

Validitas dan Praktikalitas E-LKPD Stoikiometri Berbasis *Problem Based Learning* Terintegrasi dengan Multirepresentasi Kimia

Validity and Practicality of a Problem-Based Learning Stoichiometry E-Worksheet Integrated with Multiple Chemical Representations

Lathifah¹, Alizar^{1*}

¹ Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Padang, Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Barat, Padang Utara, Sumatera Barat, Indonesia. 25171.

* alizarulianas@fmipa.unp.ac.id

Received on:

3st Oktober 2025

Revised till:

28th August 2026

Accepted on:

2nd September 2026

Publisher version

published on:

11th October 2026

Access License

Creative Commons
Attribution 4.0
International (CC BY
4.0). Tautan lisensi:
[URL lisensi resmi].

Copyright

© [2026]

Departemen Kimia,
Universitas Negeri
Padang

Metadata Artikel

Terbit

2026 • Vol.8, No. 2

<https://doi.org/10.2403>

[6/ekj.v8.i2.a633](https://doi.org/10.2403/6/ekj.v8.i2.a633)

ABSTRAK

Stoikiometri merupakan materi kompleks dan abstrak yang memerlukan perangkat pembelajaran yang mampu memvisualisasikan konsep pada berbagai level representasi. Penelitian ini bertujuan menghasilkan E-LKPD stoikiometri berbasis Problem Based Learning (PBL) yang terintegrasi multirepresentasi kimia yang valid dan praktis. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengintegrasian model PBL dan tiga level multirepresentasi kimia (makroskopik, submikroskopik, dan simbolik) secara bersamaan dalam format elektronik berbantuan Liveworksheet, yang belum dilakukan dalam penelitian pengembangan LKPD stoikiometri sebelumnya. Penelitian ini menggunakan model *Educational Design Research* Plomp melalui fase penelitian pendahuluan dan fase pengembangan prototipe dengan evaluasi formatif. Instrumen berupa lembar validasi yang dianalisis menggunakan formula Aiken's V dan angket praktikalitas menggunakan skala Likert. Validator terdiri atas 3 dosen dan 2 guru kimia, sedangkan responden praktikalitas melibatkan 9 peserta didik kelas 11 Fase F dan 2 guru kimia. E-LKPD yang dihasilkan memperoleh nilai validitas 0,87 (valid) dengan nilai praktikalitas guru sebesar 92% dan peserta didik sebesar 91% (sangat praktis). Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi PBL dan multirepresentasi kimia dalam format elektronik menghasilkan perangkat pembelajaran yang layak digunakan dan berpotensi membantu peserta didik memvisualisasikan konsep stoikiometri yang abstrak sekaligus mendukung kemampuan pemecahan masalah.

KATA KUNCI

Meta-analisis, Hasil Belajar, Pembelajaran Kimia, Problem Based Learning.

ABSTRACT

Stoichiometry is a complex and abstract topic that requires learning materials capable of visualizing concepts across multiple levels of chemical representation. This study aimed to develop a Problem-Based Learning (PBL)-based electronic student worksheet (E-LKPD) integrated with multiple chemical representations that met the criteria of validity and practicality. The novelty of this study lies in the simultaneous integration of the PBL model and the three levels of chemical representation (macroscopic, submicroscopic, and symbolic) into an electronic worksheet format supported by Liveworksheet, which has not been implemented in previous studies on the development of stoichiometry worksheets. This research employed the Plomp educational design research model and included the preliminary research phase and the prototyping phase, with formative evaluation. The research instruments consisted of validation sheets analyzed using Aiken's V and practicality questionnaires rated on a Likert scale. The validators included three university lecturers and two chemistry teachers, while the practicality test involved nine Grade 11 (Phase F) students and two chemistry teachers. The developed E-LKPD achieved a validity score of 0.87, indicating that it was valid, with practicality scores of 92% from teachers and 91% from students, both indicating that the e-LKPD was very practical. These findings indicate that the integration of PBL and multiple chemical representations in an electronic format can produce a feasible learning tool with the potential to support students in visualizing abstract stoichiometric concepts and developing their problem-solving skills.

KEYWORDS

E-Worksheet, Educational Design Research, Multirepresentation, Problem Based Learning, Stoichiometry



1. PENDAHULUAN

Kurikulum Merdeka memberikan guru fleksibilitas untuk mengembangkan proses pembelajaran, perangkat dan bahan ajar, serta asesmen sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik peserta didik, satuan pendidikan, maupun kondisi daerahnya^[1]. Fleksibilitas ini menuntut guru untuk menyediakan pembelajaran yang relevan serta mampu memfasilitasi peserta didik dalam memahami konsep secara mendalam dan bermakna. Dalam pembelajaran kimia di Sekolah Menengah Atas (SMA), tuntutan tersebut menjadi penting karena peserta didik dihadapkan pada berbagai konsep yang kompleks dan abstrak. Salah satu materi tersebut adalah stoikiometri. Materi ini merupakan fondasi untuk memahami reaksi kimia, perhitungan kuantitatif dalam kimia, dan berbagai konsep lanjutan lainnya. Oleh karena itu, pemahaman yang baik terhadap konsep stoikiometri diperlukan agar peserta didik dapat mempelajari materi kimia lainnya secara berkelanjutan.

Meskipun memiliki peran penting dalam pembelajaran kimia, stoikiometri masih dianggap sebagai salah satu materi yang sulit dipahami peserta didik. Kesulitan tersebut terutama berkaitan dengan pemahaman terhadap konsep persamaan reaksi, mol, dan perhitungan dalam persamaan reaksi^[2]. Kompleksitas dan sifat materi yang abstrak ditambah dengan sumber belajar yang berisi perhitungan dan rumus semakin menyulitkan peserta didik untuk memahami stoikiometri^[3]. Kondisi ini cenderung membuat peserta didik menghafal prosedur penyelesaian tanpa memahami hubungan konseptual yang mendasarinya. Kesulitan tersebut juga ditemukan dalam konteks pembelajaran di sekolah yang menjadi lokasi penelitian. Di salah satu SMA di Kota Padang, sebagian besar peserta didik hanya mencapai nilai ketuntasan minimum dan mengalami kesulitan mengerjakan soal yang berbeda dari contoh yang diberikan. Hasil analisis terhadap LKPD stoikiometri yang digunakan menunjukkan bahwa LKPD tersebut belum memuat multirepresentasi kimia secara lengkap. LKPD yang digunakan masih didominasi oleh teks, rumus dan latihan sehingga kurang menarik dan belum memfasilitasi peserta didik untuk memahami konsep abstrak melalui visualisasi. Kondisi ini selaras dengan temuan Melini dan Azhar^[4] yang menunjukkan bahwa LKPD yang belum mengintegrasikan multirepresentasi kimia dengan memadai cenderung kurang efektif dalam membantu peserta didik membangun pemahaman pada level makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Ketiga level representasi kimia ini diperlukan untuk menghubungkan fenomena yang dapat diamati dengan proses yang terjadi pada tingkat partikular.

Selain karakteristik materi dan keterbatasan perangkat pembelajaran tersebut, perubahan kurikulum juga perlu dipertimbangkan dalam pengembangan perangkat pembelajaran stoikiometri. Stoikiometri pada Kurikulum Merdeka tercantum dalam Capaian Pembelajaran (CP) kelas XI fase F^[5] sementara dalam Kurikulum 2013, materi tersebut tercantum dalam Kompetensi Dasar 3.10 di kelas 10^[6]. Oleh karena itu, CP, karakteristik peserta didik kelas XI, dan prinsip pembelajaran mendalam perlu dipertimbangkan agar perangkat pembelajaran yang dikembangkan relevan dengan tuntutan kurikulum.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk membantu peserta didik memahami konsep kimia yang abstrak adalah multirepresentasi kimia. Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penggunaan multirepresentasi kimia mampu meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap konsep-konsep kimia yang bersifat abstrak^[7]. Melini dan Azhar^[4] melaporkan bahwa LKPD stoikiometri yang mengintegrasikan tiga level representasi kimia memenuhi kriteria valid dan praktis serta membantu peserta didik menghubungkan representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik dalam memahami konsep stoikiometri^[8]. Selain itu, Penelitian Fauzan dkk. juga menunjukkan bahwa bahan ajar yang memuat multirepresentasi kimia memperoleh tingkat validitas dan praktikalitas yang tinggi sehingga layak digunakan dalam pembelajaran kimia^[9]. Temuan tersebut menegaskan pentingnya multirepresentasi dalam membantu peserta didik membangun pemahaman konseptual kimia secara utuh.

Namun, pemahaman konsep saja belum cukup; peserta didik juga perlu dilatih untuk menggunakan konsep tersebut dalam memecahkan masalah. Dalam konteks ini, Problem Based Learning (PBL) dapat digunakan untuk mendukung proses tersebut. Berbagai penelitian juga menunjukkan bahwa Problem Based Learning (PBL) efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan kemampuan pemecahan masalah peserta didik. Rahayu dan Laksono^[10] menemukan bahwa perangkat pembelajaran berbasis PBL dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan sikap ilmiah peserta didik, sedangkan Dole, dkk.^[11] melaporkan bahwa penerapan PBL mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik, kemandirian belajar, dan motivasi belajar. Dengan demikian, PBL tidak hanya mendukung penguasaan konsep, tetapi juga membantu peserta didik mengembangkan keterampilan yang dibutuhkan dalam pembelajaran abad ke-21.

Selain pendekatan pembelajaran, format penyajian perangkat pembelajaran juga perlu diperhatikan. Seiring dengan implementasi Kurikulum Merdeka yang

mendorong pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran, bahan ajar digital semakin banyak dikembangkan. E-LKPD memberikan fleksibilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan LKPD cetak karena dapat diakses secara mandiri melalui perangkat digital, memuat berbagai fitur interaktif, serta memungkinkan integrasi berbagai media pembelajaran dalam satu *platform*. Melalui *platform* digital, teks, gambar, video, animasi dan latihan interaktif dapat diintegrasikan dalam satu perangkat pembelajaran. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa E-LKPD berbantuan *platform* digital mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik dan memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik dibandingkan dengan bahan ajar konvensional.^[12]

Meskipun multirepresentasi kimia, PBL, dan teknologi digital memiliki potensi untuk mendukung pembelajaran stoikiometri, ketiganya masih banyak dikaji secara terpisah. Penelitian mengenai LKPD stoikiometri yang terintegrasi dengan multirepresentasi kimia umumnya belum mengadopsi model Problem Based Learning secara sistematis. Sebaliknya, penelitian yang mengembangkan perangkat pembelajaran berbasis Problem Based Learning umumnya belum mengintegrasikan tiga level multirepresentasi kimia secara eksplisit dalam seluruh aktivitas pembelajaran^[13]. Selain itu, sebagian besar penelitian masih menggunakan format LKPD cetak sehingga belum sepenuhnya memanfaatkan potensi teknologi digital^[14] dalam mendukung implementasi Kurikulum Merdeka. Kajian yang masih dilakukan secara terpisah terhadap multirepresentasi, PBL, dan teknologi digital ini menunjukkan adanya kesenjangan dalam pengembangan perangkat pembelajaran stoikiometri. Padahal, ketiga aspek ini memiliki fungsi yang saling melengkapi terutama dalam membantu peserta didik menghubungkan fenomena makroskopik, submikroskopik dan simbolik. PBL memungkinkan peserta didik menyelesaikan permasalahan kontekstual, sementara teknologi digital memungkinkan penyajian materi dalam berbagai representasi serta memfasilitasi aktivitas pembelajaran yang interaktif, efisien, dan fleksibel.

Kesenjangan tersebut menunjukkan perlunya perangkat pembelajaran yang mengintegrasikan ketiga komponen tersebut dalam satu kesatuan. Integrasi multirepresentasi kimia, sintaks PBL, dan teknologi digital diharapkan dapat membantu peserta didik membangun pemahaman konseptual sekaligus mengembangkan kemampuan pemecahan masalah. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan E-LKPD stoikiometri berbasis Problem Based Learning yang terintegrasi dengan multirepresentasi kimia menggunakan *platform Liveworksheet*.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pengintegrasian tiga komponen utama, yaitu model Problem Based Learning, tiga level multirepresentasi kimia (makroskopik, submikroskopik, dan simbolik), serta format E-LKPD berbantuan *Liveworksheet* dalam konteks implementasi Kurikulum Merdeka pada materi stoikiometri kelas XI Fase F. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya mengembangkan LKPD berbasis multirepresentasi kimia atau berbasis PBL secara terpisah, penelitian ini mengombinasikan kedua pendekatan tersebut dalam satu perangkat pembelajaran digital yang dirancang untuk mendukung pemahaman konsep sekaligus kemampuan pemecahan masalah peserta didik.

2. METODE

2.1 Prosedur Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*Educational Design Research*) yang dilaksanakan pada tahun 2023–2024. Tahap penelitian dilaksanakan di dua SMA di Kota Padang pada fase penelitian pendahuluan, sedangkan fase pengembangan dilaksanakan pada peserta didik kelas XI Fase F di salah satu SMA. Penelitian mengadaptasi model pengembangan Plomp yang terdiri atas tiga fase, yaitu *preliminary research*, *development or prototyping phase*, dan *assessment phase*. Namun, penelitian ini dibatasi hingga fase pengembangan (*development or prototyping phase*) karena tujuan penelitian hanya difokuskan pada pengujian validitas dan praktikalitas produk. Seluruh proses pengembangan dilakukan secara interaktif melalui kegiatan analisis, perancangan, evaluasi, dan revisi hingga diperoleh kesesuaian antara rancangan produk dan tujuan pengembangannya.^[15]

Subjek penelitian pada tahap *preliminary research* terdiri atas dua guru kimia dari dua SMA yang berbeda. Uji validitas produk melibatkan tiga dosen pendidikan kimia dari salah satu perguruan tinggi di Kota Padang dan dua guru kimia SMA. Uji praktikalitas dilakukan melalui evaluasi perorangan yang melibatkan tiga peserta didik kelas XI Fase F serta evaluasi kelompok kecil yang melibatkan enam peserta didik dan dua guru kimia.

Pemilihan subjek penelitian menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu pemilihan responden berdasarkan pertimbangan tertentu yang sesuai dengan kebutuhan penelitian pengembangan. Guru pada tahap penelitian pendahuluan dipilih karena mengampu mata pelajaran kimia di kelas XI Fase F serta memiliki pengalaman menggunakan perangkat pembelajaran kimia. Validator dipilih berdasarkan kompetensi dan pengalaman dalam bidang pendidikan kimia serta pengembangan perangkat pembelajaran. Sementara itu, responden uji praktikalitas dipilih sebagai representasi pengguna akhir produk, yaitu guru kimia dan peserta

didik kelas XI Fase F yang telah mempelajari atau sedang mempelajari materi stoikiometri.

Karakteristik peserta didik yang dilibatkan pada tahap evaluasi perorangan dan kelompok kecil dipilih secara heterogen berdasarkan hasil rekomendasi guru mata pelajaran, sehingga mewakili kemampuan akademik tinggi, sedang, dan rendah. Pemilihan tersebut bertujuan untuk memperoleh masukan yang lebih beragam terkait kemudahan penggunaan, keterbacaan, serta kemenarikan E-LKPD yang dikembangkan.

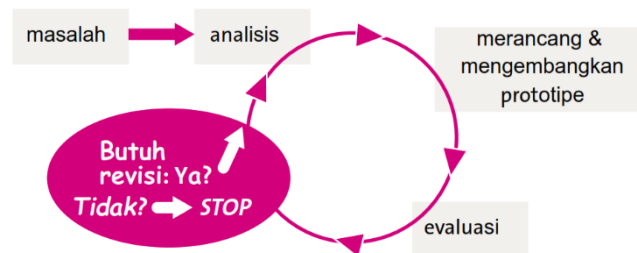
Instrumen validitas dikembangkan berdasarkan indikator yang mengacu pada karakteristik E-LKPD, prinsip pengembangan bahan ajar, sintaks Problem Based Learning, serta aspek multirepresentasi kimia. Instrumen ini mencakup empat aspek penilaian, yaitu: (1) kesesuaian materi dengan Capaian Pembelajaran (CP) dan Tujuan Pembelajaran (TP); (2) penyajian; (3) kelayakan isi; dan (4) kebahasaan. Masing-masing aspek memuat indikator yang menilai ketepatan konsep, sistematika penyajian, keterpaduan sintaks PBL, integrasi multirepresentasi kimia, serta kejelasan penggunaan bahasa sesuai Pedoman Umum Ejaan Bahasa Indonesia (PUEBI).

Instrumen praktikalitas disusun berdasarkan empat indikator utama, yaitu *usability*, *ease of use*, *attractiveness*, dan *efficiency*. Keempat indikator tersebut digunakan untuk mengevaluasi kemudahan penggunaan, kemudahan akses, daya tarik tampilan, serta efisiensi implementasi E-LKPD dalam proses pembelajaran.

Fase *preliminary research* diawali dengan analisis kebutuhan, analisis kurikulum, analisis perangkat pembelajaran yang telah digunakan, serta kajian pustaka. Analisis kebutuhan bertujuan mengidentifikasi permasalahan pembelajaran stoikiometri di sekolah, sedangkan analisis kurikulum dilakukan untuk memastikan kesesuaian produk dengan Capaian Pembelajaran Kurikulum Merdeka. Kajian pustaka digunakan sebagai landasan dalam merumuskan kerangka konseptual yang menjadi dasar pengembangan produk. Hasil dari fase ini digunakan sebagai acuan dalam proses perancangan dan pengembangan E-LKPD.^[16]

Tahap *self-evaluation* dilakukan oleh peneliti bersama rekan sejawat untuk meninjau kelengkapan komponen, kesesuaian dengan Capaian Pembelajaran, ketepatan penggunaan bahasa, serta tata letak produk. Hasil evaluasi digunakan untuk merevisi rancangan sehingga menghasilkan Prototipe I. Selanjutnya, Prototipe I divalidasi melalui expert review untuk menghasilkan Prototipe II. Setelah direvisi, produk diuji melalui *one-to-one evaluation* sehingga diperoleh Prototipe III, yang kemudian dievaluasi melalui *small group evaluation* untuk menilai praktikalitas produk.

Pada fase pengembangan, prototipe E-LKPD dikembangkan dan dievaluasi menggunakan evaluasi formatif Tessmer. Evaluasi dilakukan secara bertahap melalui self-evaluation, expert review, one-to-one evaluation, dan small group evaluation.^[16]



Gambar 1. Siklus pada Proses Pengembangan^[15]

2.2 Teknik Analisis Data

Data validitas dianalisis menggunakan koefisien Aiken's V untuk menentukan tingkat kesepakatan antar validator. Nilai koefisien dihitung berdasarkan skor yang diberikan oleh lima validator menggunakan skala Likert^[17]. Produk dinyatakan valid apabila memperoleh nilai Aiken's $V \geq 0,80$. Data praktikalitas dianalisis menggunakan persentase skor yang diperoleh dibandingkan dengan skor maksimum, kemudian diinterpretasikan berdasarkan kategori praktikalitas yang telah ditetapkan.

$$V = \frac{S}{n(c-1)} \quad (1)$$

$$S = \sum_{i=1}^n s_i \quad (2)$$

$$s_i = r_i - lo \quad (3)$$

V merupakan koefisien validitas Aiken, S merupakan jumlah keseluruhan nilai s_i dari seluruh validator, s_i merupakan skor hasil penilaian validator ke-ii setelah dikurangi skor terendah pada kategori penilaian, r_i merupakan skor yang diberikan oleh validator ke- i , lo merupakan skor terendah pada kategori penilaian yang digunakan, n merupakan jumlah validator, dan c merupakan jumlah kategori penilaian yang digunakan. Rumus tersebut mengacu pada Aiken (1985)^[27].

Tabel 1. Kriteria Validitas E-LKPD

Nilai Validitas	Kriteria
$\geq 0,80$	Valid
$< 0,80$	Tidak valid

Sumber: Aiken, 1985 (134).

Praktikalitas dari perangkat pembelajaran diperoleh dari rata-rata praktikalitas seluruh item yang diujikan. Angket praktikalitas dianalisis dengan rumus persen praktikalitas sebagai berikut dengan kriteria praktikalitas pada Tabel 2:

$$P = \frac{s}{sm} \times 100\% \quad (4)$$

P merupakan nilai praktikalitas, s merupakan skor yang diperoleh dari responden, dan sm merupakan skor maksimal.

Tabel 2. Kriteria Praktikalitas E-LKPD

Nilai Praktikalitas	Kriteria
81 – 100	Sangat praktis
61 - 80	Praktis
41- 60	Cukup praktis
21 - 40	Kurang praktis
0 - 20	Tidak praktis

Sumber: Riduwan, 2010.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan E-LKPD stoikiometri berbasis Problem Based Learning (PBL) yang mengintegrasikan tiga level representasi kimia, yaitu makroskopik, submikroskopik, dan simbolik. Produk dikembangkan melalui tahapan analisis kebutuhan, analisis kurikulum, perancangan, validasi, dan uji praktikalitas sesuai dengan model Plomp. Hasil pengembangan menunjukkan bahwa E-LKPD memenuhi kriteria valid dan sangat praktis sehingga layak digunakan sebagai salah satu alternatif perangkat pembelajaran pada materi stoikiometri. Analisis kebutuhan yang dilakukan pada dua SMA di Kota Padang menunjukkan bahwa sebagian besar peserta didik mengalami kesulitan menyelesaikan soal stoikiometri yang memiliki bentuk berbeda dari contoh yang diberikan guru. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa peserta didik belum memahami konsep stoikiometri secara menyeluruh sehingga mengalami kesulitan mentransfer pengetahuan konseptual ke dalam penyelesaian masalah yang berbeda peserta didik

Temuan ini diperkuat dengan hasil penelitian pada konteks lain oleh Zakiah^[2] dimana peserta didik sukar memahami beberapa konsep dalam materi stoikiometri

yaitu konsep persamaan reaksi, konsep mol, dan konsep perhitungan dalam persamaan reaksi. Kesamaan hasil tersebut menunjukkan bahwa kesulitan konseptual pada materi stoikiometri masih menjadi permasalahan yang konsisten pada berbagai konteks pembelajaran. Selain itu, hasil wawancara menunjukkan bahwa pembelajaran stoikiometri lebih berfokus pada penggunaan rumus dan latihan perhitungan. Kondisi tersebut menyebabkan peserta didik cenderung memandang stoikiometri sebagai materi yang berisi perhitungan dan prosedur matematis^[3]. Akibatnya pemaknaan terhadap angka, simbol dan persamaan yang digunakan menjadi terbatas.

Analisis terhadap LKPD yang digunakan di sekolah menunjukkan bahwa perangkat tersebut belum mengintegrasikan komponen-komponen yang mendukung pembelajaran bermakna secara optimal. Representasi submikroskopik belum disajikan, representasi simbolik belum dihubungkan dengan representasi makroskopik, dan sintaks model pembelajaran belum dirancang secara sistematis. Kondisi tersebut berpotensi menghambat peserta didik dalam membangun hubungan antar representasi kimia. Peserta didik Temuan ini sejalan dengan Ashfarini dan Rahmawan^[18] yang menemukan bahwa tidak adanya multirepresentasi dalam bahan ajar stoikiometri berkontribusi pada munculnya miskonsepsi. Ini dikarenakan peserta didik tidak memperoleh visualisasi yang memadai mengenai hubungan antar konsep dalam stoikiometri. Akibatnya peserta didik dapat melakukan perhitungan matematis tanpa memahami proses kimia yang menjadi konteks dalam perhitungan tersebut. Temuan tersebut menunjukkan pentingnya pemanfaatan teknologi digital untuk menyajikan multirepresentasi kimia secara lebih interaktif. Oleh karena itu, pengintegrasian multirepresentasi ke dalam E-LKPD diharapkan mampu membantu peserta didik membangun hubungan antara representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik secara lebih efektif. Temuan ini didukung oleh pendapat Rahayu & Kita^[7] tentang pentingnya multirepresentasi kimia untuk melatih kemampuan mengkorelasikan antar representasi dan materi agar meningkatkan pemahaman peserta didik.

Analisis kebutuhan juga menunjukkan bahwa guru mengalami kesulitan mengembangkan E-LKPD stoikiometri secara mandiri. Kesulitan tersebut terutama disebabkan oleh karakteristik materi yang abstrak sehingga memerlukan visualisasi partikel serta aktivitas pembelajaran yang mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Hasil ini mengindikasikan kebutuhan guru terhadap perangkat pembelajaran tidak hanya pada visualisasi namun juga pada aktivitas yang menuntut peserta didik secara kritis menyelesaikan masalah. Penggunaan PBL dalam E-LKPD berpotensi memberikan tahapan pembelajaran yang terstruktur. Peserta didik diarahkan melaksanakan kegiatan mulai dari memahami masalah, mengidentifikasi informasi melakukan penyelidikan, merancang solusi, menyajikan dan mengevaluasinya. Runtutan aktivitas ini berpeluang mengurangi ketergantungan peserta didik pada contoh

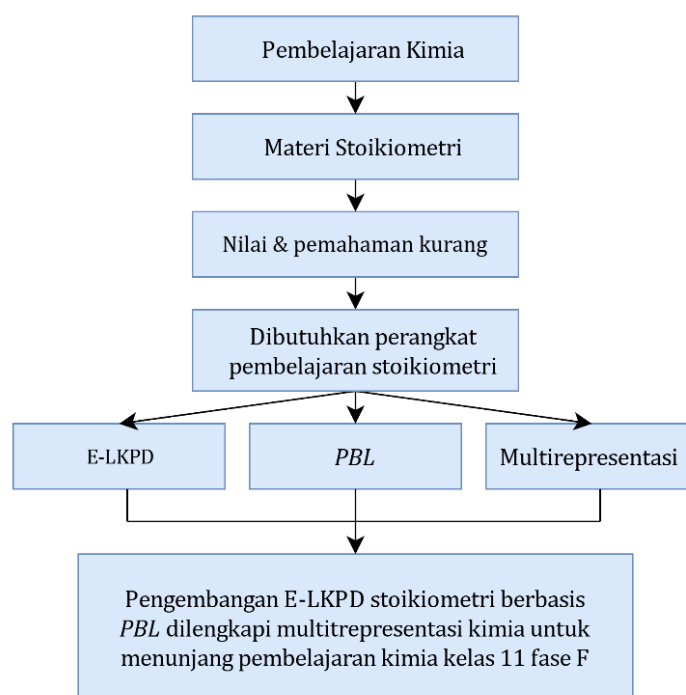
soal, karena peserta didik diarahkan menyusun strategi penyelesaian dalam kelompoknya sesuai konteks dan permasalahan yang diberikan. Ini sejalan dengan Abidin (2014: 160) bahwa model PBL dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan analitis serta kolaborasi bersama. E-LKPD ini juga dirancang untuk mendukung kemandirian belajar sehingga perlu dilengkapi dengan petunjuk penggunaan, tahap PBL yang jelas, visualisasi konsep, dan latihan yang interaktif. Angraeni, dkk.^[19] (2022: 456) menyatakan bahwa LKPD merupakan fasilitas yang diberikan agar tujuan pembelajaran dapat dicapai dengan lebih optimal dan melatih peserta didik dalam belajar mandiri untuk memahami dan mengembangkan konsep materi.^[8]

Selain analisis kebutuhan, analisis kurikulum dilakukan untuk memastikan kesesuaian E-LKPD dengan Capaian Pembelajaran (CP) Kimia Fase F Kurikulum Merdeka sebagaimana tercantum dalam Keputusan Kepala BSKAP Nomor 032/H/KR/2024. Analisis ini menjadi dasar dalam menentukan ruang lingkup materi, aktivitas pembelajaran, dan capaian yang harus dicapai peserta didik. Berdasarkan hasil analisis, materi stoikiometri dalam E-LKPD disusun untuk memfasilitasi pencapaian seluruh kompetensi yang tercantum dalam CP Fase F, mulai dari penyetaraan persamaan reaksi hingga penerapan konsep mol dan pereaksi pembatas. Dengan demikian, isi E-LKPD telah diselaraskan dengan tuntutan Kurikulum Merdeka sehingga mendukung ketercapaian kompetensi yang diharapkan.

Selain analisis empiris dan kurikulum, kajian pustaka dilakukan untuk membangun landasan teoretis pengembangan E-LKPD. Kajian tersebut mencakup konsep E-LKPD, model Problem Based Learning, multirepresentasi kimia, serta konsep-konsep

stoikiometri yang menjadi dasar penyusunan materi. Kajian terhadap E-LKPD menyimpulkan bahwa perangkat pembelajaran perlu memuat petunjuk yang jelas, materi yang sistematis, aktivitas pembelajaran, latihan, dan asesmen. Seluruh komponen disusun secara sistematis agar E-LKPD dapat digunakan secara mandiri serta mendukung keterlaksanaan pembelajaran berbasis PBL. Sementara itu, tinjauan terhadap PBL memperoleh tahapan pembelajaran yang terdiri dari: (1) mengorientasikan peserta didik pada masalah; (2) mengorganisasikan peserta didik untuk belajar; (3) membimbing penyelidikan; (4) mengembangkan dan menyajikan hasil karya; dan Menganalisis dan mengevaluasi. Materi stoikiometri yang disajikan dalam E-LKPD disusun dengan merujuk pada buku teks kimia oleh Petrucci^{[20][21]}, Chang^[21], Brady, dkk.^[22], dan McMurry, dkk.^[23]. Penggunaan buku referensi ini bertujuan memastikan akurasi konsep, istilah, simbol, prosedur, dan representasi makroskopik, submikroskopik dan simbolik yang disajikan dalam E-LKPD. Hasil kajian ini melandasi penentuan karakteristik, struktur dan aktivitas pembelajaran dan asesmen yang diintegrasikan ke dalam E-LKPD.

Hasil analisis kebutuhan dan konteks serta landasan teoritis melalui tinjauan pustaka menghasilkan kerangka konseptual yang disajikan pada Gambar 2. Kerangka ini mengilustrasikan hubungan antara permasalahan pembelajaran stoikiometri, kebutuhan pembelajaran, karakteristik materi, model PBL, multirepresentasi kimia, serta produk E-LKPD yang dikembangkan. Kerangka konseptual ini kemudian menjadi panduan dalam prosedur pengembangan yang dilakukan untuk memastikan setiap komponen yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan empiris dan landasan teoritis

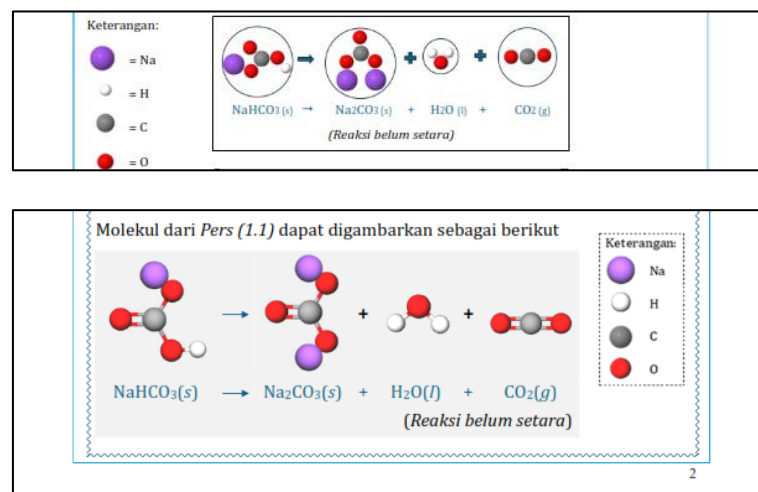


Gambar 2. Kerangka konseptual

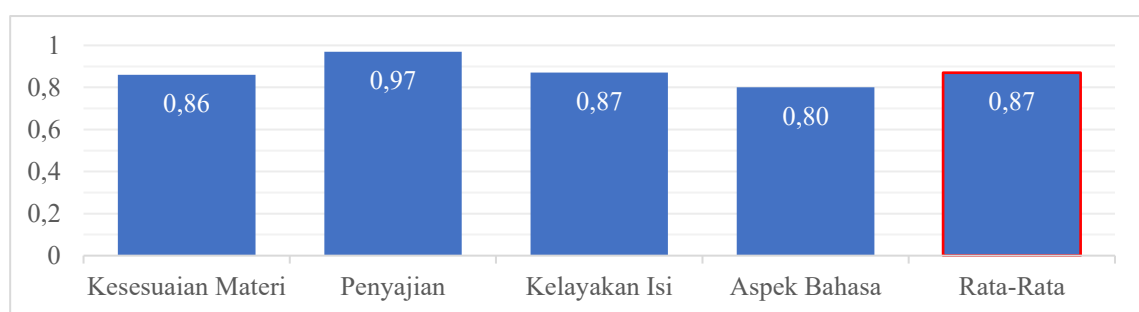
Fase pengembangan diawali dengan penyusunan rancangan E-LKPD beserta instrumen validitas dan praktikalitas yang akan digunakan pada tahap evaluasi. E-LKPD dirancang berdasarkan struktur LKPD umum yang dikemukakan Kosasih^[24]. Rancangan awal dikembangkan menggunakan Microsoft Word, kemudian diimplementasikan pada *Liveworksheet platform Liveworksheet* dengan menambahkan berbagai elemen interaktif yang memungkinkan peserta didik mengerjakan aktivitas pembelajaran secara digital. Komponen yang terdapat dalam E-LKPD meliputi sampul, kata pengantar, tentang E-LKPD, daftar isi, indikator pembelajaran, petunjuk penggunaan, materi, latihan, kegiatan, dan referensi. Komponen ini disusun secara sistematis untuk memudahkan peserta didik memahami tujuan, prosedur penggunaan, materi dan kegiatan yang perlu dilakukan. Tautan E-LKPD diperoleh setelah semua data dan elemen E-LKPD selesai dimasukkan ke dalam *platform*. Aktivitas pembelajaran dalam E-LKPD dirancang mengikuti sintaks Problem Based Learning. Pada setiap tahap pembelajaran, representasi makroskopik,

submikroskopik, dan simbolik diintegrasikan secara sistematis sehingga peserta didik dapat membangun hubungan antar ketiga representasi tersebut selama mempelajari konsep stoikiometri. Representasi makroskopik diilustrasikan melalui fenomena atau masalah yang diamati peserta didik; representasi submikroskopik berupa visualisasi yang sesuai dengan fenomena; dan simbolik disajikan melalui rumus kimia.

Rancangan awal kemudian dievaluasi melalui self-evaluation dan peer evaluation untuk mengidentifikasi berbagai kekurangan sebelum dilakukan penilaian oleh validator. Evaluasi ini dilakukan berdasarkan penilaian peneliti sendiri terhadap kurikulum dan komponen E-LKPD yang ditetapkan. Aspek-aspek yang diperiksa pada tahap ini meliputi kelengkapan komponen, pengetikan, tanda baca, dan tata letak. Pengeditan dilakukan terhadap kesalahan-kesalahan yang tampak sehingga dihasilkan Prototipe 1 yang siap untuk dievaluasi dan diberikan penilaian oleh ahli dan praktisi.



Gambar 3. Contoh revisi produk berdasarkan masukan validator



Gambar 4. Nilai Hasil Validasi Ahli

Validasi E-LKPD dilakukan oleh ahli dan praktisi untuk mengevaluasi validitas isi dan validitas konstruk dari E-LKPD yang dilihat dari 4 aspek yaitu kesesuaian materi dengan CP dan TP, penyajian, kelayakan isi dan aspek bahasa. Prototipe I divalidasi oleh 3 orang dosen kimia dan 2 orang guru kimia^[25]. Hasil validasi menunjukkan nilai Aiken's V rata-rata sebesar 0,87. Nilai tersebut menunjukkan bahwa E-LKPD telah memenuhi

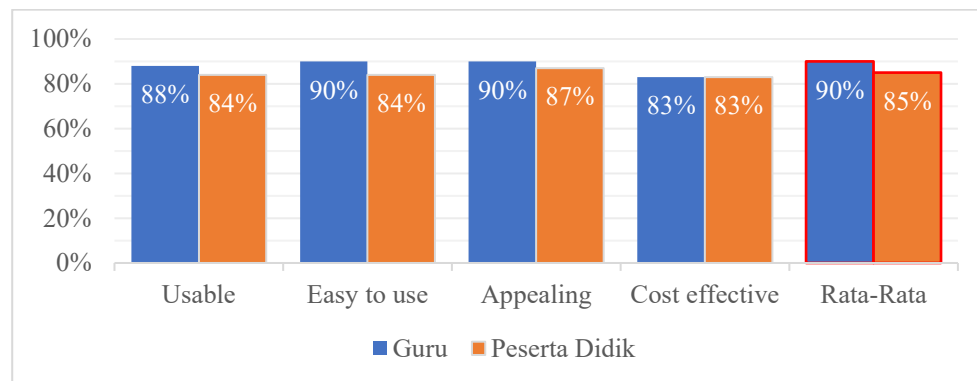
kriteria valid, yang mengindikasikan adanya konsistensi antara tujuan pembelajaran, materi, aktivitas pembelajaran, dan penilaian yang disajikan dalam produk^[26]. secara rinci, nilai validitas untuk setiap aspek meliputi: (1) kesesuaian materi dengan CP dan TP sebesar 0,86; (2) penyajian sebesar 0,97; (3) kelayakan isi sebesar 0,87; dan (4) kebahasaan sebesar 0,80. Seluruh aspek memenuhi kategori valid (Aiken's V > 0,80), yang

menunjukkan bahwa E-LKPD telah memenuhi kriteria kesesuaian kurikulum, akurasi konsep, kemutakhiran materi, dan relevansi kontekstual.^[27] Aktivitas pembelajaran dalam E-LKPD telah disusun sesuai dengan sintaks Problem Based Learning sehingga setiap tahap pembelajaran mendukung proses pemecahan masalah secara sistematis. Tingginya validitas pada aspek penyajian menunjukkan bahwa sistematika materi, urutan aktivitas, dan keterpaduan antar bagian telah disusun secara logis. Aspek kebahasaan juga memperoleh kategori valid, yang menunjukkan bahwa penggunaan istilah, struktur kalimat, dan ejaan telah sesuai dengan Pedoman Umum Ejaan Bahasa Indonesia (PUEBI). Hasil validitas ini sejalan dengan penelitian Melini dan Azhar^[4] yang melaporkan bahwa LKPD stoikiometri berbasis tiga level representasi kimia memperoleh nilai validitas sebesar 0,87 dengan kategori sangat tinggi. Temuan tersebut memperkuat bahwa pengintegrasian tiga level representasi kimia berkontribusi terhadap peningkatan kualitas isi E-LKPD.

Nilai validitas yang tinggi menunjukkan bahwa E-LKPD yang dikembangkan telah memenuhi kesesuaian antara tujuan pembelajaran, materi, aktivitas belajar, dan evaluasi yang disajikan. Salah satu faktor yang diduga berkontribusi terhadap tingginya validitas tersebut adalah integrasi sintaks Problem Based Learning dengan tiga level multirepresentasi kimia secara sistematis pada setiap aktivitas pembelajaran. Peserta didik tidak hanya dihadapkan pada penyelesaian masalah kontekstual, tetapi juga diarahkan untuk menghubungkan fenomena makroskopik, representasi partikel pada level submikroskopik, dan representasi simbolik berupa rumus

maupun persamaan kimia. Integrasi tersebut memungkinkan konsep-konsep stoikiometri yang bersifat abstrak direpresentasikan dalam berbagai bentuk sehingga lebih mudah dipahami peserta didik.

Meskipun E-LKPD telah memenuhi kategori valid, beberapa revisi tetap dilakukan berdasarkan masukan validator untuk meningkatkan kualitas produk. Salah satu masukan validator berkaitan dengan penggunaan istilah massa molar, yang berbeda dengan bahan ajar sebelumnya karena masih menggunakan istilah massa relatif untuk menyatakan massa satu mol zat. Miskonsepsi mengenai massa relatif dan massa molar merupakan permasalahan yang sering terjadi dalam pembelajaran stoikiometri^[18]. Saran perbaikan juga diberikan pada tata letak, desain penulisan rumus, dan penambahan terhadap isi dan pemilihan diksi pada E-LKPD oleh validator. Hasil revisi ini menghasilkan Prototipe 2 yang kemudian diuji melalui evaluasi perorangan melibatkan tiga peserta didik yang memiliki kemampuan berbeda-beda. Peserta didik diminta untuk membaca dan memahami E-LKPD serta mengerjakan soal-soal. Selanjutnya dilakukan wawancara terhadap masing-masing peserta didik untuk memperoleh umpan balik mengenai penggunaan E-LKPD. Hasil wawancara menunjukkan bahwa peserta didik memberikan respons positif terhadap tampilan E-LKPD, kemudahan memahami isi, kejelasan tahapan pembelajaran, serta meningkatnya ketertarikan dalam mempelajari materi stoikiometri. Namun pada beberapa bagian E-LKPD terutama pada aspek teknis dan tampilan produk direvisi sehingga dihasilkan Prototipe 3.



Gambar 5. Persen Hasil Uji Praktikalitas

Praktikalitas E-LKPD kemudian dievaluasi melalui small group evaluation yang melibatkan dua kelompok peserta didik dengan kemampuan akademik yang heterogen. Data respons peserta didik terhadap kepraktisan E-LKPD dikumpulkan melalui angket praktikalitas. Angket ini terdiri atas indikator: (1) dapat digunakan (*usable*); (2) mudah digunakan (*easy to use*); (3) menarik (*appealing*); dan (4) efisien (*cost effective*). Angket praktikalitas juga diberikan kepada 2 orang guru kimia kelas 11 Fase F di SMA yang sama untuk menilai aspek yang sama berdasarkan sudut pandang guru. Hasil penilaian menggunakan angket yang diberikan kepada

peserta didik per indikator adalah: (1) dapat digunakan 84%; (2) mudah digunakan 84%; (3) menarik 87%; dan (4) efisien 83%, dengan rata-rata keseluruhan 85%. Hasil penilaian guru per indikator adalah: (1) dapat digunakan 88%; (2) mudah digunakan 90%; (3) menarik 90%; dan (4) efisien 83%, dengan rata-rata keseluruhan 90%. Kedua hasil tersebut menunjukkan bahwa E-LKPD memenuhi kriteria sangat praktis pada keempat aspek penilaian untuk kedua subjek yang menilai. Tingginya nilai praktikalitas pada aspek kemenarikan sejalan dengan temuan Sriwahyuni dkk.^[13] yang menyatakan bahwa bahan ajar berbasis teknologi mampu

meningkatkan ketertarikan peserta didik dalam belajar. Selain itu, tingginya skor pada aspek kemudahan penggunaan menunjukkan bahwa E-LKPD berbantuan *Liveworksheet* mudah diakses dan dioperasikan oleh peserta didik. Temuan ini juga sejalan dengan Syafitri dan Tressyalina^[14], yang melaporkan bahwa E-LKPD memiliki keunggulan dalam hal fleksibilitas penggunaan *platform*

Tingginya tingkat praktikalitas menunjukkan bahwa E-LKPD dapat digunakan secara efektif oleh guru maupun peserta didik. Aspek kemenarikan memperoleh skor tinggi karena penggunaan *platform Liveworksheet*

memungkinkan penyajian aktivitas pembelajaran yang lebih interaktif dibandingkan LKPD cetak konvensional. Selain itu, kemudahan penggunaan didukung oleh struktur kegiatan yang mengikuti sintaks Problem Based Learning secara bertahap sehingga peserta didik dapat mengikuti proses pembelajaran secara mandiri maupun dengan bimbingan guru. Temuan ini mengindikasikan bahwa integrasi bahan ajar digital, model Problem Based Learning, dan multirepresentasi kimia mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik, interaktif, dan mudah digunakan dibandingkan bahan ajar yang hanya berfokus pada penyajian materi dan latihan perhitungan^{[16][32]}.



E-LKPD KIMIA STOIKIOMETRI

Oleh: Lathifah

- Persamaan reaksi kimia
- Penyetaraan reaksi kimia
- Stoikiometri
- Konsep mol
- Rumus molekul
- Rumus empiris
- Persen hasil

Nama: _____

Kelas: _____

Kelompok: _____

**FASE F
KELAS
11**

1 Menyetarakan persamaan reaksi

Baca dan pahami Materi 1 di bawah ini!

**MATERI 1
PENYETARAAN PERSAMAAN REAKSI**

Persamaan reaksi kimia seperti sebuah resep

Salah satu cara untuk memahami reaksi kimia adalah menganggapnya sebagai "resep." Misalnya resep untuk membuat s'mores dapat ditulis seperti berikut:

Biskuit + Marshmallow + Cokelat batang → S'mores

Sebuah resep yang baik akan mencantumkan bahan dan jumlah yang diperlukan serta jumlah produk yang akan dihasilkannya. Sehingga resep yang lebih rinci dari s'mores adalah sebagai berikut:

2 Biskuit + 1 Marshmallow + ¼ Cokelat batang → 1 S'mores

Persamaan reaksi pemanasan natrium bikarbonat (soda kue)

Soda kue atau natrium bikarbonat (NaHCO_3) jika dipanaskan akan menghasilkan padatan natrium karbonat (Na_2CO_3), uap air (H_2O), dan gas karbondioksida (CO_2). Reaksi ini dapat dituliskan dalam persamaan reaksi menggunakan rumus kimia dari zat seperti berikut:

$$\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$$

Reaktan Arah reaksi Produk

Pers. (1.1)
(belum setara)

Setelah memahami Materi 1, kerjakanlah Latihan 1 untuk menguji pemahamanmu tentang penyetaraan persamaan reaksi!

**LATIHAN 1
PENYETARAAN REAKSI**

1. Tentukanlah apakah reaksi kimia berikut sudah setara atau belum! Buktikan dengan menunjukkan berapa jumlah tiap atom pada kedua sisi panah! (Ingat! Koefisien melipatgandakan jumlah unsur dalam suatu senyawa)

a. $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2\text{HCl}$

Atom	Jumlah pada produk	Jumlah pada reaktan
Ba		
Cl		
H		
S		
O		

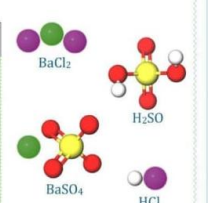
Kesimpulan:

BaCl_2

H_2SO_4

BaSO_4

HCl



Gambar 6. E-LKPD yang Valid dan Praktis

Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya mengembangkan LKPD berbasis multirepresentasi kimia atau Problem Based Learning secara terpisah, penelitian ini mengintegrasikan kedua pendekatan tersebut ke dalam E-LKPD berbantuan

Liveworksheet yang dirancang sesuai dengan implementasi Kurikulum Merdeka. Integrasi tersebut tidak hanya mendukung pemahaman konsep stoikiometri melalui tiga level representasi kimia, tetapi juga memfasilitasi pengembangan keterampilan pemecahan

masalah yang menjadi salah satu kompetensi penting dalam Kurikulum Merdeka.

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Pengembangan E-LKPD hanya dilakukan hingga fase development or prototyping phase, sehingga efektivitas produk terhadap hasil belajar peserta didik belum dievaluasi. Meskipun Prototipe 3 telah memenuhi kriteria praktikalitas ^[16], pengujian efektivitas masih diperlukan sebelum produk diimplementasikan pada skala yang lebih luas ^[32].

Selain itu, uji praktikalitas hanya melibatkan kelompok kecil yang berasal dari satu sekolah sehingga generalisasi hasil penelitian masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian lanjutan diperlukan untuk menguji efektivitas E-LKPD pada sampel yang lebih besar dan beragam sehingga diperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai implementasi produk pada berbagai konteks pembelajaran.

4. KESIMPULAN

Perangkat pembelajaran E-LKPD stoikiometri berbasis Problem Based Learning yang terintegrasi multirepresentasi kimia untuk menunjang pembelajaran kimia kelas 11 Fase F dikembangkan sampai menghasilkan produk yang valid dan praktis. Kriteria valid ditunjukkan oleh nilai validitas sebesar 0,87, sedangkan kriteria kepraktisan berada pada level sangat praktis dengan tingkat praktikalitas peserta didik sebesar 91% dan praktikalitas guru sebesar 92%.

Integrasi Problem Based Learning, multirepresentasi kimia, dan *platform Liveworksheet* memberikan kontribusi terhadap pengembangan bahan ajar digital yang layak digunakan dalam pembelajaran stoikiometri. Produk yang dikembangkan berkontribusi dalam menyediakan alternatif bahan ajar yang mendukung implementasi Kurikulum Merdeka, membantu visualisasi konsep stoikiometri yang abstrak, serta berpotensi memfasilitasi pengembangan kemampuan pemecahan masalah peserta didik.

Penelitian ini masih terbatas pada pengembangan yang berfokus pada evaluasi validitas dan praktikalitas sehingga belum memberikan bukti empiris mengenai dampak penggunaannya terhadap capaian pembelajaran. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu untuk menguji efektivitas E-LKPD terhadap hasil belajar, kemampuan representasi kimia, kemampuan berpikir kritis, dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik pada sampel yang lebih luas dan beragam.

5. DECLARATION OF AI USE

Penulis menggunakan ChatGPT, dan Claude AI untuk membantu memperbaiki tata bahasa, menyempurnakan struktur kalimat, meningkatkan kejelasan penjelasan, serta membantu penelusuran referensi yang relevan dengan topik penelitian. Seluruh keluaran yang dihasilkan oleh perangkat kecerdasan artifisial telah ditinjau, diperiksa, dan diverifikasi kembali oleh penulis. Penulis bertanggung jawab penuh

atas keakuratan, orisinalitas, dan integritas seluruh isi manuskrip.

6. AUTHOR CONTRIBUTION

WY: Perumusan konsep penelitian (*Conceptualization*), penyusunan metodologi (*Methodology*), pelaksanaan penelitian (*Investigation*), pengumpulan data (*Data Collection*), analisis data (*Data Analysis*), interpretasi hasil penelitian (*Interpretation*), penyusunan draf awal manuskrip (*Writing – Original Draft*), serta penyusunan dan penyempurnaan manuskrip.

BYF: Supervisi penelitian (*Supervision*), validasi hasil penelitian (*Validation*), serta peninjauan, pemberian saran, dan penyuntingan manuskrip (*Writing – Review & Editing*).

Kedua penulis telah membaca dan menyetujui versi akhir manuskrip sebelum dikirimkan untuk publikasi.

7. FUNDING STATEMENT

Penelitian ini tidak menerima pendanaan dari pihak eksternal.

8. CONFLICT OF INTEREST

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan yang berkaitan dengan penelitian dan publikasi artikel

REFERENSI

1. Ginanto D, Kesuma AT, Anggraena Y, Setiyowati D. Panduan Pembelajaran dan Asesmen. 2024.
2. Zakiyah Z, Ibnu S, Subandi S. Analisis dampak kesulitan peserta didik pada materi stoikiometri terhadap hasil belajar termokimia dan upaya mengurangnya dengan metode pemecahan masalah. *EduChemia: Jurnal Kimia dan Pendidikan*. 2018.
3. Norjana R, Santosa S, Joharmawan R. Identifikasi tingkat pemahaman konsep hukum-hukum dasar kimia dan penerapannya dalam stoikiometri pada peserta didik kelas X IPA di MAN 3 Malang. *J-PEK (Jurnal Pembelajaran Kimia)*. 2016.
4. Melini ML, Azhar M. Edukimia Journal LKPD Stoikiometri Berbasis Inkuiri Terstruktur dengan Tiga Level Representasi untuk Kelas X SMA Stoichiometry Student Worksheet Based on Structured Inquiry with Three Levels of Chemical Representation for 10 th Grade Senior High School. 2019.
5. Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia nomor 262/M/2022 tentang perubahan atas Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi nomor 56/M/2022 tentang pedoman penerapan kurikulum dalam rangka pemulihan pembelajaran. Jaringan Dokumentasi Dan Informasi Hukum Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi.
6. Anggraena, Y., Ginanto, D., Felicia, N., Andiarti,

- A., Herutami, N., Alhapip, L., ... & Mahardika, R. L. Panduan Pembelajaran dan Asesmen Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Menengah. Badan Standar, Kurikulum, Dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia. 2022.
7. Rahayu S, Kita M. An Analysis of Indonesian and Japanese Students' Understandings of Macroscopic and Submicroscopic Levels of Representing Matter and its Changes. *Int J Sci Math Educ.* 2010.
8. Anugrah IR. Telaah Topik Stoikiometri SMA: Miskonsepsi Dan Strategi Pembelajarannya. *Orbital: J. Pend. Kim.* 2019.
9. Fauzan F, Mawardi M, Suryani O. Development of Teaching Materials to Support Merdeka Curriculum Learning on Basic Law of Chemistry Phase E. *Prisma Sains : Jurnal Pengkajian Ilmu dan Pembelajaran Matematika dan IPA IKIP Mataram.* 2023.
10. Rahayu R, FX EW. Pengembangan perangkat pembelajaran ipa berbasis problem based learning di SMP. *Jurnal Kependidikan: Penelitian Inovasi Pembelajaran.* 2015.
11. Dole S, Bloom L, Doss KK. Engaged learning: Impact of PBL and PjBL with elementary and middle grade students. *Interdisciplinary Journal* 2017.
12. Syafitri RA, Tressyalina. The Importance of the Student Worksheets of Electronic (E-LKPD) Contextual Teaching and Learning (CTL) in Learning to Write Description Text during Pandemic COVID-19. 2020.
13. Handri S. LKPD Berbasis PBL pada Materi Larutan Elektrolit dan Nonelektrolit untuk Kelas X SMA/MA. *Entalpi Pendidikan Kimia.* 2021.
14. Sriwahyuni I, Risdianto E, Johan H. Pengembangan Bahan Ajar Elektronik Menggunakan Flip Pdf Professional Pada Materi Alat-Alat Optik Di SMA. *Jurnal Kumparan Fisika.* 2019.
15. Plomp Tj, Nieveen Nienke. Educational design research. Part A : an introduction. SLO; 2013.
16. Van den Akker Jan, Bannan Brenda, Kelly AE., Plomp Tjeerd, Nieveen Nienke, Gravemeijer Koeno, dkk. Educational design research. Netherlands Institute for Curriculum Development; 2013.
17. Boslaugh, S. Statistics in a nutshell: A desktop quick reference. O'Reilly Media, Inc. 2013.
18. Ashfarini D, Rahmawan S, Sunan Kalijaga U. Identification of Misconceptions and Causes of Misconceptions in Stoichiometry Material Using Four Tier Multiple Choice (4TMC). *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia.* 2024.
19. Angraeni D, Lestari RY, Wika &, Legiani H, Ppkn J, Keguruan F, dkk. Proses Pembuatan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Kurikulum 2013 Dalam Mata Pelajaran Pendidikan Pancasila Dan Kewarganegaraan (Studi Deskriptif di Kelas IX SMP Negeri 10 Kota Serang). *Jurnal Kewarganegaraan.* 2022.
20. Petrucci RH., Herring FGeoffrey, Madura JD., Bissonnette Carey. General chemistry : principles and modern applications. Pearson; 2017.
21. Chang, R. Chemistry. United States: McGraw-Hill Education. 2022.
22. Neil D. Jespersen, James E. Brady, Alison Hyslop. Chemistry The Molecular Nature of Matter. Wiley. 2014.
23. John E. McMurry et al. - Fundamentals of General, Organic and Biological Chemistry in SI Units-Pearson. 2017.
24. Kosasih, E. Pengembangan bahan ajar. Bumi Aksara. 2021.
25. Putri NN, Alizar. Validitas LKPD Berbasis Team Games Tournament Pada Materi Struktur Atom untuk Kelas X Fase E SMA. *Journal of Global Research Education.* 2025.
26. Mastang M, Rapi M. Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis Problem Based Learning Kelas X Mia SMA. *Bioedukasi (Jurnal Pendidikan Biologi).* 2018
27. Aiken, L. R. Three Coefficients for Analyzing the Reliability and Validity of Ratings. Educational and Psychological Measurement. 1985.