

PENGEMBANGAN LKPD PRAKTIKUM PENENTUAN TRAYEK PH INDIKATOR ALAMI DALAM MODEL *PROJECT BASE-LEARNING* UNTUK MENINGKATKAN MOTIVASI BELAJAR PESERTA DIDIK

Risnawati¹, Army Auliah², Muhammad Wijaya³

Universitas Negeri Makassar

e-mail: risnarahman.r@gmail.com

Diterima: 11/07/2026; Direvisi: 17/07/2026; Diterbitkan: 25/07/2026

ABSTRAK

Pembelajaran kimia memerlukan pengalaman belajar yang bermakna untuk meningkatkan motivasi belajar peserta didik, namun pelaksanaan praktikum di sekolah masih terbatas oleh sarana laboratorium dan belum didukung oleh LKPD praktikum yang memfasilitasi pembelajaran berbasis proyek. Penelitian ini bertujuan mengembangkan serta mengukur kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan LKPD praktikum penentuan trayek pH indikator alami dalam model *Project Based Learning* untuk meningkatkan motivasi belajar peserta didik. Penelitian menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE, melibatkan 35 peserta didik dan 1 guru kimia sebagai subjek penelitian. Data kevalidan diperoleh melalui lembar validasi ahli, data kepraktisan melalui angket respons guru dan peserta didik, serta data keefektifan melalui angket motivasi belajar (*pretest-posttest*) dan tes hasil belajar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa LKPD praktikum yang dikembangkan dinyatakan sangat valid dan layak digunakan berdasarkan penilaian validator, sangat praktis menurut respons guru maupun peserta didik, serta efektif dalam meningkatkan motivasi belajar terutama pada aspek terciptanya lingkungan belajar yang kondusif, di samping mendorong ketuntasan hasil belajar peserta didik pada materi asam basa. Dengan demikian, LKPD praktikum penentuan trayek pH indikator alami dalam model *Project Based Learning* dapat digunakan sebagai alternatif bahan ajar untuk mengoptimalkan praktikum kimia sekaligus meningkatkan motivasi belajar peserta didik.

Kata Kunci: LKPD Praktikum, PjBL, Motivasi Belajar

ABSTRACT

Chemistry learning requires meaningful learning experiences to enhance students' learning motivation, yet the implementation of practicums in schools remains limited by laboratory facilities and is not supported by practicum worksheets that facilitate project-based learning. This study aims to develop and measure the validity, practicality, and effectiveness of a practicum worksheet for determining the pH range of natural indicators within a *Project Based Learning* model to increase students' learning motivation. The study employed a *Research and Development* (R&D) method with the ADDIE model, involving 35 students and 1 chemistry teacher as research subjects. Validity data were obtained through expert validation sheets, practicality data through teacher and student response questionnaires, and effectiveness data through learning motivation questionnaires (*pretest-posttest*) and learning outcome tests. The findings show that the developed worksheet was rated highly valid and feasible for use based on validators' assessments, highly practical according to both teacher and student responses, and effective in increasing learning motivation particularly in fostering a conducive learning environment while also supporting students' mastery of the acid-base material. Thus, the practicum worksheet for determining the pH range of natural indicators within a *Project Based Learning* model can serve as an alternative teaching material to optimize chemistry practicums and enhance students' learning motivation.

Keywords: Practical Worksheet, PjBL, Learning Motivation

PENDAHULUAN

Pesatnya kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi di abad ke-21 menjadi tantangan bagi dunia pendidikan. Pendidik dituntut untuk menghasilkan sumber daya manusia yang memiliki kemampuan berpikir kritis, kreatif, kemampuan kerja sama tim, serta kemampuan memecahkan masalah dalam konteks dunia nyata (Rehman et al., 2024). Keempat kompetensi tersebut kerap disebut *4Cs* (*critical thinking, creativity, communication, collaboration*) diakui secara internasional sebagai kompetensi inti yang menentukan kesiapan peserta didik menghadapi dunia kerja dan pendidikan masa depan (Thornhill-Miller et al., 2023). Pembelajaran kimia pada abad ke-21 dituntut tidak hanya berorientasi pada konsep, melainkan juga mampu memberikan pengalaman belajar yang aktif dan kontekstual agar peserta didik memiliki motivasi belajar serta kemampuan memecahkan masalah yang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini menjadi sangat penting mengingat karakteristik materi kimia yang bersifat abstrak, memerlukan keterkaitan antar konsep pada level makroskopik dan submikroskopik, serta banyak melibatkan kegiatan praktikum, sehingga motivasi belajar menjadi faktor penentu keberhasilan peserta didik dalam mempelajarinya.

Sejalan dengan tuntutan tersebut, implementasi Kurikulum Merdeka menekankan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik melalui kegiatan yang mendorong keaktifan, kolaborasi, kreativitas, dan kemandirian belajar (Harjun et al., 2026). Idealnya, dalam pembelajaran kimia, peserta didik terlibat langsung dalam kegiatan seperti bertanya, menjawab, berdiskusi kelompok, dan melaksanakan praktikum sehingga proses belajar mengajar berlangsung lebih bermakna. Melalui praktikum yang ideal, peserta didik memperoleh kesempatan mengamati fenomena, melakukan penyelidikan, mengumpulkan data, serta menarik kesimpulan secara mandiri suatu proses yang pada akhirnya menumbuhkan rasa ingin tahu, kepercayaan diri, dan motivasi belajar yang tinggi. Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian eksperimental yang membuktikan bahwa pembelajaran kimia berbasis praktikum secara signifikan meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik dibandingkan pembelajaran tanpa kegiatan laboratorium (Jannah & Refelita, 2023).

Namun, kondisi di lapangan menunjukkan bahwa motivasi belajar peserta didik terhadap materi kimia masih tergolong rendah. Hasil analisis wawancara menunjukkan adanya faktor kecemasan yang berkaitan dengan sikap guru saat mengajar; motivasi peserta didik cenderung menurun ketika diajar oleh guru yang kurang komunikatif, terlalu kaku, sering memberikan tes mendadak, dan menunjukkan kemarahan saat peserta didik belum memahami konsep yang diajarkan. Pola ini sejalan dengan temuan bahwa kualitas hubungan dan interaksi guru-siswa berkontribusi besar terhadap motivasi, partisipasi, dan pencapaian akademis peserta didik (Yasin et al., 2024). Selain itu, ditemukan pula kecenderungan bahwa peserta didik laki-laki lebih termotivasi mempelajari kimia melalui praktikum di laboratorium dibandingkan peserta didik perempuan (Huda & Rohaeti, 2023). Kesenjangan gender dalam kegiatan laboratorium bersifat sistemik, bukan sekadar minat: penelitian pada mahasiswa STEM menemukan peserta didik perempuan secara aktual menghabiskan lebih sedikit waktu mengoperasikan alat dan lebih banyak waktu mencatat dibandingkan peserta didik laki-laki, pola yang berpotensi menurunkan rasa percaya diri dan keterlibatan mereka dalam kegiatan praktikum (Fernandez et al., 2023). Kurangnya partisipasi aktif di kelas turut memperkuat rendahnya motivasi ini, karena peserta didik tidak merespons rangsangan belajar yang diberikan sehingga pembelajaran menjadi kurang efektif (Yasin et al., 2024).

Rendahnya motivasi belajar tersebut tidak terlepas dari keterbatasan perangkat pembelajaran, khususnya lembar kerja peserta didik (LKPD) praktikum yang digunakan selama ini. Marsim et al. (2022) menemukan bahwa pada kegiatan praktikum materi asam basa, peserta

didik tidak diberikan LKPD praktikum, melainkan hanya pengarahan lisan dan buku panduan praktikum dari perpustakaan, sehingga peserta didik kurang tertarik mempelajari materi tersebut dan hasil belajarnya pun terdampak. Kondisi serupa turut dilaporkan pada berbagai jenjang pendidikan lain, di mana kurangnya bekal pengetahuan dan keterampilan guru dalam mengelola laboratorium menjadi salah satu penyebab utama jaranganya praktikum IPA dilaksanakan secara optimal (Prayunisa & Marzuki, 2024). Persoalan keterbatasan sarana laboratorium ini juga terkonfirmasi pada studi terbaru di beberapa Madrasah Aliyah Negeri, yang menunjukkan bahwa keterbatasan peralatan dan sumber daya tetap menjadi kendala utama dalam pengelolaan laboratorium kimia meski praktikum sudah berjalan cukup baik secara umum (Nesti et al., 2025). Temuan serupa diperoleh dari observasi awal di salah satu SMA Negeri di Kabupaten Gowa: beberapa peserta didik mengaku belum pernah melakukan praktikum kimia selama duduk di kelas XI. LKPD memang digunakan dalam pembelajaran, tetapi bukan dalam bentuk LKPD praktikum, sehingga peserta didik tidak terbiasa dengan format tersebut. Kondisi ini diperparah oleh keterbatasan bahan kimia di laboratorium sekolah, yang sebagian sudah tidak layak pakai, sehingga praktikum kimia jarang atau bahkan tidak pernah dilaksanakan.

Berdasarkan uraian tersebut, tampak jelas adanya kesenjangan (*gap*) antara kondisi ideal di mana praktikum seharusnya menjadi sarana utama peningkatan motivasi belajar kimia dengan kondisi nyata di lapangan, yaitu minimnya ketersediaan LKPD praktikum yang memadai serta terbatasnya bahan dan alat laboratorium. Kesenjangan ini sejalan dengan temuan bahwa keterbatasan infrastruktur laboratorium dan minimnya variasi pendekatan pembelajaran turut memperkuat persepsi peserta didik bahwa kimia adalah pelajaran yang sulit, menakutkan, bahkan berisiko, alih-alih pelajaran yang penting, menarik, dan bermanfaat (Taruklimbong & Murniarti, 2024). Pendekatan LKPD kontekstual, yang menghubungkan materi kimia dengan pengalaman nyata peserta didik, terbukti mampu meningkatkan kelayakan dan minat belajar pada berbagai materi kimia lainnya (Yulida & Wardhani, 2024). Kondisi ini mengindikasikan perlunya sebuah perangkat pembelajaran alternatif yang tidak hanya mampu membimbing peserta didik melaksanakan praktikum secara sistematis, tetapi juga dapat diterapkan meski dengan keterbatasan sarana yang ada di sekolah.

Salah satu pendekatan yang relevan untuk menjawab kesenjangan tersebut adalah *project based learning* (PjBL). Model PjBL dipilih karena mendorong peserta didik untuk belajar secara aktif melalui proyek nyata yang menghubungkan konsep kimia dengan pengalaman dan lingkungan sekitar, sejalan dengan prinsip Kurikulum Merdeka yang menekankan kemandirian dan kolaborasi. Aliah et al. (2024) menegaskan bahwa metode praktikum berbasis proyek dapat membentuk pengalaman belajar yang lebih efektif, membuat peserta didik lebih termotivasi, dan lebih memahami materi yang diajarkan. Hal ini diperkuat oleh temuan terbaru bahwa penerapan PjBL berbantuan simulasi interaktif pada materi asam basa terbukti efektif meningkatkan motivasi sekaligus hasil belajar peserta didik kelas XI (Farjemi et al., 2025). Perbandingan langsung antara model PjBL dan model inkuiri pada pembelajaran kimia turut menunjukkan bahwa PjBL lebih unggul dalam memperbaiki hasil belajar peserta didik (Johana et al., 2023), sejalan dengan temuan bahwa penerapan model pembelajaran aktif pada materi kesetimbangan kimia mampu meningkatkan hasil belajar peserta didik secara signifikan (Rasyid et al., 2022). Selain itu, Buleleng & Rohmaya (2022) menemukan bahwa penerapan praktikum kimia mampu mengubah persepsi peserta didik dari yang semula menganggap kimia sulit dan menakutkan menjadi lebih menarik dan memotivasi.

Topik praktikum yang dipilih dalam penelitian ini adalah penentuan trayek pH indikator alami pada materi asam basa. Topik ini relevan dipadukan dengan PjBL karena dapat dirancang

dalam bentuk eksperimen atau percobaan berskala mikro (*microscale*) menggunakan alat dan bahan sederhana yang aman dan ekonomis sehingga tetap dapat dilaksanakan meski dengan keterbatasan bahan kimia di laboratorium sekolah. Pendekatan *small scale chemistry* semacam ini telah terbukti mampu mempertahankan keberlangsungan praktikum di jenjang SMA sekaligus menekan limbah dan risiko bahan kimia, tanpa mengurangi capaian pembelajaran (Dewi & Listyarini, 2022). Praktik serupa juga dilaporkan efektif memperkenalkan teknik identifikasi asam-basa dan penentuan pH berskala kecil kepada guru maupun peserta didik meskipun tanpa fasilitas laboratorium standar (Hidayah et al., 2022), dan bahkan telah dirancang secara sistematis menggunakan model ADDIE untuk berbagai topik praktikum kimia dasar, termasuk identifikasi asam-basa dengan indikator (Mardhiya & Laila, 2022). Selain itu, pemanfaatan bahan-bahan di lingkungan sekitar sebagai sumber indikator alami turut menumbuhkan sikap peduli lingkungan sekaligus memperkuat pemahaman konsep asam basa secara kontekstual; hal ini konsisten dengan berbagai kajian ekstraksi indikator alami dari bahan tumbuhan lokal yang terbukti mampu menunjukkan trayek pH dengan perubahan warna yang jelas dan dapat diandalkan sebagai alternatif indikator sintetis (Riyanti et al., 2022), termasuk ekstraksi antosianin dari umbi ubi jalar ungu yang menunjukkan perubahan warna jelas pada rentang pH 1–14 (Bria et al., 2021). Perspektif guru kimia terhadap pengembangan indikator berbasis ekstrak bunga juga menunjukkan bahwa pendekatan ini mendorong kreativitas ilmiah peserta didik sekaligus menjadi media pembelajaran titrasi asam basa yang aplikatif (Safitri et al., 2024).

Meskipun beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan LKPD praktikum berbasis PjBL pada berbagai topik kimia misalnya LKPD berbasis PjBL pada materi kesetimbangan kimia yang telah terbukti valid dan praktis digunakan di jenjang SMA (Sari & Alizar, 2023) penelitian yang secara khusus mengembangkan LKPD praktikum penentuan trayek pH indikator alami dengan memanfaatkan lingkungan sebagai sumber belajar berbasis proyek masih terbatas, khususnya untuk konteks sekolah dengan keterbatasan sarana laboratorium seperti pada SMA Negeri di Kabupaten Gowa. Sebagai gambaran, rekonstruksi media pembelajaran pada submateri indikator universal dari bahan alam yang dilakukan pada konteks Kurikulum Merdeka pun masih menyisakan sejumlah kekurangan pada aspek konten dan aktivitas pembelajaran yang perlu disempurnakan (Wisandi et al., 2025). Hal ini menunjukkan adanya *research gap* yang perlu diisi melalui pengembangan produk yang sesuai dengan kebutuhan dan kondisi riil di lapangan.

Berdasarkan kesenjangan dan *research gap* tersebut, diperlukan pengembangan LKPD praktikum penentuan trayek pH indikator alami dalam model *project based learning* yang dirancang secara sistematis untuk membantu peserta didik melaksanakan praktikum secara terarah sekaligus meningkatkan motivasi belajar mereka. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan desain pengembangan model ADDIE dengan judul "Pengembangan LKPD Praktikum Penentuan Trayek pH Indikator Alami dalam Model *Project Based Learning* untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Peserta Didik". Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan LKPD praktikum yang valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan motivasi belajar peserta didik pada materi asam basa.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan ADDIE (*Analyze, Design, Development, and Evaluation*). Kelayakan produk diuji menggunakan uji validitas, reliabilitas, kepraktisan, dan keefektifan. Produk yang dihasilkan dalam penelitian ini yaitu LKPD praktikum penentuan trayek pH indikator alami

dalam model *project based learning* untuk meningkatkan motivasi belajar peserta didik. Subjek penelitian ini yaitu 35 orang peserta didik dan 1 guru kelas XI SMA Negeri 1 Gowa.

Instrumen penelitian yang digunakan untuk mengumpulkan data dalam penelitian ini terdiri atas instrumen kevalidan berupa lembar validasi terhadap LKPD dan perangkat pendukung lainnya, instrumen kepraktisan berupa angket respon guru dan peserta didik, serta instrumen keefektifan berupa angket *pretest* dan *posttest* motivasi belajar dan tes hasil belajar peserta didik. Seluruh instrumen dikembangkan sendiri oleh peneliti dengan mengacu pada kisi-kisi indikator masing-masing variabel (kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan), kemudian divalidasi oleh dua orang ahli/validator untuk memastikan kesesuaian isi dan konstruksinya sebelum digunakan pada subjek penelitian.

Teknik analisis data dilakukan untuk mengolah data hasil penelitian pengembangan. Hal-hal yang harus dilakukan untuk mengukur tingkat validitas produk pengembangan, dilakukan dengan cara menghitung rerata skor keseluruhan aspek penilaian kevalidan. Hasil analisis kemudian diinterpretasikan kategori kevalidan keseluruhan aspek berdasarkan tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Kategori Validitas

Rentang	Kategori
$3,5 \leq X/Y/Z \leq 5$	Sangat valid
$3,0 \leq X/Y/Z < 3,5$	Valid
$2,5 \leq X/Y/Z < 3,0$	Cukup valid
$1,5 \leq X/Y/Z < 2,5$	Kurang valid
$1 \leq X/Y/Z < 1,5$	Tidak valid

Sumber: Asmawati, 2015

Selanjutnya menghitung persentasi kelayakan setiap dan keseluruhan aspek. Analisis data kepraktisan respon guru dan peserta didik dilakukan dengan menghitung persentase rerata skor respon guru dan peserta didik. Selanjutnya menginterpretasikan secara kualitatif persentase rata-rata yang diperoleh dengan berpedoman pada kriteria kualifikasi kepraktisan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Kriteria Kepraktisan

Rentang	Kriteria
80% - 100%	Sangat Praktis
60% - 79%	Praktis
50% - 59%	Kurang valid
< 50%	Tidak valid

Sumber (Mardikaningyas, 2016)

Analisis keefektifan LKPD praktikum dilakukan dengan analisis data berupa data motivasi belajar dan hasil belajar peserta didik. Hasil belajar digunakan sebagai indikator pendukung untuk memperkuat bukti keefektifan LKPD, mengingat peningkatan motivasi belajar peserta didik pada materi asam basa diharapkan turut berdampak pada pencapaian hasil belajarnya; dengan demikian, keefektifan produk pada penelitian ini ditentukan berdasarkan dua indikator, yaitu peningkatan motivasi belajar (diukur dengan *N-Gain*) dan ketuntasan hasil belajar peserta didik (berdasarkan KKM dan persentase ketuntasan klasikal). Analisis motivasi hasil belajar dilakukan dengan melakukan analisis terhadap data yang didapatkan oleh masing-masing peserta didik berbentuk skor diubah ke nilai.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah skor yang diperoleh}}{\text{Jumlah skor maksimal}} \times 100$$

Pengelompokan tingkat motivasi belajar peserta didik berdasarkan skor pada tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi Motivasi Belajar Peserta Didik

Nilai	Kategori
85 - 100	Sangat Tinggi
70 - 84	Tinggi
55 - 69	Sedang
40-54	Rendah
0-39	Sangat Rendah

Pengolahan data motivasi belajar peserta didik juga menggunakan nilai *N-Gain* untuk mengetahui keefektifan dari LKPD yang dikembangkan dalam meningkatkan motivasi. Rumus yang digunakan adalah:

Tabel 4. Klasifikasi *N-Gain*

Normalitas Gain	Kategori
$0,70 \leq n \leq 1,00$	Tinggi
$0,30 \leq n \leq 0,70$	Sedang
$0,00 \leq n \leq 0,30$	Rendah

Sumber: Hake (1998).

Analisis data berupa tes hasil belajar yang dilakukan dengan tes tertulis dalam bentuk pilihan ganda. Data hasil belajar peserta didik dianalisis untuk mengetahui ketercapaian Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) mata pelajaran yang telah ditetapkan oleh guru mata pelajaran kimia sebesar 75. Mengukur nilai ketuntasan individu digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Nilai ketuntasan individu} = \frac{\text{jumlah skor peserta didik}}{\text{jumlah skor maksimal}} \times 100$$

Persentase ketuntasan kelas minimal 80% sehingga jika ketuntasan kelas $\geq 80\%$ maka LKPD yang dikembangkan dapat dikategorikan efektif. Rumus yang digunakan untuk mengukur persentase ketuntasan kelas yaitu:

$$\text{Persentase Ketuntasan Kelas} = \frac{\text{Jumlah Peserta Didik yang Tuntas}}{\text{Jumlah Seluruh Peserta Didik}} \times 100\%$$

Jika dari analisis hasil belajar peserta didik diperoleh nilai ketuntasan secara individu yang minimal 75 (sesuai KKM) dan secara klasikal minimal 80% maka LKPD yang digunakan dikatakan efektif (Hobri, 2009).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil Penelitian dan Pengembangan

Proses pengembangan LKPD Praktikum Penentuan Trayek pH Indikator Alami

Proses pengembangan LKPD praktikum dilakukan dengan merujuk pada model pengembangan ADDIE (*analyze, design, development, implementation, dan evaluation*).

a. Tahap Analisis Produk (*Analyze*)

Tahap ini dilakukan dengan melakukan observasi dan wawancara terhadap guru maupun peserta didik di SMA Negeri 1 Gowa. Adapun beberapa analisis yang dilakukan pada tahap ini adalah analisis kurikulum, analisis peserta didik, analisis materi dan tujuan pembelajaran, serta analisis literatur prosedur kerja praktikum. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru kimia kelas XI SMA Negeri 1 Gowa, ditemukan fakta bahwa sekolah tersebut mengimplementasikan kurikulum merdeka. Penggunaan model pembelajaran berdasarkan kurikulum merdeka yang biasa diterapkan oleh guru adalah model pembelajaran *discovery learning*. Beberapa peserta didik merasa senang belajar kimia, namun ada juga beberapa yang

cenderung kurang menyukai pembelajaran kimia karena ada beberapa materi yang dirasa sulit untuk mereka pahami.

b. Tahap Perancangan Produk (*Design*)

Perancangan LKPD praktikum diawali dengan membuat rancangan prosedur kerja praktikum yang nantinya akan digunakan sebagai panduan prosedur kerja praktikum penentuan trayek pH dalam LKPD yang dikembangkan. Penentuan kondisi optimum prosedur praktikum ditinjau dari keamanan bahan yang digunakan dan waktu yang harus disesuaikan dengan jam mata pelajaran kimia agar tidak melebihi 2 jam pelajaran. LKPD praktikum yang dikembangkan ini menggunakan model *project based learning* sehingga komponen yang dirancang dalam LKPD akan mengikuti sintaks model *project based learning* dan beberapa komponen lainnya yang akan mempermudah pelaksanaan praktikum. Pada tahap perancangan ini dilakukan pengumpulan bahan baik berupa materi ataupun gambar yang akan digunakan pada pembuatan LKPD praktikum. Selain merancang LKPD praktikum, instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan data dan menilai kualitas produk juga turut dirancang, seperti instrumen validasi, instrumen kepraktisan, dan instrumen keefektifan.

c. Tahap Pengembangan (*Development*)

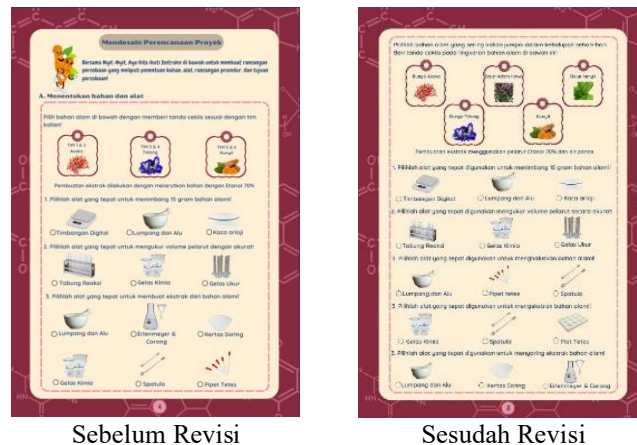
Rancangan awal atau *prototype* I yang dikembangkan oleh peneliti divalidasi oleh dua orang validator ahli yang mengacu pada lembar validasi yang telah dibuat sebelumnya. Hasil revisi *prototype* I yang telah sesuai dengan arahan dan masukan dari validator selanjutnya disebut sebagai *prototype* II. Hasil penilaian validator dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk merevisi LKPD praktikum. Hasil revisi LKPD disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Revisi Sampul dan Penambahan Fenomena

Berdasarkan Gambar 1, diketahui bahwa sampul LKPD mengalami perbaikan tampilan dan ditambahkan fenomena kontekstual yang relevan dengan materi asam basa, sehingga LKPD menjadi lebih menarik dan dapat menumbuhkan motivasi awal peserta didik sebelum mempelajari isi LKPD.

Selain sampul, revisi juga dilakukan pada bagian sintaks pembelajaran. Hasil revisi sintaks mendesain perencanaan proyek disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Revisi Sintaks Mendesain Perencanaan Proyek

Berdasarkan Gambar 2, diketahui bahwa perbaikan dilakukan pada uraian langkah mendesain perencanaan proyek agar lebih runtut dan operasional, sehingga peserta didik lebih mudah mengikuti tahapan sintaks *project based learning* dalam LKPD.

Terdapat beberapa aspek yang diperhatikan dalam validasi LKPD pada penelitian ini. Hasil validasi tercantum pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Validasi LKPD Praktikum

No.	Aspek Penilaian	Hasil Penilaian	Kategori
1	Kesesuaian Konsep	3,8	Sangat Valid
2	Kesesuaian Tata Bahasa	3,83	Sangat Valid
3	Kesesuaian Tata Letak dan Perwajahan	3,6	Sangat Valid
4	Kesesuaian Motivasi	3,17	Valid
Rerata Skor		3,60	Sangat Valid
Persentase Kelayakan		90%	Sangat Layak

Merujuk Tabel 5, seluruh aspek penilaian berada pada kategori valid hingga sangat valid, dengan rerata skor keseluruhan sebesar 3,60 dan persentase kelayakan 90% yang termasuk kategori sangat layak, sehingga LKPD praktikum dinyatakan layak digunakan dalam pembelajaran.

d. Tahap implementasi (*implementation*)

Produk LKPD praktikum penentuan trayek pH beserta instrumen lainnya dinyatakan sangat layak oleh validator untuk digunakan atau diimplementasikan. Selanjutnya pada tahap ini dilakukan uji coba ke SMA Negeri 1 Gowa kelas XI tahun ajaran 2025/2026. Pelaksanaan uji coba ini dilakukan melalui 3 kali pertemuan. Pertemuan pertama digunakan untuk melakukan pengenalan produk LKPD praktikum kepada peserta didik serta pengisian angket motivasi sebelum belajar, pertemuan kedua digunakan untuk melakukan praktikum, dan pertemuan terakhir digunakan untuk melakukan tes hasil belajar dan pengisian angket motivasi setelah belajar.

Data kepraktisan LKPD praktikum penentuan trayek pH indikator alami diperoleh dari data respon guru dan data respon peserta didik setelah menggunakan LKPD praktikum. Adapun hasil analisis respon guru terhadap LKPD praktikum dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Respon Guru terhadap LKPD Praktikum

No.	Aspek	Persentase	Kategori
1	Format Isi	100%	Sangat Praktis
2	Relevansi	95%	Sangat Praktis
3	Bahasa dan Petunjuk Penggunaan	83%	Sangat Praktis
Rerata Persentase		93%	Sangat Praktis

Merujuk Tabel 6, rerata persentase respon guru terhadap LKPD praktikum sebesar 93% dengan kategori sangat praktis, yang menunjukkan bahwa LKPD dinilai baik dari segi format isi, relevansi, maupun bahasa dan petunjuk penggunaan.

Data respon peserta didik diperoleh melalui angket respon peserta didik terhadap LKPD praktikum yang diberikan kepada 35 orang peserta didik kelas XI-2 SMA Negeri 1 Gowa. Adapun hasil analisis data respon peserta didik dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Respon Peserta Didik terhadap LKPD Praktikum

No.	Aspek	Persentase	Kategori
1	Format Isi	90%	Sangat Praktis
2	Relevansi	84%	Sangat Praktis
3	Bahasa dan Petunjuk Penggunaan	88%	Sangat Praktis
Rerata Persentase		87%	Sangat Praktis

Merujuk Tabel 7, rerata persentase respon peserta didik terhadap LKPD praktikum sebesar 87% dengan kategori sangat praktis, sehingga LKPD praktikum dinilai praktis digunakan baik oleh guru maupun peserta didik.

Keefektifan LKPD praktikum diukur dengan menggunakan angket motivasi belajar dan tes hasil belajar yang diberikan di akhir pertemuan. Motivasi belajar peserta didik diukur menggunakan angket yang diberikan kepada peserta didik sebelum dan setelah pembelajaran menggunakan LKPD praktikum. Hasil analisis untuk mengetahui ketercapaian indikator motivasi belajar dilakukan melalui perhitungan skor tiap item dalam indikator, sebagaimana disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Analisis Ketercapaian tiap Indikator Motivasi Belajar

No	Indikator	Persentase Sebelum (%)	Persentase Sesudah (%)	SS-SB (%)
1	Adanya hasrat dan keinginan berhasil	51,25%	86,43%	35,18%
2	Adanya dorongan dan kebutuhan dalam belajar	53,93%	83,04%	29,11%
3	Adanya harapan dan cita-cita masa depan	54,11%	79,82%	25,71%
4	Adanya penghargaan dalam belajar	53,04%	81,79%	28,75%
5	Adanya kegiatan yang menarik dalam belajar	54,29%	82,86%	28,57%
6	Adanya lingkungan belajar yang kondusif	55,00%	83,21%	28,21%
Rerata (%)		53,60%	82,86%	29,26%

Merujuk Tabel 8, seluruh indikator motivasi belajar mengalami peningkatan setelah penggunaan LKPD praktikum, dengan rerata peningkatan sebesar 29,26%, dan peningkatan tertinggi terjadi pada indikator adanya hasrat dan keinginan berhasil (35,18%).

Nilai rata-rata *N-Gain* motivasi belajar peserta didik disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Rata-rata Nilai *N-Gain* Motivasi Belajar

Rata-rata Nilai <i>Pretest</i>	Rata-rata Nilai <i>Posttest</i>	<i>N-Gain Score</i>	Kategori
51,79	86,75	0,71	Tinggi

Merujuk Tabel 9, diperoleh nilai *N-Gain* sebesar 0,71 yang termasuk kategori tinggi, sehingga penggunaan LKPD praktikum terbukti efektif dalam meningkatkan motivasi belajar peserta didik.

e. Tahap Evaluasi (*Evaluation*)

Tahap evaluasi pada penelitian dan pengembangan model ADDIE ini dilakukan di setiap tahapan proses, mulai dari tahap analisis hingga implementasi. Berdasarkan analisis data yang diperoleh, LKPD praktikum yang dikembangkan telah dinyatakan valid oleh validator dengan rata-rata skor untuk keseluruhan aspek sebesar 3,60. Kepraktisan LKPD diperoleh dari hasil analisis angket respon guru dan peserta didik yang menyatakan bahwa LKPD praktikum memenuhi kriteria praktis untuk digunakan dalam proses pembelajaran. Sedangkan keefektifan LKPD diperoleh dari hasil analisis angket motivasi dan tes hasil belajar yang menyatakan bahwa LKPD praktikum memenuhi kriteria efektif untuk digunakan.

Pembahasan

Hasil penilaian dari validator terdiri atas validasi penilaian LKPD praktikum. Aspek penilaian kevalidan LKPD praktikum terdiri dari aspek kesesuaian konsep, kesesuaian tata bahasa, kesesuaian tata letak dan perwajahan, dan kesesuaian motivasi. Berdasarkan analisis menunjukkan bahwa LKPD praktikum penentuan trayek pH indikator alami dinyatakan sangat valid dan sangat layak digunakan dengan hasil rerata skor keseluruhan aspek dari kedua validator yaitu 3,60 dengan kategori sangat valid karena berada pada rentang $3,5 \leq X \leq 4,0$ dengan persentase kelayakan 90%. Hal ini menunjukkan bahwa LKPD praktikum yang dikembangkan layak digunakan sebagai LKPD praktikum dalam proses pembelajaran di sekolah. Namun demikian, tetap perlu memperhatikan kritik dan saran yang diberikan oleh validator.

Penelitian mengenai pengembangan LKPD praktikum berbasis *project based learning* juga dilakukan oleh Sari dan Alizar (2023) yang mengembangkan LKPD kesetimbangan kimia berbasis *project based learning* dan dinyatakan valid serta layak digunakan dalam pembelajaran kimia. Terkait dengan penggunaan indikator alami, Bria dkk. (2021) menemukan bahwa ekstrak umbi ubi jalar ungu efektif digunakan sebagai indikator asam-basa alami karena menunjukkan perubahan warna yang jelas pada rentang pH 1 sampai 14, sehingga mendukung penggunaan bahan alami sejenis sebagai indikator trayek pH dalam LKPD yang dikembangkan pada penelitian ini. Selain itu, Farjemi, Junaidi, dan Anwar (2025) melaporkan bahwa penerapan model *project based learning* berbantuan simulasi PhET efektif meningkatkan motivasi dan hasil belajar peserta didik kelas XI pada materi asam basa. Kesamaan arah temuan ini diduga karena model *project based learning* secara teoretis mendorong peserta didik terlibat aktif dalam proyek nyata yang bermakna, sehingga pemahaman konsep dan motivasi belajar tumbuh bersamaan, bukan hanya pada satu aspek saja.

Kepraktisan LKPD praktikum ditentukan berdasarkan hasil analisis angket respon guru dan peserta didik terhadap LKPD praktikum yang dikembangkan. Hasil analisis respon guru terhadap LKPD praktikum diperoleh persentase rata-rata keseluruhan aspek penilaian sebesar 93% dengan kategori sangat praktis. Sedangkan analisis respon peserta didik terhadap LKPD praktikum diperoleh persentase rata-rata keseluruhan aspek penilaian sebesar 87% dengan kategori sangat praktis karena berada pada rentang 81%–100%. Hal ini menunjukkan bahwa menurut guru kimia kelas XI-2 SMA Negeri 1 Gowa, LKPD praktikum penentuan trayek pH indikator alami sangat praktis dan dapat digunakan dalam pembelajaran kimia, khususnya praktikum materi asam basa.

Penelitian tentang uji kepraktisan LKPD juga dilakukan oleh Yulida dan Wardhani (2024) yang mengembangkan LKPD dengan pendekatan kontekstual pada materi koloid dan memperoleh validitas tinggi dengan indeks 0,8988, serta respon peserta didik yang sangat positif dengan persentase rata-rata sebesar 89,40%. Temuan tersebut menandakan bahwa LKPD praktikum yang dirancang dengan pendekatan kontekstual dan langkah kerja yang terstruktur cenderung mudah diterima serta digunakan secara mandiri oleh peserta didik. Kesamaan hasil ini diduga karena kedua LKPD sama-sama menyajikan aktivitas yang relevan dengan konteks nyata dan bahasa yang mudah dipahami, sehingga peserta didik lebih mudah mengikuti tahapan pembelajaran tanpa banyak bimbingan tambahan dari guru.

Keefektifan LKPD praktikum ditentukan berdasarkan hasil analisis angket motivasi belajar dan tes hasil belajar peserta didik. Pada analisis data angket motivasi belajar peserta didik, sebelum pelaksanaan praktikum dengan menggunakan LKPD praktikum penentuan trayek pH indikator alami, motivasi belajar peserta didik sebanyak 35 orang berada pada kategori motivasi belajar sedang. Setelah melakukan praktikum menggunakan LKPD praktikum yang dikembangkan, motivasi belajar kembali diukur dan diperoleh hasil *N-Gain* yaitu sebanyak 21 peserta didik yang berada pada kategori tinggi, 13 orang peserta didik berada pada kategori sedang, dan 1 orang kategori rendah, dengan nilai rata-rata *N-Gain* sebesar 0,71 dengan kategori tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar peserta didik mengalami perubahan motivasi belajar yang tinggi setelah menggunakan LKPD praktikum penentuan trayek pH indikator alami.

Persentase ketercapaian tiap indikator motivasi belajar peserta didik pada indikator adanya hasrat dan keinginan berhasil pada angket *posttest* memiliki persentase nilai 88,75% yang menggambarkan motivasi peserta didik dalam menguasai materi serta tekad dalam menyelesaikan praktikum dengan baik. Hal ini mengalami kenaikan dari persentase *pretest* yang hanya berkisar 49,64%. Indikator adanya dorongan dan kebutuhan belajar untuk angket *pretest* dengan perolehan persentase sebesar 52,14% dan mengalami kenaikan pada angket *posttest* yang mencapai 85,71%. Indikator ini menggambarkan perasaan senang peserta didik dalam kegiatan belajar kimia yang dianggap lebih menyenangkan jika disertai kegiatan praktikum, serta rasa membutuhkan terhadap kegiatan belajar dengan mencari berbagai sumber belajar untuk memahami konsep trayek pH.

Indikator ketiga, yaitu adanya harapan dan cita-cita di masa depan, memperoleh nilai persentase pada angket *pretest* sebesar 52,68% yang kemudian mengalami peningkatan pada angket *posttest* yaitu 83,39%, yang menggambarkan peningkatan motivasi peserta didik karena memiliki harapan dapat memperoleh pemahaman konsep setelah mengikuti kegiatan praktikum dalam LKPD serta pemahaman untuk menunjang keberhasilan dalam melanjutkan pendidikan. Indikator adanya penghargaan dalam belajar juga mengalami peningkatan dari hasil *pretest* sebesar 51,25% dan hasil *posttest* yaitu 85,57%. Hal ini menunjukkan peningkatan motivasi peserta didik jika memperoleh apresiasi dari teman maupun guru atas keberhasilan dalam melakukan praktikum.

Indikator kelima, yaitu adanya kegiatan belajar yang menarik, pada angket *pretest* diperoleh nilai sebesar 52,86%, sedangkan pada hasil angket *posttest* yaitu 88,57%. Hal ini menandakan bahwa peserta didik lebih termotivasi dan tertarik dalam belajar jika pembelajaran dilakukan melalui kegiatan praktikum secara langsung dengan menggunakan contoh nyata dalam kehidupan sehari-hari. Indikator terakhir, yaitu lingkungan belajar yang kondusif, menunjukkan peningkatan yang signifikan dari angket *pretest* sebesar 53,57% menjadi 92,86% pada hasil angket *posttest*. Hal ini menunjukkan bahwa setelah menggunakan LKPD praktikum, peserta didik menyadari bahwa kondisi kelas yang nyaman dan tertib serta kerja

sama yang baik membuat peserta didik lebih semangat dan fokus dalam mengikuti kegiatan praktikum.

Berdasarkan hasil analisis di atas, terlihat bahwa peningkatan paling signifikan terjadi pada indikator keenam, yaitu adanya lingkungan belajar yang kondusif, di mana peningkatan mencapai 39,29%, yang berarti kondisi kelas yang nyaman dan kerja sama yang baik sangat berpengaruh pada semangat dan fokus peserta didik dalam mengikuti kegiatan praktikum. Hal ini juga sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Marsim dkk. (2022) bahwa salah satu cara untuk memotivasi peserta didik dalam belajar adalah dengan menciptakan suasana yang menyenangkan, karena suasana pembelajaran yang menyenangkan dan berkesan akan menarik minat peserta didik untuk terlibat secara aktif, yang akan berakibat pada tercapainya tujuan pembelajaran yang diharapkan. Secara teoretis, hal ini konsisten dengan teori motivasi belajar bahwa lingkungan belajar yang kondusif memenuhi kebutuhan rasa aman dan nyaman peserta didik, sehingga perhatian dan energi belajarnya dapat sepenuhnya diarahkan pada penguasaan konsep, bukan pada mengatasi gangguan atau ketidaknyamanan di kelas.

Keefektifan LKPD praktikum juga diukur dengan melihat hasil analisis tes hasil belajar peserta didik, yang berfungsi untuk mengetahui tingkat pemahaman peserta didik terhadap materi asam basa, khususnya konsep trayek pH indikator alami. Data yang dilaporkan menunjukkan bahwa hasil belajar peserta didik kelas XI-2 SMA Negeri 1 Gowa dengan menggunakan LKPD praktikum diperoleh nilai tertinggi 100 dan nilai terendah 70, dengan 32 peserta didik yang tuntas dan 3 orang lainnya tidak tuntas. LKPD praktikum yang dikembangkan dinyatakan efektif apabila ketuntasan kelas mencapai 85% berdasarkan KKM yang berlaku di sekolah tersebut, yaitu 75. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat dilihat bahwa persentase ketuntasan kelas mencapai 91,43%. Hal ini menunjukkan bahwa kriteria pencapaian keefektifan LKPD praktikum penentuan trayek pH indikator alami telah terpenuhi dan dinyatakan efektif untuk digunakan sebagai media pembelajaran.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan, LKPD praktikum penentuan trayek pH indikator alami dalam model *Project Based Learning* yang dikembangkan terbukti valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan motivasi belajar peserta didik pada materi asam basa. Kevalidan LKPD praktikum ditunjukkan oleh skor rata-rata penilaian validator sebesar 3,60 dengan persentase kelayakan 90% (kategori sangat valid). Kepraktisannya dibuktikan melalui respons guru sebesar 93% dan respons peserta didik sebesar 87%, keduanya berada pada kategori sangat praktis. Adapun keefektifan LKPD praktikum tercermin dari peningkatan motivasi belajar dengan nilai rata-rata *N-Gain* sebesar 0,71 (kategori tinggi), serta ketuntasan hasil belajar peserta didik yang mencapai 91,43%, melampaui kriteria keefektifan yang ditetapkan sebesar 85%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa LKPD praktikum penentuan trayek pH indikator alami dalam model *Project Based Learning* layak digunakan sebagai bahan ajar untuk meningkatkan motivasi dan hasil belajar peserta didik pada materi asam basa.

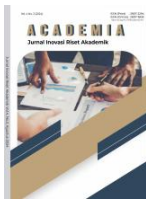
Hasil penelitian ini mengimplikasikan bahwa penerapan praktikum berbasis proyek yang didukung LKPD terstruktur dapat menjadi alternatif solusi bagi sekolah dengan keterbatasan sarana laboratorium, sekaligus memperkuat keterkaitan antara pembelajaran konseptual dan pengalaman nyata peserta didik. Bagi guru, disarankan agar LKPD praktikum ini diintegrasikan secara berkelanjutan dalam pembelajaran kimia pada materi asam basa maupun materi lain yang relevan, dengan memperhatikan pengelolaan waktu dan lingkungan belajar yang kondusif karena terbukti menjadi faktor paling berpengaruh terhadap peningkatan

motivasi belajar. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk menguji keterbacaan dan keefektifan LKPD praktikum ini pada cakupan sampel yang lebih luas serta pada jenjang atau materi kimia lainnya guna memperkuat generalisasi temuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aliah, N., Wati, D. S., Nurfitriani, D., Putri Olii, N. Y., & Sukemi. (2024). Literature review: Inovasi pembelajaran kimia berwawasan lingkungan melalui pendekatan *green chemistry*. *CHEDS: Journal of Chemistry, Education, and Science*, 8(2), 250–257. <https://doi.org/10.30743/cheds.v8i2.10170>
- Bria, H. R., Leba, M. A. U., & Kopon, A. M. (2021). Penggunaan ekstrak umbi ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) sebagai indikator asam-basa alami. *Jurnal Beta Kimia*, 1(2), 35–41. <https://ejurnal.undana.ac.id/index.php/jbk/article/view/5579>
- Buleleng, I. P. A. M. A. N., & Rohmaya, N. (2022). Penerapan praktikum kimia hijau (*green chemistry*) untuk meningkatkan hasil belajar dan motivasi siswa kelas XI IPA 1 MAN Buleleng. *Widyadewata*, 5(2), 106–115. <https://doi.org/10.47655/widyadewata.v5i2.76>
- Dewi, N. K., & Listyarini, R. V. (2022). Development of green chemistry-based practicum module for senior high school to promote students' environmental literacy. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(3), 641–653. <https://jurnal.usk.ac.id/JPSI/article/view/25163>
- Farjemi, E., Junaidi, E., & Anwar, Y. A. S. (2025). The effectiveness of project-based learning model assisted by PhET simulation in improving motivation and learning outcomes of grade XI students on acid-base material. *Chemistry Education Practice*, 9(1), 47–53. <https://doi.org/10.29303/cep.v9i1.10236>
- Fernandez, D., White, S., Smith, H. C. M., Connor, P. M., & Ryan, M. (2023). Gender inequality in science, technology, engineering and mathematics: Gendered time disparities in perceived and actual time spent in practical laboratory-based activities. *Frontiers in Education*, 8, Article 1194968. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1194968>
- Harjun, H., Jumatin, J., M. Hubaib, I., & Mursyidin, A. (2026). Kurikulum Merdeka pada proses pembelajaran di sekolah. *Jejak Digital: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(3), 3785–3793. <https://indojurnal.com/index.php/jejakdigital/article/view/2653>
- Hidayah, F. F., Imaduddin, M., Yuliyanto, E., Gunawan, G., Djunaidi, M. C., & Tantayanon, S. (2022). "Counting drops and observing color": Teachers' and students' first experiences in small-scale chemistry practicum of acid-base solutions. *Journal of Technology and Science Education*, 12(1), 244–258. <https://doi.org/10.3926/jotse.1388>
- Hobri. (2009). *Metodologi penelitian pengembangan (Aplikasi pada penelitian pendidikan matematika)*. Pena Salsabila.
- Huda, N., & Rohaeti, E. (2023). The factors that influence the motivation to learn chemistry of upper-secondary school students in Indonesia. *Journal of Baltic Science Education*, 22(4), 615–630. <https://doi.org/10.33225/jbse/23.22.615>
- Jannah, R., & Refelita, F. (2023). Pengaruh pembelajaran kimia berbasis praktikum dalam meningkatkan keterampilan proses sains siswa pada materi koloid. *COMSERVA: Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 736–747. <https://doi.org/10.59141/comserva.v3i02.821>
- Johana, N. R., Purwoko, A. A., & Hadisaputra, S. (2023). Efektivitas model *project-based learning* dan model inkuiri dalam memperbaiki hasil belajar kimia. *Jurnal Teknologi*

- Pendidikan: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pembelajaran*, 8(2), 287–295. <https://doi.org/10.33394/jtp.v8i2.6389>
- Mardhiya, J., & Laila, F. N. (2022). Designing small-scale chemistry for general chemistry practical work course. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(6), 3102–3109. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i6.2440>
- Marsim, F., Danial, M., & Syahrir, M. (2022). Pengembangan E-LKPD berbasis *problem solving* pada materi titrasi asam basa untuk meningkatkan motivasi dan hasil belajar peserta didik. *Chemistry Education Review (CER)*, 5(2), 120–128. <https://doi.org/10.26858/ceer.v5i2.32718>
- Nesti, M. A., Haris, M., Rudyat, L., & Savalas, T. (2025). Analisis pelaksanaan praktikum dan pengelolaan laboratorium kimia MA Negeri se-Lombok Timur tahun ajaran 2023/2024. *Chemistry Education Practice*, 8(1), 101–108. <https://doi.org/10.29303/cep.v8i1.8349>
- Prayunisa, F., & Marzuki, A. D. (2024). Analisis kesulitan dalam pelaksanaan praktikum IPA SD dan IPA terpadu SMP. *NUSRA: Jurnal Penelitian dan Ilmu Pendidikan*, 5(4), 1635–1641. <https://ejournal.nusantaraglobal.or.id/index.php/nusra/article/view/3085>
- Rasyid, R. A., Anwar, M., & Musdalifah, M. (2022). Penerapan model PBL untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik pada materi kesetimbangan kimia. *Progresif: Jurnal Pendidikan*, 2(1), 85–94. <https://doi.org/10.59562/progresif.v2i1.30171>
- Rehman, N., Huang, X., Mahmood, A., & Algerafi, M. A. M. (2024). Project-based learning as a catalyst for 21st-century skills and student engagement in the math classroom. *Heliyon*, 10(23), e39988. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39988>
- Riyanti, R., Marwoto, P., Priatmoko, S., & Cahyono, E. (2022). The acid-base indicator paper of extracted ethanol from Ashoka flower (*Ixora coccinea* Linn.) with variances of solvent and soaking period. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(4), 1993–1998. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i4.1494>
- Safitri, M., Fadiawati, N., & Diawati, C. (2024). What do chemistry teachers say about scientific creativity and the development of Rosella flower extract indicators as a learning medium for acid-base titration? *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(10), 7960–7967. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i10.7067>
- Sari, R., & Alizar, A. (2023). Pengembangan LKPD kesetimbangan kimia berbasis *project-based learning* (PjBL) untuk fase F SMA. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 22549–22555. <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/10137>
- Taruklimbong, E. S. W., & Murniarti, E. (2024). Analisis peluang dan tantangan pembelajaran kimia pada Kurikulum Merdeka pada satuan pendidikan sekolah menengah atas. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 6(4), 3013–3021. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i4.7177>
- Thornhill-Miller, B., Camarda, A., Mercier, M., Burkhardt, J.-M., Morisseau, T., Bourgeois-Bougrine, S., Vinchon, F., El Hayek, S., Augereau-Landais, M., Mourey, F., Feybesse, C., Sundquist, D., & Lubart, T. (2023). Creativity, critical thinking, communication, and collaboration: Assessment, certification, and promotion of 21st century skills for the future of work and education. *Journal of Intelligence*, 11(3), Article 54. <https://doi.org/10.3390/jintelligence11030054>
- Wisandi, W., Ardelia, A., & Rifa, H. A. (2025). Rekonstruksi *virtual experiment* pada submateri indikator universal dari bahan alam. *Jurnal Riset dan Praktik Pendidikan Kimia*, 13(1), 82–92. <https://ejournal.upi.edu/index.php/JRPPK/article/view/81380>



- Yasin, M., Al Husna, A. A., & Kamaria, K. (2024). Karakteristik hubungan guru dan siswa sekolah dasar terhadap motivasi, partisipasi, dan pencapaian akademis. *Jurnal Studi Guru dan Pembelajaran*, 7(1). <https://doi.org/10.30605/jsgp.7.1.2024.3213>
- Yulida, E., & Wardhani, R. A. A. K. (2024). Pengembangan lembar kerja peserta didik (LKPD) dengan pendekatan kontekstual pada materi koloid. *Dalton: Jurnal Pendidikan Kimia dan Ilmu Kimia*, 7(1), 80–89. <https://doi.org/10.31602/dl.v7i1.14215>