2019). Pengembangan Soal Tipe Pisa Untuk Mengukur Kemampuan Komunikasi Matematis Siswa Tingkat Sekolah Menengah Pertama Di Kota Jambi. *PHI: Jurnal Pendidikan Matematika*, 2(2), 78. <https://doi.org/10.33087/phi.v2i2.34>
- Akbar, S. (2013). *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Rosdakarya.
- Alfiandri, N., Safilu, S., & Samai, S. (2024). Pengaruh Strategi Problem Based Learning (PBL) terhadap Kemampuan Literasi Sains dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Perubahan Lingkungan Kelas X di SMA Negeri 12 Kendari. *Jurnal Biofiskim : Pendidikan Dan Pembelajaran IPA*, 6(2), 1–15.
- ALI RASYID, M. (2019). Kemampuan Komunikasi Matematis Dalam Pembelajaran. *International Journal of Innovative Research in Computer Science and Technology*, 5 NO.1(1), 77–86.
- Amalia, D., Zaini, M., & Halang, B. (2022). Kualitas Lkpd Elektronik Pada Konsep Plantae Berbasis Keterampilan Berpikir Kritis Jenjang Sma. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Biologi*, 3(1), 12–20. <https://doi.org/10.26740/jipb.v3n1.p12-20>
- Anggrawina, Arida, Ajeng, W., & Fitrihidajati, H. (2025). Validitas Dan Kepraktisan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-Lkpd) Interaktif Berorientasi Project Based Learning Pada Materi Perubahan Lingkungan Untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis. 14(2), 483–491. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/bioedu>
- Anisatur, R., Henry, S. J., & Ikha, L. (2020). Pengembangan E-Magazine Berbasis Android Dalam Pembelajaran Kelas V Sekolah Dasar Anisatur. 7, 290–296.
- Arends, R. I. (2012). *Learning To Teach Ninth Edition*. McGraw-Hill.
- Arikunto, S. (2006). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. PT. Rineka Cipta.
- Astuti, S., Danial, M., & Anwar, M. (2018). Pengembangan Lkpd Berbasis Pbl (Problem Based Learning) Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik Pada Materi Keseimbangan Kimia. *Chemistry Education Review (CER)*, 1, 90. <https://doi.org/10.26858/cer.v0i1.5614>
- Ati, T. P., & Setiawan, Y. (2020). Efektivitas Problem Based Learning-Problem

- Solving Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dalam Pembelajaran Matematika Siswa Kelas V. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 4(1), 294–303. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v4i1.209>
- Bakri, F., Permana, H., Wulandari, S., & Mulyati, D. (2020). Student worksheet with ar videos: Physics learning media in laboratory for senior high school students. *Journal of Technology and Science Education*, 10(2), 231–240. <https://doi.org/10.3926/JOTSE.891>
- Budiyono, A., Husna, H., & Wildani, A. (2020). Pengaruh Penerapan Model Pbl Terintegrasi Steam Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Ditinjau Dari Pemahaman Konsep Siswa. 12(2), 166–176.
- Delceria, S., & Dorlan, N. (2023). Mampu Menggunakan Bahasa Yang Komunikatif. *Jurnal Pendidikan Sosial Dan Humaniora*, 2(4), 12724–12735.
- Dermawati, N., Suprpta, & Muzakkir. (2019). Pengembangan lembar kerja peserta didik (LKPD) berbasis lingkungan. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(1), 74–78. <http://journal.uin-alauddin.ac.id/indeks.php/PendidikanFisika%0Ap-ISSN>:
- Desmawati, N., Damanik, D. M., Najooan, J. J., Dien, J. B., Thamin, A. M., & Maramis, A. (2023). Penggunaan ragi dalam mempercepat reaksi fermentasi terhadap pembuatan eco-enzyme dalam upaya pengolahan limbah organik. 25(November), 273–278.
- Dewi, I., Ambarsari, L., & Maddu, A. (2020). Utilization of Ecoenzyme Citrus reticulata in a microbial fuel cell as a new potential of renewable energy. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 23(2), 61–67. <https://doi.org/10.14710/jksa.23.2.61-67>
- Dewi, L. C., Imansyah, H., & Prakoso, A. S. (2024). Model Pembelajaran Berbasis Masalah untuk Meningkatkan Literasi Sains Peserta Didik. *Jurnal Jendela Pendidikan*, 4(2), 48–60.
- Dulyapit, A., & Lestari, S. (2024). Metode Ceramah Dalam Pendidikan Madrasah Ibtidaiyah : Analisis Literatur Tentang Implementasi Dan Dampaknya. 4(2), 45–56.
- Dwi Iksari, & Firmansyah, F. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning Berbantuan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) terhadap Kemampuan Penalaran Matematis Siswa di MTs. Lab Ikip Al-Washliyah Medan. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika Al Qalasadi*, 7(1), 55–65. <https://doi.org/10.32505/qalasadi.v7i1.5882>
- Effendi, R., Herpratiwi, H., & Sutiarto, S. (2021). Pengembangan LKPD Matematika Berbasis Problem Based Learning di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(2), 920–929. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i2.846>
- Endang Purnama, Suroso Mukti Leksono, Adi Nestiadi, & Septi Kurniasih. (2024). Pengembangan E-LKPD Tema Keaneakragaman Hayati Berbasis Hasil Riset untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Konservasi Siswa SMP Kelas VII. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 14(1), 194–199. <https://doi.org/10.37630/jpm.v14i1.1484>
- Evita, S. &. (2009). *Analisa Kimia Tanah, Tanaman, Air, Dan Pupuk*. Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.

- Facione, P. A. (2015). Permission to Reprint for Non-Commercial Uses Critical Thinking: What It Is and Why It Counts. *Insight Assessment*, 5(1), 1–30. www.insightassessment.com
- Fardani, Z., & Surya, E. (2017). Meningkatkan kemampuan berpikir kritis dalam pembelajaran matematika untuk membangun karakter bangsa. *Jurnal Pendidikan*, 2(2), 1–7.
- Fatriani, E., & Sukidjo, S. (2018). Efektivitas metode problem based learning ditinjau dari kemampuan berpikir kritis dan sikap sosial siswa. *SOCIA: Jurnal Ilmu-Ilmu Sosial*, 15(1), 11–26. <https://doi.org/10.21831/socia.v15i1.20089>
- Fitri, K., Wardana, F. Z., Zaydi, M., Fauzi, M., Elazasmira, Fadhilah, Andini, J., Tarigan, W. T., Fitri, S., S. M., Anggreani, G. V., & Oktari, C. (2023). Sosialisasi Pembuatan Ekoensim Berbahan Dasar Kulit Buah sebagai Pupuk Organik Cair terhadap Pertumbuhan Tanaman. *Correspondencias & Análisis*, 2(9), 1873–1878.
- Fitriana, Erwinda, Ana Fitrotun Nisa, H. M. Z. (2024). Penerapan *Project-Based Learning* Berbasis STEAM dalam pembelajaran Ips Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Dan Kewirausahaan Siswa Sekolah Dasar. *Scientific and Practical Journal "Stomatological Bulletin,"* 126(1), 184–189. <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2024-51-1.31>
- Fitriasari, D. N. M., & Yuliani, Y. (2021). Pengembangan Lembar Kegiatan Peserta Didik-Elektronik (E-LKPD) Berbasis Guided Discovery untuk Melatihkan Keterampilan Proses Sains Terintegrasi pada Materi Fotosintesis Kelas XII SMA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 10(3), 510–522. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v10n3.p510-522>
- Fitriyah, I. M. N., & Ghofur, M. A. (2022). Pengembangan E-Lkpd Berbasis Android Dengan Model Pembelajaran Problem Based Learning (Pbl) Untuk Meningkatkan Berpikir Kritis. *Jurnal Ekonomi Dan Pendidikan*, 18(2), 218–229. <https://doi.org/10.21831/jep.v18i2.41224>
- Fridanianti, A., Purwati, H., Hery Murtianto, Y., Kunci, K., Kritis, B., & Kognitif, G. (2018). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Dalam Menyelesaikan Soal Aljabar Kelas VII SMP Negeri 2 Pangkah Ditinjau dari Gaya Kognitif Reflektif dan Kognitif Impulsif. 9(1), 11–20.
- Gustiansyah, K., Sholihah, N. M., & Sobri, W. (2021). Pentingnya Penyusunan RPP untuk Meningkatkan Keaktifan Siswa dalam Belajar Mengajar di Kelas. *Idarotuna: Journal of Administrative Science*, 1(2), 81–94. <https://doi.org/10.54471/idarotuna.v1i2.10>
- Hafizhah, I., Iswandi, I., & Susiawati, I. (2024). Analisis Pembelajaran Berbasis STEAM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Pada Pelajaran IPA Kelas V. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(3), 1828–1841. <https://j-innovative.org/index.php/Innovative%0AAalisis>
- Halimatu Sadiyah, N., Hunafa Lestari, R., Melati, P., Kebon manggu Padasuka Cimahi, J., & Siliwangi, I. (2020). Upaya Meningkatkan Pengetahuan Sains Pada Anak Usia Dini Melalui Pembelajaran STEAM. *Ceria (Cerdas Energik Responsif Inovatif Adaptif)*, 3(3), 237–244. <https://www.journal.ikipsiliwangi.ac.id/index.php/ceria/article/view/4143>

- Hardiana, H., Sitompul, S. S., Tanjungpura, U., Artikel, I., & Education, J. (2024). *Efektivitas Model Pbl Dengan Pendekatan Steam*. 12(2), 282–291.
- Hariati, M., Zaini, M., & Kaspul, K. (2020). The Effectiveness of High School Biology Students Worksheets Based on Critical Thinking Skills on the Protista Concept. *BIO-INOVED : Jurnal Biologi-Inovasi Pendidikan*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.20527/bino.v2i1.7855>
- Hasanah, N., Yaumi, M., & Sulaiman, U. (2024). Pengaruh Penggunaan Bahan Ajar Berbasis Multimedia Terhadap Hasil Belajar Ips Kelas V Sd Inpres 6/86 Balle Kabupaten Bone. 06(1), 67–78.
- Hasibuan, S. H., & Surya, E. (2016). Analysis of Critical Thinking Skills Class X Smk Patronage State North Sumatra Province Academic Year 2015/2016. *Jurnal Saung Guru*, VIII(2), 175–179.
- Hendriani, M., & Gusteti, M. U. (2021). Validitas LKPD Elektronik Berbasis Masalah Terintegrasi Nilai Karakter Percaya Diri untuk Keterampilan Pemecahan Masalah Matematika SD Di Era Digital. 5(4), 2430–2439.
- Herlina, H., Ramlawati, R., & Hasri, H. (2022). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Elektronik Berbasis STEAM untuk Meningkatkan Minat dan Hasil Belajar. *Chemistry Education Review (CER)*, 5(2), 198. <https://doi.org/10.26858/cer.v5i2.32731>
- Herniningtyas, F., Istiana, R., & Herawati, D. (2022). Penyusunan LKPD berbasis STEM pada materi perubahan lingkungan. *Jurnal FKIP Untad*, 1(1), 67–81.
- Hidayah, I. N., & Kuntjoro, S. (2022). Pengembangan E-LKPD Perubahan Lingkungan Berbasis Science Literacy untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik Kelas X SMA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 11(2), 384–393. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v11n2.p384-393>
- Hidayati, N. A., & Darmuki, A. (2022). Penggunaan E-LKPD Berbasis Pembelajaran STAD untuk Meningkatkan Kemampuan Hasil Belajar Menulis. *Media Penelitian Pendidikan : Jurnal Penelitian Dalam Bidang Pendidikan Dan Pengajaran*, 16(1), 39–48. <https://doi.org/10.26877/mpp.v16i1.12078>
- Hotimah, H. (2020). Penerapan Metode Pembelajaran Problem Based Learning Dalam Meningkatkan Kemampuan Bercerita Pada Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Edukasi*, 7(3), 5–11.
- Indira, T., Somakim, & Susanti, E. (2017). *Pendekatan Pendidikan Matematika Realistik Indonesia*. 61–75.
- JK, AKR, & Yuliani, Y. (2021). Development of Inquiry-Based Electronic Student Worksheets (E-LKPD) on Photosynthesis Sub-Material to Improve Students' Argumentation Skills. *Scientific Periodical of Biology Education (BioEdu)*, 10(3), 663–673. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v10n3.p663-673>
- Junaidi. (2020). Implementasi Model Pembelajaran Problem Based Learning Dalam Meningkatkan Sikap Berpikir Kritis. 9(1), 25–35.
- Juniar, A., Siregar, J., Silalahi, A., Suyanti, R. D., & Mistryanto, P. (2019). Pengembangan Bahan Ajar Reaksi Redoks Berorientasi PBL (Problem Based Learning). *Talenta Conference Series: Science and Technology (ST)*, 2(1), 259–263. <https://doi.org/10.32734/st.v2i1.354>

- Kemendikbud. (2017). Penyelenggaraan Pendidikan Sistem Ganda pada Sekolah Menengah Kejuruan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Khoiriyah, N. (2018). Implementasi Pendekatan Pembelajaran Stem Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Sma Pada Materi Gelombang Bunyi.
- Kholida, S. (2021). Pemanfaatan Bahan Ajar untuk Mencapai Tingkat Keberhasilan Belajar Siswa dalam Pembelajaran. *5(1)*, 53–66.
- Kumar. (2012). Mathematic Performance of Primary School Students in Assam (India: An Analysis Using Newman Procedure. *International Journal of Computer Application in Engineering Sciences*, *1(1)*, 36–45.
- Lestarringsih, E. D. (2017). Pengembangan Model Problem Based Learning Dan Blended Learning Dalam Pembelajaran Pemantapan Kemampuan Profesional Mahasiswa. *LITE : Jurnal Bahasa, Sastra Dan Budaya*, *13(2)*, 105–112.
- Lubis, N., Wasito, M., Marlina, L., Ananda, S. T., & Wahyudi, H. (2022). Potensi ekoenzim dari limbah organik untuk meningkatkan produktivitas tanaman. *Seminar Nasional UNIBA Surakarta 2022, Hasanah 2021*, 182–188.
- Made, D., & Putra, D. (2023). Pembelajaran STEAM Berbasis Studi Kasus Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas VI Sekolah Dasar. *14(2)*, 165–171.
- Mamombe, C. (2024). Active Versus Passive Learning : Comparative Case Study Of Problem-Solving Competencies In Stoichiometry. *20(6)*.
- Margareta, I. R., & Purnomo, T. (2018). Validitas Lkpd Berbasis Problem Based Learning (Pbl) Pada Materi Perubahan Lingkungan Untuk Melatihkan Keterampilan Proses Sains. *BioEdu Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, *7(2)*, 113–118. <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/bioedu>
- Martawijaya, M, A., Rahmadhanningsih, S., Swandi, A., Hasyim, M., & Sujiomo, E, H. (2023). *The Effect Of Applying The Ethno-Stem-Project-Based Learning Model On Students' Higher-Order Thinking Skill And Misconception Of Physics Topics Related To Lake Tempe, Indonesia*. *12(1)*, 1–13. <https://doi.org/10.15294/jpii.v12i1.38703>
- Melalui, S., Terintegrasi, P. B. L., Di, S., & Negeri, S. M. P. (2024). *Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Dan Komunikasi Matematis Siswa Melalui Pbl Terintegrasi Steam Di Smp Negeri 10 Medan Ernawati Br Samosir*. *09(September)*.
- Melina, I., Fitriyah, N., & Ghofur, M. A. (2021). Pengembangan E-Lkpd Berbasis Android Dengan Model Pembelajaran Problem Based Learning (Pbl) Untuk Meningkatkan Berpikir Kritis. *18(1)*, 218–229.
- Mu'minah, I. H. (2021). Studi Literatur: Pembelajaran Abad-21 Melalui Pendekatan Steam (Science, Technology, Engineering, Art, and Mathematics) dalam Menyongsong Era Society 5.0. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, *3*, 584–594.
- Muriati, S. (2013). Pengembangan Bahan Ajar Bilogi Sel dengan Model Addie pada Program Studi Pendidikan Biologi UIN Alauddin Makasar. Program Pascasarjana Universitas Negeri Malang.
- Muslimin. (2025). Efektifitas Pembelajaran STEAM terhadap Keterampilan

- Berpikir Kritis Peserta Didik pada Pembelajaran IPAS di Sekolah Dasar Muslimin. *4*(1), 64–71.
- Ningtyas, E. A., Zaini, M., & Kaspul, K. (2023). Analisis Validitas LKPD Elektronik Pada Konsep Perubahan Lingkungan Berbasis Keterampilan Berpikir Kritis Jenjang SMA. *JUPEIS : Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Sosial*, *2*(1), 76–84. <https://doi.org/10.57218/jupeis.vol2.iss1.536>
- Nissa, I. C., Febrilia, B. R. A., & Pangga, D. (2023). Uji Keterbacaan Buku Ajar Matematika Dasar Untuk Mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Matematika: PowerMathEdu*, *2*(1), 1–8. <https://doi.org/10.31980/powermathedu.v2i1.2435>
- Novitasari, F., & Puspitawati, R. P. (2020). Pengembangan E-LKPD Berbasis Problem Solving. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, *1*(1), 24–34.
- Nugrono, Aji, B., & Haslina. (2022). Peningkatan Minat Belajar Siswa Menggunakan Model Problem Based Learning (PBL): Berbasis STEAM. *9*, 1–6.
- Nuragnia, B., Nadiroh, & Usman, H. (2021). Pembelajaran Steam Di Sekolah Dasar : Implementasi Dan Tantangan. *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, *6*(2), 187–197. <https://doi.org/10.24832/jpnk.v6i2.2388>
- Nurjanah, N., & Trimulyono, G. (2022). Pengembangan E-LKPD Berbasis Problem Based Learning untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis pada Materi Hereditas Manusia. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, *11*(3), 765–774. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v11n3.p765-774>
- Nurjanah, & Purwantoyo, E. (2023). Efektivitas Model Pembelajaran Project Based Learning Berbasis Steam Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Dan Keterampilan Proses Pada Materi Perubahan Lingkungan. *Prosiding Semnas Biologi XI Tahun 2023 FMIPA Universitas Negeri Semarang*, 211–217.
- Nurjannah, Susanti, R., & Jaenudin, R. (2022). Analisis Kebutuhan Bahan Ajar E-LKPD Menggunakan Aplikasi LiveWorksheet Pada Mata Pelajaran IPA SMP. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, *7*(12), 16734–16744.
- Nurkasanah, Hilda, S., Suryanti, & Sari, Ayu, Silvi, L. (2025). Kemampuan Siswa Pada Materi Aljabar Dengan Realistic Mathematics Education (RME) Berdasarkan Tahapan Berpikir Kritis Facione. *Jurnal Pendidikan Matematika*, *4*(4), 969–977.
- Nurlatifah, Ahman, Machmud, S. (2021). Pedagonal : Jurnal Ilmiah Pendidikan. *Pedagonal: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, *05*(April), 15–18. <http://journal.unpak.ac.id/index.php/pedagonal>
- Nurmalasari, Radiah, Rahmawati, & Darmaniar. (2024). Penerapan Pembelajaran Kontekstual Berbasis Demonstrasi dalam Meningkatkan Hasil Belajar IPA dan Kemampuan Literasi Sains Siswa. *CJPE: Cokroaminoto Journal of Primary Education*, *7*(2), 495–505.
- Nuroniyah, A., Kosasih, U., Saputra, S., & Nusantara, U. I. (2022). *Pembelajaran Logaritma Melalui Permainan*. *05*, 435–443.
- Oktaviyanti, R., & Fadly, W. (2023). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Materi Klasifikasi Makhluk Hidup dan Benda Tak Hidup. *10*, 77–88.

- Pelamonia, J., Ginting, C., Kempa, E., & Tobing, D. (2025). *Students' critical thinking skills based on the STEAM approach: The issue of waste recycling and ecology*. 3(3), 396–413. <https://doi.org/10.62672/joease.v3i3.95>
- Permata, R. A., Rafida, T., & Sitorus, A. S. (2023). Pengaruh Pembelajaran STEAM Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Kreativitas Anak Usia 5-6 Tahun di RA Fathimaturridha Medan. *Jurnal Ilmiah Potensia*, 8(1), 170–182. <https://doi.org/10.33369/jip.8.1.170-182>
- Permatasari, A., & Kuntjoro, S. (2019). Validitas LKPD berbasis problem based learning pada materi daur ulang limbah untuk melatih kemampuan berpikir kreatif kelas X SMA. *Jurnal BioEdu*, 8(3), 129–134. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/bioedu/article/view/31350>
- Pratiwi, E. T., & Setyaningtyas, E. W. (2020). Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Melalui Model Pembelajaran Problem Based Learning dan Model Pembelajaran Project Based Learning. *Jurnal Basicedu*, 4(2), 379–388. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v4i2.362>
- Putra, M. (2023). *Pembelajaran STEM Terintegrasi*. Mafy Media Literasi Indonesia.
- Putri, S. U., & Taqiudin, A. A. (2021). Steam-PBL: Strategi Pengembangan Kemampuan Memecahkan Masalah Anak Usia Dini. *Jurnal Obsesi: Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 6(2), 856–867. <https://doi.org/10.31004/obsesi.v6i2.1270>
- Rahayu, S., Ladamay, I., Ulfatin, N., Kumala, F. N., & Watora, S. A. (2021). Pengembangan Lkpd Elektronik Pembelajaran Tematik Berbasis High Order Thinking Skill (Hots). *EduHumaniora | Jurnal Pendidikan Dasar Kampus Cibiru*, 13(2), 112–118. <https://doi.org/10.17509/eh.v13i2.36284>
- Rahma, & Isralidin. (2022). Implementasi Steam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SD Negeri 1 Bireuen. *Jurnal Edukasi Matematika Dan Sains*, 3(1), 33–37.
- Rahmadana, A., & Agnesa, O. S. (2022). Deskripsi Implementasi STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematic) dan Integrasi Aspek “Art” Steam pada Pembelajaran Biologi SMA. *JOTE: Journal on Teacher Education*, 4(1), 190–201.
- Rahmadayanti, D., Zaini, M., & Kaspul, K. (2022). Keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar kognitif: Pembelajaran sistem peredaran darah menggunakan LKPD-Elektronik. *Practice of The Science of Teaching Journal: Jurnal Praktisi Pendidikan*, 1(2), 65–77. <https://doi.org/10.58362/hafecspost.v1i2.20>
- Ramadhanti, A., & Agustini, R. (2021). Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik Melalui Model Inkuiri Terbimbing Pada Materi Laju Reaksi. 7(2), 385–394.
- Ratna, D., Retnowati, R., & Kurniasih, S. (2023). Model dan Metode Pembelajaran Berbasis STEAM pada Mata Pelajaran Biologi SMA. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 11(1), 706. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v11i1.7454>
- Retnowati, L., Sugianto, S., & Alimah, S. (2021). The Development of Integrated Biology-Entrepreneurship Learning Design Based STEAM. *Journal of*

- Innovative Science Education*, 9(3), 124–129.
<https://doi.org/10.15294/jise.v9i3.40833>
- Ridwan. (2010). *Variabel-Variabel Penelitian*. Alfabeta.
- Rijal, M. (2022). Application of Eco-enzymes from Nutmeg, Clove, and Eucalyptus Plant Waste in Inhibiting the Growth of *E. coli* and *S. aureus* In Vitro. *BIOSEL (Biology Science and Education): Jurnal Penelitian Science Dan Pendidikan*, 11(1), 31–44.
<https://jurnal.iainambon.ac.id/index.php/BS/article/view/4194>
- Risamasu, P. V. ., & Pieter, J. (2024). Pengembangan E-Lkpd Berbasis Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 14(1), 443–453.
- Risky, Y. et al. (2025). Pengaruh Model Pembelajaran Steam (Science, Technology, Engineering, Mathematic) Berbantuan Mind Mapping Dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Pada Mata Pelajaran IPAS SD. 3(1).
- Rizkika, M., Putra, P. D. A., & Ahmad, N. (2022). Pengembangan E-LKPD Berbasis STEM pada Materi Tekanan Zat untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP. *PSEJ (Pancasakti Science Education Journal)*, 7(1), 41–48. <https://doi.org/10.24905/psej.v7i1.142>
- Sani, R. N., & Ambarwati, R. (2024). Pengembangan E-Lkpd Berbasis Problem Based Learning (Pbl) Pada Submateri Upaya Pelestarian Keanekaragaman Hayati Untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Kelas X Sma. *BioEdu*, 13(2), 323–338. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/bioedu>
- Santoso, E., Sugiyanti, S., & Pramasdyah Sari, A. S. (2023). Pengembangan E-modul Berbasis Problem based learning Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP Materi Statistika. *JEID: Journal of Educational Integration and Development*, 3(2), 103–113.
<https://doi.org/10.55868/jeid.v3i2.286>
- Saputra Erwin, Setiawati Vera, Ummas M.G, S. A. S. W. (2024). Pembuatan Protufel (Produk Turunan F2 Eco Enzim Lengkuas) Dalam Mendukung Eco-Preneur Siswa. 1, 31–42.
- Sari, R., Komarayanti, S., & Mudayanti, A. R. (2023). Model Problem Based Learning (PBL) Dengan Pendekatan STEAM Sebagai Upaya Meningkatkan Keaktifan Belajar. *Jurnal Biologi*, 1(2), 1–10.
<https://doi.org/10.47134/biology.v1i2.1959>
- Sari, S. N., Maria, V., Rambitan, M., Purwati, S., & Makkadafi, S. P. (2025). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning Terintegrasi Steam Terhadap Literasi Sains Siswa Pada Mata Pelajaran Ipa Biologi Kelas Vii Di Smp Negeri 37 Samarinda. 5(4), 629–641.
- Sartika, R. P. (2018). Implementasi model problem based learning dalam meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa pada mata kuliah manajemen laboratorium. *Jurnal Edusains*, 10 (2), 197–205.
- Setiati, R., Besila, Q. A., Syavitri, D., Agung, P., & Widiyatni, H. (2023). Pembuatan Ekoenzim Dari Limbah Kulit Buah Nanas Pada Masyarakat Peduli Lingkungan Di Desa Cigombang, Bogor. *Magister Teknik Perminyakan, FTKE, Universitas Trisakti, Jl. Kyai Tapa No. 1 Grogol, Jakarta 11440, Indonesia*, 5(1), 27–36.

- Siloto, T. N., Hutauruk, A., & Sinaga, J. S. (2023). Pengembangan Modul Ajar Berbasis Kurikulum Merdeka Pada Materi Bentuk Aljabar Di Kelas VII SMP Negeri 13 Medan. *Jurnal Pendidikan*, 2(1), 30–35.
- Subekti, M. A. S., & S. (2019). Analisis kebutuhan E-LKPD untuk menstimulus kemampuan berpikir kritis dengan model pembelajaran discovery learning. 1(1), 185–192.
- Sugita, D., Sabela, E., Sari, Feni, M., Idayati, R., & Farah, E. (2025). *Literatur Review: Penerapan Pendekatan Steam Pada Pembelajaran Sains Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Dan Kreativitas Siswa Diyah*. 5(1), 103–114.
- Sugiyono. (2008). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Kombinasi (Mixed Methods)*. Alfabeta.
- Suhana, A., & Wardani, K. W. (2022). Pengembangan Media Diorama Berbasis Audiovisual untuk Meningkatkan Dimensi Bergotong Royong pada Pembelajaran IPS Materi Tindakan Heroik Mendukung Proklamasi Kemerdekaan Indonesia Kelas V Sekolah Dasar. *Jiip - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 5(12), 5289–5295. <https://doi.org/10.54371/jiip.v5i12.1202>
- Supriyani, Astuti, A. P., & Maharani, E. T. W. (2020). Pengaruh Variasi Gula Terhadap Produksi Ekoenzim Menggunakan Limbah Buah Dan Sayur. *Seminar Nasional Edusainstek*, 470–479.
- Suryaningsih, S., & Nurlita, R. (2021). Pentingnya Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) Inovatif dalam Proses Pembelajaran Abad 21. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 2(7), 1256–1268. <https://doi.org/10.36418/japendi.v2i7.233>
- Syamsi, Achmad, N., & Fitrihidajati, H. (2021). Validitas Lembar Kegiatan Peserta Didik (Lkpd) Berbasis Problembased Learning(Pbl) Padamateri Perubahan Lingkungan Untukmelatihkan Keterampilan Berpikirkritis Siswa Kelas X Sma. 10(2), 397–402.
- Syawaly, A. M., & Hayun, M. (2020). Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Representasi Matematis Siswa Sekolah Dasar. *Instruksional*, 2(1), 10. <https://doi.org/10.24853/instruksional.2.1.10-16>
- Tan, W., Samsudin, M. A., Ismail, M. E., Ahmad, N. J., & Talib, C. A. (2021). *Exploring the Effectiveness of STEAM Integrated Approach via Scratch on Computational Thinking*. 17(12).
- Thiagarajan. (1974). 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)
- Tobondo, Yuyun, A., & Putra, Sepryanus, R. (2025). Analisis Konseptual Pembelajaran Problem-Based Learning dan Implikasinya terhadap Pendidikan Inklusif Berbasis STEAM. 5(1), 1–9.
- Utami, M. M. I. P., Astuti, A. P., & Maharani, E. T. W. (2020). Manfaat Ekoenzim Dari Limbah Organik Rumah Tangga Sebagai Pengawet Buah Tomat Cherry. *Edusainstek*, 380–392.
- Vama, L., & Cherekar, M. N. (2020). Production, Extraction and Uses of Eco-Enzyme Using Citrus Fruit Waste: Wealth From Waste. *Biotech. Env. Sc*,

- 22(2), 2020–2346.
- Wahyuni, A. S., & Miterianifa, M. (2019). Desain Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Self-Efficacy Peserta Didik. *JTK (Jurnal Tadris Kimiya)*, 4(1), 78–90. <https://doi.org/10.15575/jtk.v4i1.4240>
- Wahyuni, E. N., Zaini, M., & Rezeki, A. (2022). Kualitas Lkpd Elektronik Berbasis Keterampilan Berpikir Kritis Pada Konsep Ekologi Jenjang Sma. *Padma Sari: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 1(02), 95–102. <https://doi.org/10.53977/ps.v1i02.382>
- Wati, R. T., & Yuliani. (2020). Pengembangan Lembar Kegiatan Peserta Didik (Lkpd) Berbasis Problem Based Learning (Pbl) Submateri Transpormembran Untukmelatihkan Keterampilan Berpikir Kritis. 9(1), 340–349.
- Wicaksono, D. (2014). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika Berbahasa Inggris Berdasarkan Teori Kecerdasan Majemuk (Mutiple Inteligences) pada Materi Balok dan Kubus untuk Keas VII SMP. *Jurnal Elektronik Pembelajaran Matematika*, 2(5), 534–549.
- Widoyoko, E. (2012). *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Pustaka Belajar.
- Widyastika, D., Wahyuni, N., Yusnita, N. C., Sakti, R., Daulay, A., Guru, P., Dasar, S., Battuta, U., Anak, P., Dini, U., Battuta, U., & Informasi, P. T. (2025). *Jurnal Ilmiah Pendidikan Citra Bakti Efektivitas Pendekatan STEAM Dalam Meningkatkan*. 12, 292–303.
- Wikaningrum, T., Hakiki, R., Astuti, M. P., Ismail, Y., & Sidjabat, F. M. (2022). the Eco Enzyme Application on Industrial Waste Activated Sludge Degradation. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 5(2), 115–133. <https://doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v5i2.13535>
- Wulandari, D. (2022). *Jurnal Aksioma Ad-Diniyyah : The Indonesian Journal of Islamic Studies Metode Pembelajaran Dalam Meningkatkan*.
- Yakman, Georgette, and H. L. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the US as a practical educational framework for Korea. *Ournal of the Korean Association for Science Education*, 32(6), 1072–1086.
- Yohanis. (2013). Pengembangan Modul Pembelajaran Fisika Bilingual Kelas X Pokok Bahasan Gerak Lurus di SMA Negeri 3 Jayapura. *Jurnal Ilmu Pendidikan Indonesia*, 13, 11–19.
- Yuberti dan Saregar, A. (2017). *Pengantar Metodologi Penelitian Pendidikan Matematika dan Sains*. Aura.
- Yuniar, V., & Hadi, S. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran PBL Berbasis STEM Menggunakan Bantuan Mind Mapping terhadap Peningkatan Kemampuan Berpikir Kreatif. *Jurnal Tadris IPA Indonesia*, 3(1), 44–54. <https://doi.org/10.21154/jtii.v3i1.1165>
- Zahro, Sofhia, M., Susanto, & Suwito, A. (2024). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas Xii Di Jember Pada Materi Dimensi Tiga. 4(2), 55–60.
- Zahroh, D. A. (2021). Development of Scientific Literacy-Based E-LKPD to Train Students' Critical Thinking Skills on Growth and Development Materials. *BioEdu Scientific Biology Education Periodical*, 10(3), 605–616.
- Zunaidah, F. N., & Amin, M. (2016). Pengembangan Bahan Ajar Matakuliah Bioteknologi Berdasarkan Kebutuhan Dan Karakter

Mahasiswa Universitas Nusantara PGRI Kediri. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 2(1), 19-30.