

**PENGEMBANGAN E-LKM BERBASIS *PROBLEM BASED LEARNING*
BERBANTUAN *LIVEWORKSHEETS* PADA MATERI SIFAT KOLIGATIF
LARUTAN FASE F KELAS XII SMA/MA**

Feni Helmaliasari¹, Iryani²
Universitas Negeri Padang^{1,2}
e-mail: iryaniachmad62@gmail.com

Diterima: 15/5/2026; Direvisi: 20/5/2026; Diterbitkan: 25/5/2026

ABSTRAK

Sifat koligatif larutan dianggap sulit oleh murid karena sifatnya yang abstrak dan melibatkan perhitungan matematis yang kompleks. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan lembar kerja elektronik murid (E-LKM) berbasis *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan *Liveworksheet* pada materi sifat koligatif larutan fase F untuk kelas XII SMA/MA dan untuk menentukan validitasnya. Penelitian ini menggunakan *Educational Design Research* (EDR) dengan model Plomp, yang meliputi tahap investigasi awal, tahap pengembangan dan tahap penilaian. Penelitian ini dibatasi pada tahap investigasi awal dan tahap pengembangan. Penelitian ini melibatkan 7 validator, termasuk dosen dan guru kimia, dan 3 murid SMAN 8 Padang untuk *One to one evaluation*. Instrumen yang digunakan adalah lembar angket validitas dan lembar wawancara *One to one evaluation*. Hasil penelitian menunjukkan validitas tinggi, dengan nilai rata-rata Aiken's V sebesar 0.86-1.00 (komponen isi), 0.96-1.00 (komponen bahasa), dan 0.89-0.96 (komponen penyajian). *One to one evaluation* melalui wawancara menunjukkan respons positif murid terhadap E-LKM yang dihasilkan. E-LKM berbasis PBL pada materi sifat koligatif larutan berbantuan *Liveworksheet* dinyatakan valid.

Kata Kunci: *E-LKM, Liveworksheets, Problem Based Learning, Sifat Koligatif Larutan*

ABSTRACT

Colligative properties of solutions are considered difficult by students because they are abstract and involve complex mathematical calculations. This study aims to develop a student electronic worksheet (E-LKM) based on Problem Based Learning (PBL) assisted by Liveworksheet on the material of colligative properties of F-phase solutions for grade XII of SMA/MA and to determine its validity. This study uses Educational Design Research (EDR) with the Plomp model, which includes the initial investigation stage, the development stage and the assessment stage. This study is limited to the initial investigation stage and the development stage. This study involved 7 validators, including lecturers and chemistry teachers, and 3 students of SMAN 8 Padang for One to One evaluation. The instruments used were a validity questionnaire sheet and a One to One evaluation interview sheet. The results showed high validity, with an average value of Aiken's V of 0.86-1.00 (content component), 0.96-1.00 (language component), and 0.89-0.96 (presentation component). One to One evaluation through interviews showed a positive response from students towards the E-LKM produced. Thus, the PBL-based E-LKM on the colligative properties of solutions material assisted by Liveworksheet is declared valid.

Keywords: *Electronic student worksheets, Liveworksheets, Problem Based Learning, Colligative properties of solutions*



PENDAHULUAN

Materi sifat koligatif larutan merupakan topik esensial kimia fase F kelas XII yang mengkaji perubahan sifat pelarut akibat penambahan zat terlarut. Topik ini mencakup penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, serta tekanan osmotik. Idealnya, murid mampu menghubungkan konsep teoritis dengan fenomena nyata. Namun, realitasnya materi ini dianggap sangat abstrak dan penuh perhitungan matematis kompleks (Sukma et al., 2023). Kesenjangan ini terbukti melalui studi pendahuluan dengan *purposive sampling* terhadap 75 murid kelas XII dari SMAN 7 Padang, SMAN 8 Padang, dan SMA 1 Pertiwi pada tahun 2025. Hasil kuesioner secara jelas menunjukkan 80% murid mengalami kesulitan. Penyebab utamanya meliputi sifat materi yang abstrak sebesar 58% dan rendahnya minat sebesar 22% akibat dominasi pengajaran teoritis. Pembelajaran masih berpusat pada guru tanpa pendekatan kontekstual yang memadai (Nofrianto et al., 2022). Wawancara guru kimia menegaskan dominasi ceramah dan penggunaan lembar kerja cetak konvensional. Kondisi ini dikonfirmasi oleh temuan bahwa miskonsepsi dan rendahnya kemampuan berpikir ilmiah juga sangat menghambat pemahaman konseptual murid pada topik materi spesifik ini (Hapsari, 2023; Susmiasih et al., 2021).

Sebagai solusi atas kesenjangan tersebut, inovasi pembelajaran sangat dibutuhkan melalui pengembangan bahan ajar interaktif dan kontekstual yang mampu mendorong keterlibatan aktif murid. Lembar kerja murid elektronik hadir sebagai bahan ajar digital mutakhir yang sangat mendukung pembelajaran aktif dan mandiri melalui rancangan aktivitas terstruktur. Penggunaan media ini secara nyata memungkinkan murid untuk membangun pengetahuan mereka sendiri sekaligus meningkatkan motivasi belajar yang selama ini rendah. Berbagai penelitian ilmiah membuktikan bahwa lembar kerja elektronik sangat efektif dalam membantu murid memahami beragam konsep kimia abstrak serta mengembangkan keterampilan berpikir (Lestari & Muchlis, 2021; Linda et al., 2023; Ratri & Tina, 2024; Subandi & Hidayah, 2023). Lebih jauh lagi, lembar kerja elektronik ini dapat dikombinasikan secara sinergis dengan model *Problem Based Learning* untuk melatih keterampilan pemecahan masalah. Model pembelajaran ini menggunakan masalah kontekstual sebagai titik awal untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah nyata, serta kolaborasi di antara para murid melalui proses investigasi ilmiah yang sangat mendalam dan sistematis pada setiap kegiatan belajar di kelas guna meraih seluruh hasil pembelajaran akademik yang ditargetkan secara utuh.

Model *Problem Based Learning* telah terbukti secara ilmiah mampu meningkatkan keterlibatan murid dan pemahaman konsep secara signifikan (Khairah et al., 2023; Murat, 2022; Pong et al., 2025; Sari & Purwaningsih, 2021; Silaban et al., 2021; Sundusiyah et al., 2023; Virginia et al., 2025). Pengembangan lembar kerja elektronik berbasis model ini akan menjadi jauh lebih optimal apabila didukung oleh teknologi digital mutakhir, seperti platform *Liveworksheets*. Platform edukasi merupakan sebuah inovasi pembelajaran berbasis *web* yang mampu mengubah lembar kerja cetak konvensional menjadi lembar kerja *online* interaktif. Platform ini sangat memungkinkan penyajian aktivitas belajar yang bervariasi dengan umpan balik langsung kepada murid, serta sangat memudahkan guru untuk memantau hasil belajar secara praktis. Penggunaan teknologi ini telah terbukti secara empiris mampu meningkatkan keterlibatan, kemandirian, dan pemahaman konseptual murid secara maksimal di ruang kelas modern (Akbar & Lisa, 2023; Harahap et al., 2024; Miranda et al., 2025; Nasution & Arifin, 2024; Seputri et al., 2025). Sinergi hebat antara strategi pedagogis dan media canggih ini menjanjikan perubahan positif bagi seluruh sistem pendidikan kimia di negara Indonesia.



Berbagai penelitian sebelumnya secara konsisten menunjukkan bahwa model *Problem Based Learning* sangat efektif dalam meningkatkan hasil belajar, keterlibatan, serta keterampilan berpikir kritis dalam ilmu kimia, termasuk pada topik sifat koligatif larutan (Laulaleng et al., 2025; Murat, 2022). Meskipun demikian, penelitian tersebut hanya berfokus pada implementasi model tanpa mengembangkan materi pengajaran berbasis teknologi. Di sisi lain, penelitian mengenai lembar kerja elektronik berbasis *Problem Based Learning* berbantuan *Liveworksheets* memang terbukti valid dalam meningkatkan keaktifan dan pemahaman konseptual murid (Putri, 2024; Sari & Purwaningsih, 2021; Sitorus et al., 2025). Namun, kajian tersebut masih sangat terbatas pada topik lain, seperti asam basa, kimia hijau, kesetimbangan ionik, dan pH larutan garam, sehingga belum secara khusus menyentuh materi sifat koligatif larutan. Studi literatur tambahan juga menegaskan bahwa lembar kerja interaktif efektif dalam mendongkrak keterampilan berpikir kritis (Akbar & Lisa, 2023; Cholid & Peni, 2024; Harahap et al., 2024; Jannah et al., 2024). Kesenjangan kajian empiris inilah yang memunculkan ruang kosong bagi eksplorasi akademis lebih lanjut pada jenjang pendidikan menengah atas saat ini guna melengkapi literatur ilmiah.

Menyikapi berbagai rincian latar belakang masalah dan kesenjangan literatur yang telah dijabarkan sebelumnya, nilai baru yang merupakan inovasi dalam studi ini terletak pada integrasi model pembelajaran bermakna dengan platform interaktif terkini. Penelitian berjudul Pengembangan ELKM Berbasis *Problem Based Learning* Berbantuan *Liveworksheets* pada Materi Sifat Koligatif Larutan Fase F untuk Kelas XII belum pernah dikaji oleh para peneliti manapun di Indonesia. Inovasi ini secara khusus dirancang untuk menjembatani kesulitan pemahaman konsep abstrak kimia dengan menghadirkan simulasi fenomena nyata secara digital. Pengembangan instrumen elektronik ini diproyeksikan tidak hanya sekadar mendigitalisasi lembar kerja konvensional, tetapi juga mengoptimalkan fungsi kognitif murid melalui tahapan investigasi masalah yang terstruktur, menarik, dan memotivasi. Dengan demikian, luaran dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi para pendidik kimia dalam menciptakan ekosistem belajar yang jauh lebih interaktif. Solusi inovatif ini akan memberdayakan murid kelas XII agar mampu meraih kompetensi akademik secara maksimal dan menumbuhkan minat kuat terhadap ilmu pengetahuan alam demi kemajuan kualitas sistem pendidikan nasional kita secara berkelanjutan untuk generasi penerus bangsa cerdas dan sangat kompetitif kelak.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah penelitian pengembangan berdasarkan pendekatan Educational Design Research (EDR), yang bertujuan untuk menghasilkan solusi berbasis penelitian terhadap masalah pendidikan melalui proses desain, evaluasi, dan penyempurnaan yang berulang (Nieveen & Plomp, 2013). Studi ini mengadopsi model pengembangan Plomp, yang terdiri dari tiga fase: (1) investigasi awal, (2) pengembangan atau pembuatan prototipe, dan (3) penilaian. Namun, penelitian ini terbatas pada fase pengembangan karena keterbatasan waktu dan biaya; oleh karena itu, fase penilaian tidak dilakukan. Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Negeri Padang dan SMAN 8 Padang selama semester genap (Januari–Juni) tahun ajaran 2025/2026. Partisipan yang terlibat dalam penelitian ini terdiri dari 5 dosen dari Jurusan Kimia, FMIPA UNP, 2 guru kimia, dan 3 murid kelas XII SMAN 8 Padang. Para dosen dan guru terlibat sebagai validator, sementara mahamurid berpartisipasi dalam tahap evaluasi satu lawan satu. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang diperoleh langsung dari validator melalui kuesioner validitas dan dari mahamurid melalui wawancara evaluasi satu lawan satu menggunakan lembar



wawancara terstruktur. Evaluasi satu lawan satu bertujuan untuk mengidentifikasi pemahaman, kesulitan, dan respons mahasiswa terhadap E-LKM yang dikembangkan. Instrumen penelitian yang digunakan adalah kuesioner validitas yang terdiri dari 28 item pernyataan yang mencakup tiga aspek utama: kelayakan isi (21 item), kesesuaian bahasa (2 item), dan kelayakan presentasi (5 item). Instrumen tersebut menggunakan skala Likert mulai dari 1 (sangat tidak sesuai) hingga 5 (sangat sesuai).

Data yang diperoleh kemudian digunakan untuk menentukan tingkat validitas E-LKM. Teknik analisis validitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah rumus Aiken's V:

$$V = \frac{\sum s}{n(c - 1)}$$
$$s = r - I_0$$

(Aiken, 1985)

Keterangan:

S: Skor yang ditetapkan oleh validator yang dikurangi skor terendah

n: Jumlah validator

c: Angka penilaian validator tertinggi yang digunakan validator (c = 5)

r: Jumlah penilaian dari validator

I₀: Angka penilaian terendah yang digunakan validator (I₀ = 1)

Pengolahan akhir yang diperoleh merupakan nilai V yang disebut indeks kesepakatan validator. Kriteria penilaian skala Aiken's V sesuai tabel 1 berikut:

Tabel 1. Kategori indeks Aiken's

Skala Aiken's V	Deskripsi
$V \geq 0.75$	Valid
$V < 0.75$	Tidak valid

Sumber: (Aiken, 1985)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan *Educational Design Research* (EDR) dengan model pengembangan Plomp yang terdiri dari tiga tahap, yaitu penelitian pendahuluan, tahap pengembangan atau pembuatan prototipe, dan tahap uji coba dan penilaian. Namun, penelitian ini terbatas pada tahap pengembangan atau pembuatan prototipe. Produk yang dihasilkan adalah E-LKM berbasis pembelajaran berbasis masalah (PBL) yang dibantu oleh *liveworksheets* pada materi sifat koligatif larutan untuk fase F kelas XII SMA/MA yang telah diuji validitasnya. LKM yang dihasilkan adalah LKM elektronik yang dapat diakses secara online melalui situs web *liveworksheets.com*. E-LKM disajikan untuk setiap sub-materi sifat koligatif larutan yang terdiri dari 4 bagian sub-materi untuk setiap pertemuan dengan tautan yang berbeda dan pertanyaan evaluasi untuk setiap sub-materi dengan tautan yang berbeda. Validasi dilakukan oleh lima dosen kimia dari Universitas Negeri Padang dan dua guru kimia dari SMAN 8 Padang. Instrumen pengumpulan data yang digunakan pada tahap ini adalah kuesioner validasi untuk menilai komponen isi, komponen bahasa, dan komponen presentasi E-LKM. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai validitas rata-rata untuk semua komponen adalah 0,95, yang dikategorikan sebagai valid. Data rata-rata dari hasil validasi ahli dapat dilihat pada Tabel 2. Percobaan evaluasi satu lawan satu dilakukan pada murid kelas XII SMAN 8 Padang.

Tabel 2. Rata-rata hasil validasi oleh ahli

No	Aspek yang Dinilai	V	Kategori
1	Komponen Isi	0.93	Valid
2	Komponen Kebahasaan	0.98	Valid
3	Komponen Penyajian	0.93	Valid
	Rata-rata	0.95	Valid

1. Tahap Investigasi Awal

Pada tahap ini, dilakukan identifikasi kebutuhan dan permasalahan pembelajaran, yang kemudian digunakan sebagai dasar perancangan E-LKM berbasis Pembelajaran Berbasis Masalah (PBL) yang dibantu lembar kerja langsung pada materi sifat koligatif larutan untuk fase F kelas XII SMA/MA yang meliputi beberapa tahapan, yaitu: Analisis

a. Analisis Kebutuhan dan Konteks

Tahap ini dilakukan melalui wawancara dengan tiga guru kimia dan penyebaran kuesioner kepada murid fase F kelas XII di SMAN 7 Padang, SMAN 8 Padang, dan SMA 1 Pertiwi Padang menggunakan lembar wawancara dan lembar kuesioner sebagai instrumen pengumpulan data. Berdasarkan wawancara dan penyebaran kuesioner, informasi yang diperoleh adalah bahwa bahan ajar yang digunakan di sekolah belum sepenuhnya mendukung pembelajaran berpusat pada murid sesuai dengan tuntutan kurikulum nasional. Hal ini didukung oleh data kuesioner yang menunjukkan bahwa sebanyak 80% murid mengalami kesulitan memahami materi tentang sifat koligatif larutan. Lembar kerja murid yang digunakan dalam pembelajaran sifat koligatif larutan masih berupa cetak, kurang interaktif, dan tidak dilengkapi dengan masalah kontekstual yang berkaitan dengan kehidupan nyata yang mendorong murid untuk aktif membangun pengetahuan secara mandiri.

Lembar kerja murid (LKM) belum mampu memvisualisasikan konsep kimia abstrak dan mikroskopis sesuai dengan tuntutan kurikulum nasional. Sifat koligatif larutan dapat dibuat dalam bentuk E-LKM yang terintegrasi dengan model Pembelajaran Berbasis Masalah (PBL). Selain itu, penggunaan E-LKM dalam bentuk elektronik membuat pembelajaran lebih interaktif dan menarik, sehingga memudahkan pemahaman konsep abstrak (Subandi & Hidayah, 2023). Dan analisis kurikulum ini dilakukan pada mata pelajaran kimia fase F kelas XII SMA/MA untuk menganalisis hasil belajar (CP) yang kemudian diterjemahkan menjadi tujuan belajar (TP) dan tujuan belajar harian (TPH) pada materi sifat koligatif larutan yang disesuaikan dengan kurikulum nasional.

b. Pengembangan kerangka konseptual

Kerangka konseptual berisi konsep-konsep penting yang diperoleh dari analisis kebutuhan dan konteks serta tinjauan pustaka yang berfungsi sebagai tolok ukur dalam pengembangan E-LKM berbasis Pembelajaran Berbasis Masalah (PBL) pada sifat koligatif solusi.

2. Fase Pengembangan atau Pembuatan Prototipe

a. Prototipe I

Hasil prototipe I berupa draf awal desain e-LKM yang terdiri dari beberapa komponen: sampul, kata pengantar, daftar isi, petunjuk penggunaan e-LKM untuk guru dan murid, sintaks PBL, hasil dan tujuan pembelajaran, tujuan pembelajaran harian,

materi pembelajaran, kegiatan pembelajaran, pertanyaan evaluasi, dan bibliografi. e-LKM dirancang dan disusun menggunakan aplikasi Canva, dan hasilnya kemudian diunggah ke platform Liveworksheet untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui tautan. Desain e-LKM yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil rancangan E-LKM

b. Prototipe II

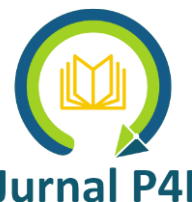
Pada prototipe II, evaluasi diri dilakukan oleh peneliti sendiri, yaitu dengan menilai hasil produk atau kelengkapan komponen E-LKM yang dihasilkan dari tahap prototipe I menggunakan daftar periksa. Evaluasi diri dilakukan dengan menilai aspek komponen dalam E-LKM, yaitu komponen konten dan komponen tampilan. Komponen dalam E-LKM meliputi; sampul, kata pengantar, daftar isi, petunjuk penggunaan E-LKM, deskripsi sintaksis PBL, hasil belajar, tujuan belajar, tujuan belajar harian, materi, prosedur praktikum, sintaksis model pembelajaran berbasis masalah dalam pembelajaran (orientasi murid terhadap masalah, mengorganisasi murid untuk belajar, membimbing investigasi individu dan kelompok, mengembangkan dan menyajikan hasil kerja, serta menganalisis dan mengevaluasi pemecahan masalah), bibliografi. Komponen konten meliputi; kesesuaian materi yang disajikan dengan hasil belajar dan tujuan belajar, bahasa yang digunakan (jelas, komunikatif, dan mudah dipahami), adanya media pendukung (gambar, video, atau tautan bacaan yang relevan dengan materi) dan pertanyaan serta aktivitas yang mendorong murid dalam memecahkan masalah. Komponen tampilan meliputi: jenis dan ukuran huruf yang digunakan mudah dibaca, gambar pada E-LKM dapat dilihat dengan jelas, setiap gambar diberi keterangan yang menjelaskan makna gambar, video pembelajaran dapat diputar dan jelas, serta tautan yang digunakan aktif dan mudah diakses. Semua komponen tersebut termasuk dalam E-LKM.

c. Prototipe III

Prototipe III diperoleh berdasarkan hasil tinjauan ahli dan evaluasi satu lawan satu dari prototipe II. Penilaian ahli merupakan kegiatan validasi untuk prototipe II yang bertujuan untuk menentukan tingkat validitas produk yang sedang dikembangkan. Hasil yang diperoleh dijelaskan sebagai berikut:

1) Tinjauan Ahli

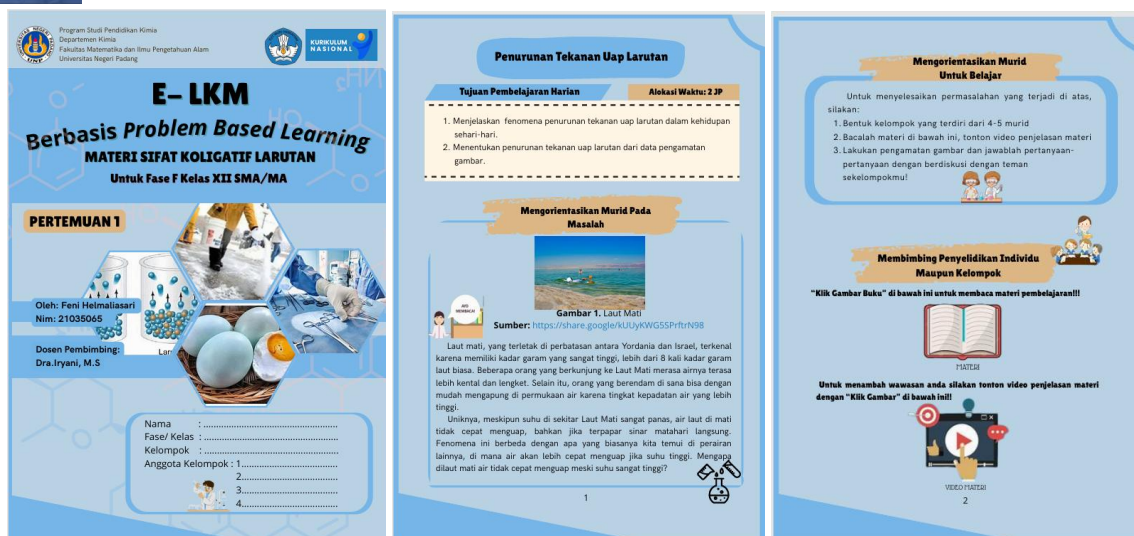
- Komponen Konten



Skor rata-rata komponen konten menurut tujuh validator, yaitu lima dosen kimia dari UNP dan dua guru kimia dari SMAN 8 Padang, memperoleh nilai rata-rata 0,93 dengan kategori valid, rentang nilai yang diberikan oleh validator adalah 0,86-0,1 yang menunjukkan variasi rendah dan tingkat kesepakatan yang tinggi antar validator. Tidak ditemukan perbedaan ekstrem dalam penilaian, sehingga memperkuat keandalan hasil validasi. Hasil validasi menunjukkan bahwa materi tentang sifat koligatif larutan sesuai dengan hasil pembelajaran (CP) dan tujuan pembelajaran (TP), E-LKM berisi aktivitas pembelajaran yang disesuaikan dengan sintaks pembelajaran berbasis masalah, masalah yang disajikan juga terkait dengan kehidupan sehari-hari (kontekstual) dan sesuai dengan karakteristik materi tentang sifat koligatif larutan.

Hasil validasi oleh validator menunjukkan bahwa e-LKM sesuai dengan sintaks pembelajaran berbasis masalah. Setiap sintaks PBL dijelaskan sebagai berikut: tahap orientasi murid terhadap masalah mengarahkan murid untuk membaca dan memahami masalah yang disajikan dalam e-LKM; tahap pengorganisasian murid untuk belajar mengarahkan murid untuk bekerja dalam kelompok untuk membagi tugas untuk memecahkan dan merancang solusi masalah; tahap bimbingan individu dan kelompok mengarahkan murid untuk mencari informasi yang berkaitan dengan materi dan menggunakan data yang diperoleh dalam kelompok untuk memecahkan masalah; tahap pengembangan dan penyajian karya membantu murid menuliskan hasil analisis dan solusi terhadap masalah yang ada; Tahapan menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah membantu murid menyimpulkan dan mengevaluasi pembelajaran yang telah dilakukan. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menjelaskan bahwa pembelajaran berbasis masalah (PBL) adalah model pembelajaran yang membantu murid memahami konsep kimia melalui pemecahan masalah kontekstual (A. A. Sari & Purwaningsih, 2021)

Pertanyaan-pertanyaan dalam e-LKM yang diberikan untuk setiap sub-topik selaras dengan tujuan pembelajaran yang membimbing murid dalam pemecahan masalah. Aktivitas praktis dalam e-LKM jelas dan mudah diikuti oleh murid karena prosedur, alat, dan bahan yang digunakan mudah didapat dan dirancang secara sederhana, dengan konsentrasi dan jumlah bahan yang sedikit. Aktivitas praktis yang disajikan dalam e-LKM membantu murid membuktikan dan memecahkan masalah yang disajikan. Lebih lanjut, gambar dan video yang disajikan dalam e-LKM jelas dan mudah diamati. Video yang disajikan dalam e-LKM meliputi video instruksional, contoh penerapan sifat koligatif larutan dalam kehidupan sehari-hari, contoh soal, dan video animasi yang menunjukkan aspek sub-mikroskopis dari sifat koligatif larutan. Video yang disajikan dalam e-LKM membantu murid menemukan dan mengumpulkan informasi untuk memecahkan masalah. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa e-LKM berbasis PBL dengan Liveworksheets telah terbukti meningkatkan keterlibatan murid, mengembangkan keterampilan berpikir kritis, dan mendorong murid untuk mengembangkan pemahaman konseptual secara mandiri (Yani Putri, 2024).



Gambar 2. Tampilan E-LKM setelah revisi

3. *One to One Evaluation*

Hasil uji evaluasi *One to One Evaluation* yang dilakukan dengan mewawancarai tiga murid kelas 12 di SMAN 8 Padang menggunakan lembar wawancara. Wawancara dengan murid dengan berbagai tingkat kognitif (tinggi, sedang, dan rendah) seperti yang direkomendasikan oleh guru mereka menghasilkan umpan balik positif. Para murid menyatakan bahwa sampul, desain warna, dan isi e-LKM menarik, font jelas dan mudah dibaca, pertanyaan dan aktivitas ditulis dalam bahasa Indonesia yang mudah dipahami, dan petunjuk penggunaan e-LKM komprehensif, mudah dipahami, dan mudah diikuti. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa penggunaan e-LKM membantu murid memvisualisasikan materi pembelajaran dan menyajikan informasi serta aktivitas dengan lebih jelas. Hal ini memudahkan murid untuk memahami isi dan mengikuti langkah-langkah yang diberikan. Hal ini memungkinkan murid untuk memproses informasi dengan lebih baik dan menyelesaikan tugas sesuai dengan petunjuk yang diberikan. Temuan ini didukung oleh penelitian (Amaliah dkk., 2023) yang menyatakan bahwa e-LKM berbasis elektronik dapat meningkatkan pemahaman konseptual dan memfasilitasi partisipasi sistematis murid dalam kegiatan pembelajaran.

Pembahasan

Penelitian ini mengadaptasi pendekatan *educational design research* dengan menerapkan model Plomp yang difokuskan pada tahap investigasi awal dan pembuatan prototipe. Analisis kebutuhan yang melibatkan 3 guru dan sejumlah murid kelas 12 dari 3 sekolah di kota Padang menunjukkan bahwa perangkat ajar kimia yang digunakan saat ini belum sepenuhnya memfasilitasi pembelajaran yang berpusat pada murid. Data di lapangan memperlihatkan bahwa terdapat 80 murid dari setiap 100 orang yang mengalami kesulitan dalam memahami konsep sifat koligatif larutan. Lembar kerja yang beredar masih bersifat konvensional dan belum mampu memvisualisasikan fenomena kimia yang bersifat abstrak maupun mikroskopis secara interaktif. Ketiadaan masalah kontekstual dalam materi ini mengakibatkan murid kurang terdorong untuk membangun pengetahuannya secara mandiri. Oleh karena itu diperlukan sebuah inovasi berupa lembar kerja elektronik yang terintegrasi dengan model pembelajaran berbasis masalah untuk memfasilitasi pemahaman konsep secara lebih interaktif dan menarik. Pengembangan ini diarahkan untuk menyelaraskan capaian pembelajaran dengan tujuan pembelajaran harian sesuai tuntutan kurikulum nasional yang



berlaku saat ini guna mengatasi kendala pemahaman pada teori tersebut secara lebih komprehensif dan sangat terukur dengan baik.

Sebagai respons atas permasalahan tersebut dikembangkan lembar kerja yang diaplikasikan pada *platform* daring berbasis situs web untuk memudahkan aksesibilitas pembelajaran yang fleksibel. Proses perancangan awal atau penyusunan draf memanfaatkan sebuah aplikasi desain grafis yang kemudian diunggah ke dalam wadah elektronik interaktif guna menunjang kelancaran proses pengajaran. Tahapan evaluasi diri secara internal dilakukan guna meninjau kelengkapan elemen produk mulai dari halaman sampul depan sampai bagian evaluasi pemecahan masalah serta bagian kepustakaan akhir. Tinjauan mandiri ini memastikan kejelasan penyampaian materi penunjang seperti gambar maupun tautan video edukasi sehingga sesuai dengan target pencapaian murid secara komprehensif. Penggunaan *platform* elektronik ini menjadikan rutinitas pembelajaran kimia yang berpusat pada pemecahan kasus menjadi lebih variatif dan menumbuhkan minat belajar peserta didik secara konstan (Subandi & Hidayah, 2023). Hasil rancangan draf awal ini menjadi fondasi yang kokoh sebelum produk inovatif tersebut diuji lebih lanjut oleh para pakar di bidang pendidikan sains guna menjamin mutu akademik serta standar kelayakan penggunaannya di lapangan secara aktual dan sangat terpercaya guna proses penerapan kurikulum baru pada fase pendidikan menengah atas tersebut.

Validasi ahli yang melibatkan 5 dosen universitas serta 2 tenaga pendidik sekolah menengah menunjukkan bahwa produk rancangan ini memiliki tingkat keabsahan yang sangat tinggi. Rata-rata perolehan nilai validitas secara keseluruhan mencapai angka 0,95 yang dikategorikan valid. Penilaian komponen kebahasaan menempati posisi tertinggi dengan angka 0,98 sementara komponen isi dan penyajian masing-masing mendapatkan skor 0,93 secara konsisten. Distribusi nilai dari para ahli berada pada rentang 0,86 hingga 1 yang mengindikasikan tingkat kesepahaman yang tinggi tanpa adanya perbedaan penilaian yang tajam. Bukti empiris ini menegaskan bahwa perangkat pembelajaran tersebut sangat layak digunakan karena muatan materinya terbukti sejalan dengan pedoman pendidikan yang resmi. Kehadiran aktivitas praktikum sederhana dengan bahan kimia berdosisi rendah di dalam lembar kerja memudahkan murid dalam melakukan pembuktian saintifik secara mandiri namun tetap aman. Harmonisasi antara materi pokok dengan skenario kegiatan aplikatif tersebut sangat penting guna menjamin ketercapaian target kurikuler secara utuh sekaligus mempersiapkan peserta didik agar terbiasa berpikir kritis saat menghadapi kendala di lingkungan akademik dan kehidupan sehari-hari mereka di masa yang akan datang nanti dengan baik dan sempurna.

Penyajian lembar kerja elektronik ini dirancang selaras dengan prosedur pengajaran berbasis masalah yang terstruktur guna membimbing murid secara sistematis. Tahapan awal mengarahkan murid untuk mengidentifikasi fenomena yang dikaitkan dengan kehidupan nyata lalu diikuti dengan pengelompokan kelompok kerja untuk menyusun strategi pemecahan masalah tersebut secara logis. Fase investigasi memberikan ruang bagi mereka untuk menelusuri literatur yang relevan disusul dengan tahap penyajian karya analisis serta diakhiri dengan proses evaluasi hasil akhir. Metode tersebut efektif untuk membangun konstruksi pemahaman konsep dasar ilmu kimia melalui analisa fenomena empiris yang memicu rasionalitas peserta didik (A. A. Sari & Purwaningsih, 2021). Integrasi elemen visual seperti ilustrasi dan rekaman edukasi dalam sistem daring terbukti sangat esensial untuk mempermudah murid dalam mencerna materi teoretis ke dalam bentuk animasi yang dinamis. Kemampuan media interaktif ini dalam menampilkan model partikulat zat tidak hanya mendorong kemandirian belajar namun juga berdampak signifikan pada peningkatan antusiasme keterlibatan murid di sepanjang sesi pelajaran tanpa adanya tekanan psikologis yang



membebani mereka sama sekali di dalam ruang kelas akademik tersebut demi kemajuan pendidikan generasi bangsa ini.

Tahap uji praktis yang melibatkan 3 peserta didik kelas 12 dari berbagai tingkat kognitif memperlihatkan tanggapan yang sangat suportif terhadap penggunaan media ini. Murid mengutarakan bahwa tampilan antarmuka mulai dari tata warna hingga tipografi dirancang secara proporsional sehingga tingkat keterbacaannya amat baik dan tidak melelahkan mata. Instruksi pengerjaan yang disusun dengan tata bahasa Indonesia baku terbukti mampu mengarahkan pengguna secara intuitif tanpa memicu kebingungan berarti selama pengisian kuesioner pembelajaran daring tersebut. Kejelasan visualisasi materi mampu merepresentasikan ragam aktivitas saintifik yang terstruktur sehingga menuntun nalar siswa untuk menyelesaikan tugas praktik sesuai prosedur standar (Amaliah dkk., 2023). Penggunaan perangkat elektronik interaktif ini sukses memfasilitasi partisipasi aktif siswa karena sajian instruksinya yang sistematis sanggup mereduksi beban kognitif saat mereka memproses informasi baru. Keterlibatan emosional serta respons afektif yang positif ini menegaskan bahwa desain media pengajaran yang dikemas secara estetis dengan pengoperasian sederhana merupakan faktor penentu efisiensi penyerapan ilmu kimia abstrak yang selama ini seringkali dianggap amat sulit dihafalkan oleh sebagian besar kalangan pelajar tersebut di lapangan demi kelancaran proses akademik harian mereka semua.

Kajian literatur secara ekstensif turut memvalidasi bahwa pengimplementasian strategi pengerjaan elektronik interaktif sanggup meningkatkan dimensi pemahaman serta ketajaman analisis pelajar secara signifikan dalam memecahkan soal bermuatan konseptual (Sitorus et al., 2025). Format pembelajaran adaptif semacam ini sangat efektif untuk mengembangkan kapasitas nalar peserta didik dalam memahami sains modern dibandingkan metode pengajaran ceramah klasik (Yani Putri, 2024). Namun demikian penelitian pengembangan ini masih memiliki sejumlah keterbatasan fundamental yang perlu disoroti lebih tajam. Kendala alokasi waktu operasional serta keterbatasan dukungan pendanaan mengakibatkan cakupan investigasi ini hanya terbatas pada penilaian kelayakan dari dewan ahli dan proses evaluasi individu berskala kecil saja. Peneliti belum sempat merealisasikan tahapan observasi di kelas maupun proses uji penerapan lapangan dalam populasi subjek yang lebih masif guna menilai efektivitas sejati lembar latihan inovatif ini. Keterbatasan tersebut mengamanatkan agar riset masa depan memperluas rentang uji cobanya menuju populasi pelajar yang bervariasi agar daya guna serta nilai kepraktisan perangkat ini benar-benar teruji kuat sekaligus tervalidasi dengan landasan empiris yang sangat meyakinkan bagi keseluruhan entitas sistem pendidikan kimia di seluruh pelosok nusantara.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa lembar kerja elektronik murid berbasis *problem based learning* berbantuan *liveworksheets* pada materi sifat koligatif larutan memenuhi kriteria validitas yang sangat tinggi. Melalui pendekatan riset desain pendidikan, media digital ini dinilai sangat layak oleh para validator dari komponen isi, kebahasaan, hingga penyajian materi. Integrasi skenario pemecahan masalah kontekstual ke dalam sistem daring terbukti mampu membantu peserta didik memvisualisasikan fenomena kimia yang bersifat abstrak dan mikroskopis secara interaktif. Berdasarkan evaluasi awal satu lawan satu, antarmuka yang estetis serta instruksi yang komunikatif sanggup mereduksi beban kognitif siswa dalam memahami perhitungan matematis yang kompleks. Namun demikian, investigasi ini masih terbatas pada tahap pengujian kelayakan dari dewan ahli sehingga tingkat efektivitas sejati dari

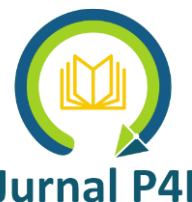


produk inovatif ini belum terukur secara komprehensif pada populasi subjek yang lebih masif di kelas nyata.

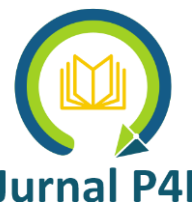
Para guru kimia disarankan untuk mulai mengimplementasikan penggunaan lembar kerja elektronik ini sebagai alternatif bahan ajar digital interaktif guna mendongkrak kemandirian dan keterampilan berpikir kritis siswa. Pihak sekolah hendaknya menyediakan fasilitas prasarana teknologi yang memadai serta menjamin stabilitas koneksi internet di area kelas agar pengoperasian *platform* berbasis web ini dapat berjalan optimal tanpa hambatan teknis. Bagi peneliti selanjutnya, dianjurkan untuk melanjutkan riset ini hingga tahap penilaian akhir guna menguji tingkat kepraktisan dan efektivitas produk secara nyata di lapangan. Perlu dilakukan uji coba eksperimental dengan melibatkan sampel peserta didik yang lebih besar dari berbagai latar belakang institusi pendidikan untuk memperkuat derajat generalisasi data empiris. Pengembangan riset masa depan juga dapat diarahkan pada penambahan fitur luring agar bahan ajar adaptif ini tetap dapat diakses oleh sekolah dengan keterbatasan infrastruktur digital secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, R. F., & Lisa, U. (2023). Inovasi pembuatan lembar kerja peserta didik elektronik (e-LKPD) menggunakan Liveworksheets. *Journal of Chemistry Education and Integration*, 2(2), 102. <https://doi.org/10.24014/jcei.v2i2.24102>
- Amalia, N., Husain, H., Kimia, P., & Kimia, J. (2025). Efektivitas lembar kerja peserta didik elektronik (LKEPD) berbasis Liveworksheets dalam meningkatkan literasi sains peserta didik kelas XI MIPA 6 SMA Negeri 10 Makassar (Studi pada materi pokok laju reaksi). *Jurnal Ilmiah Pendidikan Kimia*, 6(3). <http://ojs.unm.ac.id/index.php/ChemEdu/index>
- Amalianor Jannah, S., Kusasi, M., & Khairunnisa, Y. (2024). Pengembangan E-LKPD berbasis PBL menggunakan Liveworksheets untuk meningkatkan kemampuan literasi sains murid SMP. *Eduproxima: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*. <http://jurnal.stkipgritlungagung.ac.id/index.php/eduproxima>
- Cholid, F., & Peni, N. R. N. (2024). Pengembangan E-LKPD berbasis PBL menggunakan Liveworksheet untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada materi ukuran pemusatan data. *JKPM (Jurnal Kajian Pendidikan Matematika)*, 9(2), 219. <https://doi.org/10.30998/jkpm.v9i2.22945>
- Fadillah Nasution, U., & Arifin, M. (2024). Penggunaan E-LKPD interaktif berbantuan Liveworksheet untuk meningkatkan hasil belajar matematika pada murid kelas II SDN 064974 Medan. *Jurnal Handayani PGSD UNIMED*, 15. <https://doi.org/10.24114/jh.v15i2.64398>
- Harahap, S., Sembiring, M. M., Aulia, S. M., & Nasution, Y. (2024). E-LKPD berbasis Liveworksheet sebagai stimulus hasil belajar IPAS murid kelas IV SD Negeri 105385 Kotasari. *Paedagogi: Jurnal Kajian Ilmu Pendidikan*, 10(2), 127–136. <https://doi.org/10.24114/paedagogi.v10i2.64452>
- Khairah, N., Al Idrus, S. W., & Ariani, S. (2023). Pengembangan modul praktikum kimia berbasis problem based learning pada materi koloid untuk murid kelas XI SMAN 2 Labuapi. *Chemistry Education Practice*, 6(2), 304–309. <https://doi.org/10.29303/cep.v6i2.5674>
- Laulaleng, S. O., Tukan, M. B., Erly, & Boelan, G. (2025). Desain lembar kerja berbasis problem based learning (PBL) untuk meningkatkan pemahaman konsep kimia:



- Kasus sifat koligatif larutan. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 5(5). <https://doi.org/10.59818/jpi.v5i5.2090>
- Lestari, D. D., & Muchlis. (2021). E-LKPD berorientasi contextual teaching and learning untuk melatih keterampilan berpikir kritis murid pada materi termokimia. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*, 5, 25–33. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JPK/index>
- Linda, D., Syahri, W., & Triwahyudi, S. (2023). Analisis kebutuhan pengembangan e-LKPD berbasis STEM-PjBL pada materi koloid untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif murid. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 11(1), 75–83. <https://doi.org/10.21831/jpms.v11i.59399>
- Miranda, K. D. R., Firmansyah, A., & Putri, A. E. (2025). Efektifitas Liveworksheet sebagai E-LKPD berbasis problem based learning terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik kelas X SMA Islam Al-Azhar 10 Pontianak. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 11(7), 88–97. <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/10396>
- Murat, A. (2022). Meningkatkan hasil belajar kognitif murid kelas XII IPA SMA Negeri Karas Fakfak pada materi sifat koligatif larutan melalui penerapan model problem based learning (PBL). *Chemistry Education Journal Arfak Chem*, 5(1). [suspicious link removed]
- Nieveen, N., & Plomp, T. (2013). *An introduction to educational design research*. SLO • Netherlands Institute for Curriculum Development.
- Nofrianto, Latisma, Kurniawati, D., & Putra, A. (2022). Development of guided discovery-based e-module on colligative properties to improve higher order thinking skills of high school students. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 23(3), 1038–1046. <https://doi.org/10.23960/jpmipa/v23i3.pp1038-1046>
- Pong, A. A., Hayon, V. H. B., & Boelan, E. G. (2025). Development of student worksheets on thermochemistry material based on problem-based learning (PBL) for phase F. *Jurnal Beta Kimia*, 5(2). <https://doi.org/10.35508/jbk.v5i2.21210>
- Ratri, M. C., & Tina, E. P. I. (2024). Development of innovative electronic student worksheet (E-LKPD) based on somatic auditory visual intellectual (SAVI) on salt hydrolysis topic. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 16(3). <https://doi.org/10.24114/jpkim.v16i3.65191>
- Sari, A. A., & Purwaningsih, D. (2021). Pengembangan E-LKPD berbasis problem based learning (PBL) dengan Liveworksheets pada materi asam basa. *Jurnal Ilmuan WUNY*, 5(2). <https://doi.org/10.21831/jwuny.v5i2.66387>
- Sari, S. A., & Nasution, N. S. (2024). Development of PBL-based chemistry e-modules for colloidal systems. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*, 9(2), 355. <https://doi.org/10.20961/jkpk.v9i2.85301>
- Seputri, V., Zurweni, Z., & Yusnaidar, Y. (2025). Development of E-LKPD project based learning using Liveworksheet integrated with creative thinking skills. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Kimia*. <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/jipk>
- Silaban, R., Panggabean, F. T. M., Hutahaean, E., Hutapea, F. M., & Alexander, I. J. (2021). Efektivitas model pembelajaran berbasis masalah dengan menggunakan lembar kerja murid terhadap hasil belajar kimia dan keterampilan berpikir kritis murid SMA. *Jurnal Ilmu Pendidikan Indonesia*, 9(1), 18–26. <http://ejournal.uncen.ac.id/index.php/JIPI>
- Sitorus, M. V., Holiwarni, B., Copriady, J., & Artikel, S. (2025). Pengembangan E-LKPD berbasis scaffolding menggunakan Liveworksheet pada materi kesetimbangan ion



dan pH larutan garam. *Jurnal Pendidikan Kimia Universitas Riau*.
<https://doi.org/10.33578/jpk-unri.v7i1.xx>

- Siwi Hapsari, N. E. S. (2023). Analisis kemampuan berpikir ilmiah murid dan mahamurid pada topik sifat koligatif larutan. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 8(9). <http://journal.um.ac.id/index.php/jptpp/>
- Subandi, I. P., & Hidayah, R. (2023). Validity of electronic student worksheets to improve students' metacognitive skills through PBL on petroleum materials. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 11(4), 391. <https://doi.org/10.33364/hjkk.v11i4.8236>
- Sukma, N., Dj, L., & Ranty, L. (2023). Analysis of concept understanding in material colligative properties of solutions in view of the tendency of student learning styles at SMA N 1 Gunung Talang. *Journal of Educational Sciences*, 7(2), 314–323. <https://doi.org/10.31258/jes.7.2.p.314-323>
- Sundusiyah, A., Mulyanti, S., & Sari, W. K. (2023). Pengembangan petunjuk praktikum larutan asam basa berbasis PBL (problem based learning) berorientasi green chemistry. *Jurnal Zarah*, 11(1), 41–46. <https://doi.org/10.31629/zarah.v11i1.4961>
- Susmiasih, H. A., Sidauruk, S., & Fatah, A. H. (2021). Student difficulties understanding the concept of the colligative properties of solutions in class XII IPA SMA Negeri in Palangka Raya academic year 2018/2019. *Gamaproionukleus*, 2(2), 95–110. <https://doi.org/10.37304/jpmipa.v2i2.5046>
- Virginia, T. W. (2025). Chemistry in education a problem-based learning (PBL)-based student worksheet development on green chemistry topics through experimental activities to improve students' critical thinking skills. *Chemined*, 14(2). <https://doi.org/10.15294/chemined.v14i2>
- Yani Putri, R. (2024). Pengembangan lembar kerja peserta didik elektronik (E-LKPD) berbasis problem based learning menggunakan Liveworksheet pada materi kimia hijau kelas X SMA/MA. *Jurnal Pendidikan Kimia Undiksha*, 8(2), 13–20. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JJPK>