

**PENGEMBANGAN E-LKPD BERBASIS PROBLEM BASED LEARNING
BERBANTUAN WEBSITE WIZER.ME PADA MATERI KESETIMBANGAN KIMIA
FASE F SMA/MA**

Suci Adila Rahmah¹, Desy Kurniawati^{2*}

Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Negeri Padang^{1,2}

e-mail: suciadila2003@gmail.com

Diterima: 1/5/2026; Direvisi: 8/5/2026; Diterbitkan: 17/5/2026

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan E-LKPD berbasis *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan *website wizer.me* pada materi kesetimbangan kimia Fase F SMA/MA serta menguji tingkat validitas dan kepraktisannya. Penelitian ini merupakan jenis penelitian *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan 4-D yang meliputi tahap *define, design, develop, dan disseminate*, namun pelaksanaannya dibatasi hingga tahap *develop*. Subjek penelitian terdiri atas 3 dosen Kimia FMIPA UNP dan 2 guru kimia SMA Pertiwi 1 Padang sebagai validator, serta 2 guru kimia dan 24 peserta didik sebagai responden uji praktikalitas. Instrumen yang digunakan meliputi lembar wawancara, angket peserta didik, lembar validasi, dan angket praktikalitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa E-LKPD yang dikembangkan memiliki tingkat validitas dengan nilai rata-rata Aiken's V sebesar 0,90 yang tergolong dalam kategori valid, serta tingkat kepraktisan dengan nilai rata-rata sebesar 94% dari guru dan 90% dari peserta didik yang termasuk dalam kategori sangat praktis. Hasil ini menunjukkan bahwa E-LKPD yang dikembangkan mudah digunakan, menarik, dan mampu mendukung pembelajaran yang aktif, sehingga dapat disimpulkan bahwa E-LKPD berbasis *Problem Based Learning* berbantuan *website wizer.me* pada materi kesetimbangan kimia telah memenuhi kriteria valid dan sangat praktis untuk digunakan dalam pembelajaran.

Kata Kunci: *E-LKPD, PBL, Kesetimbangan Kimia, Website Wizer.me*

ABSTRACT

This study aims to develop a Problem Based Learning (PBL)-based E-LKPD assisted by the *wizer.me* website on the topic of chemical equilibrium in the High School/MA phase and to test its validity and practicality. This research is a type of Research and Development (R&D) study using the 4-D development model, which includes the *define, design, develop, and disseminate* stages, but its implementation is limited to the *develop* stage. The research subjects consisted of 3 Chemistry lecturers from FMIPA UNP and 2 high school chemistry teachers from SMA Pertiwi 1 Padang as validators, as well as 2 chemistry teachers and 24 students as practicality test respondents. The instruments used include interview sheets, student questionnaires, validation sheets, and practicality questionnaires. The research results indicate that the developed E-LKPD has a validity level with an average Aiken's V value of 0.90, which is categorized as valid, and a practicality level with average scores of 94% from teachers and 90% from students, placing it in the very practical category. These results show that the developed E-LKPD is easy to use, engaging, and able to support active learning, so it can be concluded that the Problem-Based Learning E-LKPD assisted by the *wizer.me* website on chemical equilibrium material meets the criteria of being valid and very practical for use in learning.

Keywords: *E-LKPD, PBL, Chemical Equilibrium, Website Wizer.me*

PENDAHULUAN

Memasuki gerbang abad ke-21, laju transformasi teknologi informasi telah memberikan dampak yang luar biasa masif terhadap seluruh tatanan kehidupan manusia, termasuk di dalamnya ekosistem pendidikan global yang kian dinamis. Pendidikan memegang peranan yang sangat fundamental dan strategis bagi keberlangsungan pembangunan sebuah negara karena bertugas menyiapkan generasi muda dengan bekal pengetahuan yang luas, keterampilan teknis yang mumpuni, serta karakter yang tangguh dalam menghadapi tantangan masa depan. Guna menyikapi pergeseran paradigma tersebut, otoritas berwenang terus berupaya menghadirkan berbagai terobosan inovatif demi mendongkrak mutu kependidikan nasional secara berkelanjutan melalui pemutakhiran pedoman instruksional. Inovasi dalam penyusunan kurikulum ini dirancang sedemikian rupa agar proses belajar menjadi jauh lebih fleksibel, menyenangkan, serta tidak membebani kapasitas kognitif para peserta didik secara berlebihan di ruang kelas. Melalui pendekatan yang lebih adaptif terhadap kemajuan zaman, diharapkan setiap individu mampu menyerap materi pelajaran secara lebih mendalam dan bermakna melalui pengalaman belajar yang nyata. Pemanfaatan perangkat *digital* dalam lingkungan sekolah kini bukan lagi sekadar pilihan gaya hidup, melainkan kebutuhan mendesak untuk memastikan bahwa lulusan sekolah memiliki kompetensi yang relevan dengan tuntutan industri modern yang serba cepat (Ashari et al., 2023; Dakhi et al., 2025; Patmasari et al., 2023; Subroto et al., 2023; Syahid et al., 2022).

Implementasi kurikulum nasional saat ini menjadi kompas utama dalam mengarahkan orientasi pembelajaran pada setiap jenjang kependidikan agar lebih berpihak pada kepentingan murid secara holistik dan berkelanjutan. Dalam kerangka kerja ini, guru tidak lagi diposisikan sebagai satu-satunya sumber kebenaran tunggal, melainkan bertransformasi menjadi seorang fasilitator yang bertugas memantik interaksi aktif serta kolaborasi produktif di antara para murid. Salah satu tujuan inti dari transformasi ini adalah untuk menjamin bahwa setiap anak mendapatkan akses terhadap pendidikan yang bermutu tinggi, baik dari sisi literasi dasar maupun penguasaan keterampilan abad ke-21 yang kompleks. Dari sekian banyak kecakapan yang ditekankan, kemampuan berpikir kritis atau *critical thinking* muncul sebagai aspek yang paling krusial untuk dimiliki oleh generasi penerus bangsa. Keterampilan ini memungkinkan murid untuk tidak hanya menelan informasi secara mentah, tetapi juga mampu menganalisis, mengevaluasi, serta mensintesis berbagai data secara logis dan terstruktur. Dengan memiliki ketajaman nalar yang baik, murid akan cenderung lebih mandiri dalam memecahkan masalah yang rumit serta mampu mengambil keputusan secara tepat berdasarkan pertimbangan fakta yang akurat dan terukur dalam kehidupan bermasyarakat (Armansyah et al., 2022; Lukman et al., 2024; Sumargono et al., 2022; Susilowati, 2022).

Keterampilan nalar kritis memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap efektivitas proses belajar karena murid yang memiliki kapasitas analisis mumpuni mampu memahami substansi materi secara lebih komprehensif dibandingkan murid biasa. Guna menstimulasi kemampuan tersebut, diperlukan sebuah model instruksional yang relevan seperti *problem based learning* yang dirancang khusus untuk melatih partisipan didik dalam menerapkan konsep secara kontekstual dan mendalam. Melalui skema ini, murid ditantang untuk mengintegrasikan keterampilan berpikir tingkat tinggi, menumbuhkan kemandirian secara progresif, serta meningkatkan motivasi intrinsik dalam mendalami berbagai cabang ilmu pengetahuan alam. Penerapan model berbasis masalah ini dinilai sangat tepat untuk diaplikasikan dalam pembelajaran kimia, khususnya pada materi kesetimbangan kimia yang menuntut daya penalaran serta kemampuan analitis yang sangat intensif dari pihak murid.

Materi ini sering kali dianggap sebagai hambatan besar bagi banyak pelajar karena melibatkan banyak konsep abstrak serta perhitungan yang saling berkaitan erat satu sama lain dalam sistem tertutup. Dengan bimbingan guru sebagai pendamping pada fase awal, model ini diharapkan mampu menjembatani kesenjangan pemahaman murid terhadap fenomena mikroskopis dalam reaksi kimia yang sering kali sulit untuk divisualisasikan secara manual (Langitasari et al., 2024; Murni et al., 2022; Sukarmin et al., 2026; Wildan et al., 2023).

Meskipun kesetimbangan kimia merupakan materi inti yang sangat penting, realitas di lapangan menunjukkan adanya hambatan belajar yang cukup serius bagi sebagian besar murid sekolah menengah atas. Berdasarkan data hasil analisis kebutuhan yang melibatkan 59 orang murid di SMAN 12 Padang serta SMA Pertiwi 1 Padang, tercatat bahwa sekitar 85% dari mereka mengalami kesulitan yang signifikan dalam menguasai konsep tersebut secara utuh. Masalah ini diperkeruh oleh pola pengajaran di lapangan yang senyatanya masih didominasi oleh pendekatan yang berpusat pada guru atau *teacher centered* melalui metode ceramah konvensional yang monoton. Diskusi dan tanya jawab yang dilakukan belum sepenuhnya mampu mengaitkan konsep abstrak kimia dengan problematika dalam kehidupan sehari-hari secara mendalam dan menarik. Selain itu, buku teks yang digunakan sebagai sumber belajar utama dinilai kurang optimal karena penyajiannya didominasi oleh narasi panjang serta deretan rumus kimia yang menjemukan tanpa dukungan visual yang memadai. Kondisi ini mengakibatkan minat belajar murid menurun drastis karena mereka merasa kesulitan dalam mencerna istilah-istilah teknis yang kompleks serta operasional matematis yang rumit di balik fenomena kesetimbangan yang diajarkan pada kurikulum sekolah (Ardiansyah & Yerimadesi, 2024; Febryanti & Rusmini, 2022; Nurhasanah et al., 2022; Rusli et al., 2023; Silaban & Panggabean, 2022).

Menanggapi adanya kesenjangan antara kondisi ideal dan realitas tersebut, muncul sebuah urgensi untuk mengembangkan bahan ajar berbasis elektronik yang lebih interaktif dan sesuai dengan preferensi generasi *digital* masa kini. Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa murid saat ini cenderung lebih tertarik pada materi yang dilengkapi dengan elemen visual menarik seperti gambar, video, serta soal latihan yang bersifat interaktif dan memberikan umpan balik secara instan. Sebagai solusi konkret, dikembangkanlah lembar kerja elektronik atau E-LKPD dengan memanfaatkan teknologi digital yang dapat diakses dengan mudah melalui ponsel pintar maupun komputer setiap saat. Inovasi ini memanfaatkan *platform Wizer.me* yang memungkinkan penyusunan lembar kerja digital secara daring dengan fitur penilaian otomatis yang sangat memudahkan proses evaluasi bagi pengajar di sekolah. Melalui media ini, guru dapat merancang berbagai variasi soal mulai dari pilihan ganda hingga isian singkat yang mampu memantik daya kritis murid secara optimal selama proses belajar berlangsung. Penelitian ini difokuskan pada pengembangan E-LKPD berbasis *problem based learning* berbantuan situs *Wizer.me* pada materi kesetimbangan kimia fase F SMA guna meningkatkan kualitas kependidikan nasional melalui pemanfaatan media yang kreatif dan efektif.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian *Research and Development* (R&D) yang bertujuan untuk mengembangkan sekaligus menguji validitas suatu produk (Sugiyono, 2023). Produk yang dihasilkan berupa E-LKPD berbasis *Problem Based Learning* berbantuan *website wizer.me* pada materi kesetimbangan kimia untuk Fase F kelas XI SMA/MA. Penelitian dilaksanakan di Departemen Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang (UNP) dan SMA Pertiwi 1 Padang pada tahun ajaran 2025/2026, dengan subjek penelitian terdiri atas 3 dosen

Departemen Kimia FMIPA UNP dan 2 guru kimia sebagai validator, serta 2 guru kimia dan 24 peserta didik Fase F sebagai responden uji praktikalitas. Instrumen pengumpulan data meliputi lembar wawancara guru, angket peserta didik, lembar validasi, serta angket praktikalitas. Proses pengembangan mengacu pada model 4-D yang dikemukakan oleh Thiagarajan, Semmel, dan Semmel, yang mencakup tahap *define*, *design*, *develop*, dan *disseminate*, namun penelitian ini dibatasi hingga tahap *develop* karena keterbatasan waktu dan biaya.

Tahap Pendefinisian (*Define*)

Pada tahap ini, penting untuk mengidentifikasi secara rinci hal-hal yang dibutuhkan dalam produk, tujuan pengembangannya, serta sasaran penggunaannya. Pada tahap ini, terdapat lima kegiatan yang dapat dilakukan, yaitu: a) Analisis Ujung-Depan (*Front-end Analysis*), bertujuan untuk mengidentifikasi dan merumuskan masalah yang muncul selama proses pembelajaran kimia, khususnya materi kesetimbangan kimia yang kemudian menjadi dasar kebutuhan pengembangan. b) Analisis Peserta Didik (*Learner Analysis*), bertujuan untuk memahami karakteristik murid yang akan menggunakan media pembelajaran yang dikembangkan. c) Analisis Konsep (*Concept Analysis*), bertujuan untuk mengidentifikasi konsep utama materi kesetimbangan kimia, menyusunnya dalam bentuk hierarki, dan memecah setiap konsep menjadi elemen penting. Analisis ini mencakup identifikasi definisi, jenis konsep, karakteristik, hubungan antar konsep, serta prinsip yang mendasarinya agar pembelajaran lebih terstruktur. d) Analisis Tugas (*Task Analysis*), terdiri dari Capaian Pembelajaran (CP) dan rincian materi secara garis besar sesuai dengan Alur Tujuan Pembelajaran (ATP). Analisis ini bertujuan untuk menentukan dan menyesuaikan cakupan materi dan kegiatan pembelajaran sebagai dasar pengembangan E-LKPD yang dilakukan. d) Perumusan Tujuan Pembelajaran (*Specifying Instructional Objectives*), berfungsi sebagai rangkuman dari hasil analisis konsep (*concept analysis*) dan analisis tugas (*task analysis*) yang telah dilakukan. Analisis ini menjadi dasar dalam penyusunan E-LKPD berbasis *problem based learning* pada materi kesetimbangan kimia.

Tahap Perancangan (*Design*)

Tahap ini berfokus pada perancangan E-LKPD berbasis PBL untuk materi kesetimbangan kimia. Terdapat empat langkah yang dapat dilakukan pada tahap ini, yaitu: a) Penyusunan Standar Tes (*Constructing Criterion-Referenced Test*), Instrumen ini disusun berdasarkan analisis spesifikasi tujuan pembelajaran dan karakteristik peserta didik, sehingga alat evaluasi yang dihasilkan dapat mengukur pencapaian kompetensi secara akurat dan sesuai kebutuhan. b) Pemilihan Media (*Media Selection*), media yang dipilih sesuai dengan karakteristik peserta didik dan materi yang akan disampaikan yaitu kesetimbangan kimia. c) Pemilihan Format (*Format Selection*), pemilihan ini menentukan bentuk penyajian materi, meliputi desain, gambar, dan tata letak agar menarik, informatif, dan mudah dipahami oleh peserta didik. d) Rancangan Awal (*Initial Design*), Rancangan awal mencakup seluruh desain perangkat pembelajaran yang disusun sebagai tahap persiapan sebelum dilaksanakannya uji coba.

Tahap Pengembangan (*Development*)

Tahap pengembangan merupakan fase utama dalam proses menghasilkan produk yang telah dirancang. Tahap ini terdiri dari:

Uji Validitas

Dalam hal ini, penilaian dilakukan oleh 2 orang guru kimia SMA Pertiwi 1 Padang serta 3 orang dosen kimia FMIPA UNP yang memiliki kompetensi di bidangnya. Uji validitas dilakukan untuk menilai kelayakan produk yang dikembangkan. Hasil uji validitas dilakukan menggunakan rumus Aiken's V untuk menilai kelayakan E-LKPD berbasis *Problem Based*

Learning berbantuan *website wizer.me*. Kategori validitas menurut Aiken's V dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Kategori validitas menurut Aiken's V

Indeks Aiken's V	Kategori
$V < 0,8$	Tidak valid
$V \geq 0,8$	Valid

(Aiken, 1985)

Uji Praktikalitas

Uji praktikalitas dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sejauh mana E-LKPD berbasis *problem based learning* pada materi kesetimbangan kimia dapat digunakan secara efektif dalam proses pembelajaran. Uji ini dilakukan melalui penyebaran kuesioner kepada 24 peserta didik dan 2 guru kimia SMA Pertiwi 1 Padang setelah penggunaan perangkat pembelajaran. Tingkat praktikalitas E-LKPD yang telah dikembangkan akan terlihat setelah dikonversikan ke kategori pada tabel berikut:

Tabel 2. Kategori Tingkat Kepraktisan

Rentang (%)	Kategori
86 – 100	Sangat Praktis
76 – 85	Praktis
60 – 75	Cukup Praktis
55 – 59	Kurang Praktis
≤ 54	Sangat Kurang Praktis

(Sumber : Purwanto, 2016)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tahap Pendefinisian (*Define*)

Pada tahap ini, kegiatan penelitian difokuskan pada analisis berbagai hambatan yang mungkin dihadapi oleh guru maupun peserta didik selama proses pembelajaran kimia khususnya kesetimbangan kimia. Selain itu, tahap ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan yang menjadi dasar dalam pengembangan produk E-LKPD yang akan dikembangkan. Data dikumpulkan melalui wawancara dengan guru dan penyebaran angket kepada peserta didik.

Analisis Ujung-Depan (*Front-end Analysis*)

Tahap ini, bertujuan untuk mengidentifikasi berbagai permasalahan yang muncul dalam pembelajaran kimia, khususnya pada materi kesetimbangan kimia, yang akan dijadikan sebagai dasar dalam pengembangan bahan ajar. Permasalahan tersebut diperoleh melalui kegiatan observasi yang dilakukan melalui wawancara dengan dua orang guru kimia serta penyebaran angket kepada 59 murid dari SMA Pertiwi 1 Padang dan SMAN 12 Padang. Beberapa temuan yang diperoleh dari hasil pengamatan tersebut yaitu: peserta didik merasa materi kesetimbangan kimia sulit untuk dipahami karena sifatnya yang abstrak dan banyak perhitungan, penggunaan metode pembelajaran yang masih berpusat pada guru dan belum menerapkan model *problem based learning* pada materi kesetimbangan kimia, dan belum tersedianya E-LKPD berbasis *problem based learning* berbantuan *website wizer.me* pada materi kesetimbangan kimia.

Analisis Peserta Didik (*Learner Analysis*)

Analisis ini dilakukan untuk mengkaji perilaku serta karakteristik murid yang tunjukkan selama proses pembelajaran. Hasil analisis tersebut, diperoleh beberapa temuan yaitu: sebanyak 85% murid merasa materi kesetimbangan kimia merupakan materi yang sulit, sebanyak 96% murid tertarik menggunakan bahan ajar berupa E-LKPD berbasis masalah, dan peserta didik

tertarik terhadap E-LKPD berbasis masalah menggunakan *website wizer.me* yang dirancang secara menarik, berwarna, serta dilengkapi dengan soal-soal interaktif, gambar dan video pendukung yang dapat meningkatkan pemahaman konsep.

Analisis Konsep (*Concept Analysis*)

Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi sekaligus mengkaji konsep-konsep yang terdapat dalam materi kesetimbangan kimia. Pada tahap ini dihasilkan analisis konsep yang mencakup label konsep, definisi konsep, atribut konsep, hirarki konsep, jenis konsep, contoh serta non contoh.

Analisis Tugas (*Task Analysis*)

Berdasarkan hasil analisis ini, disusun komponen pembelajaran yang meliputi Capaian Pembelajaran (CP), Tujuan Pembelajaran (TP), dan Alur Tujuan Pembelajaran (ATP). Melalui analisis ini, murid diharapkan mampu memahami sejumlah konsep utama yang menjadi dasar dalam materi kesetimbangan kimia.

Perumusan Tujuan Pembelajaran (*Specifying Instructional Objectives*)

Analisis tujuan pembelajaran dilakukan untuk merumuskan capaian pembelajaran secara operasional yang perlu dikuasai oleh murid, berdasarkan hasil analisis konsep dan analisis tugas. Tujuan ini mencakup pengembangan kemampuan kognitif, keterampilan proses sains, kemampuan pemecahan masalah, serta kemampuan berpikir kritis yang selaras dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21.

Tahap Perancangan (*Design*)

Tujuan utama tahapan perancangan adalah menyusun kerangka dan isi produk pembelajaran yang akan dikembangkan. Dalam penelitian ini, produk yang dirancang berupa E-LKPD berbasis *problem based learning* berbantuan *website wizer.me* pada materi kesetimbangan kimia fase F SMA/MA. Tahap ini bertujuan untuk mengembangkan konsep awal menjadi rancangan yang lebih terstruktur dan rinci, yang mencakup penyusunan sketsa visual, pemilihan bahan, serta perancangan teknis agar produk sesuai dengan kebutuhan pengguna dan capaian pembelajaran. Proses pengembangan E-LKPD ini memanfaatkan *website wizer.me* agar dapat diakses secara interaktif oleh murid.

Penyusunan Standar Tes (*Constructing Criterion-Referenced Test*)

Tes dalam E-LKPD disusun dalam bentuk evaluasi akhir pembelajaran. Tes evaluasi akhir disajikan pada bagian akhir E-LKPD dengan tujuan untuk mengukur kemampuan peserta didik terhadap materi kesetimbangan kimia. Perumusan tes evaluasi akhir dibuat berdasarkan Tujuan Pembelajaran (TP) dan Alur Tujuan Pembelajaran (ATP). Kemudian tes evaluasi akhir dimuat dalam E-LKPD berupa link.

Pemilihan Media (*Media Selection*)

Media yang digunakan dalam perancangan E-LKPD ini meliputi canva, youtube dan *website wizer.me* sebagai platform utama pengembangan E-LKPD interaktif.

Pemilihan Format (*Format Selection*)

Penyusunannya meliputi beberapa komponen utama, yaitu *cover*, kata pengantar, petunjuk penggunaan, peta konsep, serta pendahuluan yang memuat capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran dan alur tujuan pembelajaran. E-LKPD ini juga dilengkapi dengan materi pembelajaran berupa video dan bacaan pendukung, serta asesmen yang digunakan untuk mengukur pemahaman murid.

Rancangan Awal (*Initial Design*)

Cover

Cover pada E-LKPD ini dirancang untuk menampilkan berbagai informasi penting, yang mencakup judul E-LKPD, logo UNP sebagai identitas instansi penulis, logo kurikulum

nasional, nama beserta instansi penulis, gambar yang mendukung konsep kesetimbangan kimia, serta sasaran pengguna yaitu murid SMA/MA kelas XI fase F. Desain *cover* E-LKPD dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Cover E-LKPD Kesetimbangan Kimia Berbasis PBL

Kegiatan Pembelajaran

Bagian kegiatan pembelajaran terdiri atas tiga pertemuan yang disusun berdasarkan tahapan sintaks *problem based learning*. Adapun uraian setiap sintaks PBL disajikan sebagai berikut:

Orientasi Peserta Didik Terhadap Masalah



Gambar 1. Pagar besi berkarat
Sumber : www.dreamstime.com
Gambar 2. Minuman bersoda
Sumber : www.kompas.com

Pada suatu siang yang panas sepulang sekolah, Raka ingin membeli sebotol minuman bersoda di minimarket. Dalam perjalanan menuju ke sana, Raka memperhatikan pagar besi di pinggir jalan yang berwarna kecokelatan dan tampak berkarat. Ia teringat bahwa pagar tersebut dulunya berwarna putih, namun kini berubah.

Sesampainya di minimarket, Raka membeli minuman bersoda. Saat botol masih tertutup, ia melihat banyak gelembung kecil di dalam minuman tersebut. Ketika botol dibuka, terdengar suara "psst" dan gas keluar dengan cepat, disertai munculnya banyak gelembung. Minuman itu terasa segar saat pertama kali diminum.

Namun, karena minuman tersebut belum habis, Raka menutup kembali botol dan meletakkannya di atas meja selama beberapa menit. Ketika ia ingin meminumnya kembali, Raka menyadari bahwa minuman tersebut sudah tidak terlalu berbusa dan rasanya tidak se seger sebelumnya. Gelembung gas yang tadinya banyak kini hampir tidak terlihat.

Melihat kedua peristiwa tersebut, Raka merasa penasaran Mengapa besi yang telah berkarat tidak dapat kembali menjadi besi mengkilap seperti semula? Mengapa gas dalam minuman bersoda dapat keluar ketika botol dibuka dan jumlah gelembungnya berkurang setelah didiamkan? Jika ditinjau dari wujud zat yang terlibat, apa perbedaan karakteristik sistem pada minuman bersoda dan pada proses perkaratan besi?

(a)

Mengorganisasikan Peserta Didik Untuk Belajar

Setelah membaca orientasi masalah, silahkan Ananda membuat kelompok yang terdiri dari 3-4 orang. Lalu diskusikanlah jawaban dan pertanyaan yang ada di bawah ini!

1. Mengapa besi yang telah berkarat tidak dapat kembali menjadi besi mengkilap seperti semula?
2. Mengapa gas dalam minuman bersoda dapat keluar ketika botol dibuka dan jumlah gelembungnya berkurang setelah didiamkan?
3. Jika ditinjau dari wujud zat yang terlibat, apa perbedaan karakteristik sistem pada minuman bersoda dan pada proses perkaratan besi?

Write your answer...

Answer recorder (optional) -  Voice

(b)

Membimbing Penyelidikan Individu/Kelompok

Simak dan perhatikan video berikut ini untuk memahami wawasan Ananda!

Sumber: KimiaFobia channel : <https://youtu.be/7H0pMw530c>

Animasi Keseimbangan Kimia - Part 1

KESETIMBANGAN KIMIA

$$\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$$

Berikut adalah link materi tentang kesetimbangan kimia

Gunakan berbagai referensi untuk menjawab pertanyaan dibawah ini!

Apakah terdapat perbedaan dari pagar berkarat dan tidak berkarat? Jelaskan

Write your answer...

Answer recorder (optional) - Voice

Mengembangkan dan Menyajikan Hasil Karya

Berdasarkan hasil diskusi kelompok, presentasikanlah solusi yang anda berikan untuk masalah tersebut!

- Silahkan mempersiapkan diri untuk presentasi masing-masing kelompok
- Kelompok lain menyimak kelompok yang tampil dan diharapkan untuk mengajukan pertanyaan yang diragukan serta berikan kritik dan saran dari penyelesaian masalah tersebut.

Nama Kelompok	Solusi Pemecahan Masalah	Kritik dan Saran
Kelompok 1		
Kelompok 2		
Kelompok 3		
Kelompok 4		
Kelompok 5		
Kelompok 6		

(c)
(d)

Menganalisis dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah

Setelah melakukan presentasi dan diskusi mengenai permasalahan tersebut, Ananda dipersilahkan menyampaikan kesimpulan pembelajaran hari ini!

Write your answer...

Answer recorder (optional) - Voice

Setelah selesai menjawab pertanyaan-pertanyaan di atas, berikan kesimpulan Ananda mengenai materi yang telah dipelajari dan berikan tanggapan terhadap pembelajaran hari ini dengan menekan salah satu emoji yang tersedia!

👍 👎 👏

Write your answer...

Answer recorder (optional) - Voice

(e)

Gambar 2. (a) Sintak 1 PBL, Orientasi Pada Masalah (b) Sintak 2 PBL, Mengorganisasikan Peserta Didik (c) Sintak 3 PBL, Membimbing Penyelidikan, (d) Sintak 4 PBL, Mengembangkan dan Menyajikan Hasil, (e) Sintak 5 PBL, Menganalisis dan Mengevaluasi Proses Pemecahan Masalah Tahap Pengembangan (Develop)

Tahap ini bertujuan untuk menghasilkan produk akhir yang valid serta layak digunakan dalam proses pembelajaran. Tahap pengembangan ini meliputi tiga langkah kegiatan, yaitu:

Uji Validitas

Pada tahap uji validitas, penilaian dilakukan oleh lima orang validator yang terdiri atas tiga orang dosen kimia dari FMIPA UNP dan dua orang guru kimia dari SMA Pertiwi 1 Padang. Hasil validasi tersebut dijadikan sebagai dasar dalam melakukan revisi dan penyempurnaan E-LKPD berbasis *problem based learning* berbantuan *website wizer.me*, agar kualitas produk ditingkatkan dan hasil penelitian menjadi lebih optimal. Hasil uji validitas dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Nilai rata-rata validitas E-LKPD Kesetimbangan Kimia Berbasis PBL

No	Aspek yang Dinilai	V	Kategori
1	Komponen Isi Komponen Konstruksi	0,90	Valid
2	(Penyajian)	0,88	Valid
3	Komponen Kebahasaan	0,96	Valid
4	Komponen Kegrafisan	0,88	Valid
Rata-rata		0,90	Valid

Berdasarkan tabel 3 penilaian dari lima validator, diperoleh nilai rata-rata keseluruhan sebesar 0.90 yang menunjukkan bahwa E-LKPD telah memenuhi kriteria valid pada aspek isi, penyajian, kebahasaan, dan kegrafisan. Mengacu pada skala Aiken's V, E-LKPD kesetimbangan kimia berbasis PBL berbantuan *website wizer.me* dikategorikan valid.

Uji Praktikalitas

Tahap uji praktikalitas dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan, keterlaksanaan serta kemenarikan E-LKPD berbasis *problem based learning* berbantuan *website wizer.me* ketika digunakan dalam pembelajaran. Uji ini dilakukan dengan pengisian angket yang melibatkan 2 orang guru kimia SMA Pertiwi 1 Padang dan 24 orang murid fase f kelas IX SMA Pertiwi 1 Padang untuk menilai sejauh mana E-LKPD dapat digunakan dengan efektif. Hasil uji ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Hasil Praktikalitas Guru

No	Aspek yang Dinilai	NP	Kategori
1	Kemudahan Penggunaan	100%	Sangat Praktis
2	Efisiensi Waktu Pembelajaran	90%	Sangat Praktis
3	Manfaat	92%	Sangat Praktis
Rata-rata		94%	Sangat Praktis

Tabel 5. Hasil Praktikalitas Peserta Didik

No	Aspek yang Dinilai	NP	Kategori
1	Kemudahan Penggunaan	91%	Sangat Praktis
2	Efisiensi Waktu Pembelajaran	88%	Sangat Praktis
3	Manfaat	91%	Sangat Praktis
Rata-rata		90%	Sangat Praktis

Berdasarkan hasil penilaian yang disajikan pada Tabel 4 dan 5, diperoleh rata-rata skor praktikalitas sebesar 94% dari guru dan 90% dari peserta didik, yang keduanya termasuk dalam kategori sangat praktis. Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa E-LKPD berbasis *Problem Based Learning* pada materi kesetimbangan kimia berbantuan *website wizer.me* memiliki tingkat kepraktisan yang sangat tinggi.

Pembahasan

Analisis pengembangan media lembar kerja elektronik berbasis masalah pada topik kesetimbangan kimia ini menunjukkan tingkat kelayakan yang sangat tinggi secara keseluruhan. Berdasarkan penilaian para ahli, skor rata-rata menunjukkan angka 0,90 yang berarti produk ini masuk dalam kategori sangat valid. Keunggulan utamanya terlihat pada bagian isi materi yang mencatatkan angka 0,90 karena telah diselarasakan dengan capaian serta

tujuan pembelajaran yang berlaku saat ini. Rancangan ini dibuat agar peserta didik tidak hanya sekedar membaca, melainkan aktif menemukan konsep melalui aktivitas pencarian informasi secara mandiri. Hal ini sangat krusial karena topik kesetimbangan sering kali dianggap abstrak, sehingga pendekatan yang mendorong keterlibatan kognitif secara langsung menjadi solusi yang tepat. Melalui struktur yang kokoh, media digital ini berhasil menjembatani kebutuhan guru dan siswa dalam memahami dinamika reaksi kimia yang kompleks secara sistematis. Kehadiran lima validator sebagai pemberi pendapat ahli memastikan bahwa setiap butir materi telah melalui proses kurasi yang ketat. Efektivitas konten ini membuktikan bahwa integrasi teknologi kimia mampu menciptakan pengalaman belajar yang bermakna bagi peserta didik di sekolah menengah saat ini (Silaban et al., 2022; Sinaga et al., 2023; Sulistina & Hasanah, 2024; Yamtinah et al., 2023).

Dimensi penyajian dan aspek kebahasaan memegang peranan penting dalam memastikan bahwa alur instruksional dapat diikuti dengan lancar oleh pengguna. Hasil evaluasi pada bagian penyajian menunjukkan nilai 0,88 yang menandakan bahwa struktur kegiatan telah disusun secara runtut mengikuti sintaks *problem based learning* yang teruji. Konsistensi alur ini memungkinkan terjadinya diskusi kelompok dan kerja sama yang lebih produktif dalam memecahkan tantangan ilmiah. Sementara itu, kualitas penggunaan bahasa mencatatkan skor tertinggi yaitu 0,96 yang menunjukkan tingkat kejelasan informasi yang nyaris sempurna. Penggunaan istilah yang efektif dan sesuai dengan kaidah resmi bahasa Indonesia membantu meminimalisir risiko salah tafsir saat siswa berinteraksi dengan instruksi di dalam modul. Kejelasan diksi dan struktur kalimat yang efisien menjadi kunci agar perhatian siswa tetap fokus pada substansi materi kimia dan bukan pada ambiguitas perintah. Kombinasi antara alur sistematis dan bahasa yang mudah dipahami ini menciptakan lingkungan belajar mandiri yang kondusif bagi siswa. Validitas bahasa yang sangat tinggi ini mencerminkan ketelitian dalam proses penyuntingan naskah sebelum media ini diujicobakan secara luas di lapangan demi mencapai tujuan pendidikan (Aurelia et al., 2023; Hanisah et al., 2022; Widyawati & Sugianto, 2025).

Estetika dan tata letak grafis pada media ini dirancang secara khusus untuk meningkatkan gairah belajar tanpa mengabaikan fungsi edukatifnya. Penilaian pada aspek kegrafisan menghasilkan skor 0,88 yang membuktikan bahwa pemilihan jenis huruf, ukuran teks, serta komposisi ilustrasi telah memenuhi standar desain yang menarik. Penggunaan ilustrasi yang relevan dengan konsep kesetimbangan kimia membantu siswa memvisualisasikan fenomena mikroskopis yang sulit dilihat secara langsung. Pemanfaatan *platform* digital *wizer.me* memberikan keunggulan tambahan berupa fitur interaktif yang membuat tampilan lembar kerja menjadi lebih dinamis dan tidak membosankan. Desain yang bersih sangat berpengaruh terhadap kenyamanan mata pengguna saat berinteraksi dengan layar dalam durasi yang cukup lama. Tata letak yang mampu menarik perhatian ini bukan sekedar hiasan, melainkan strategi untuk mempertahankan fokus kognitif peserta didik selama proses pembelajaran berlangsung. Kejelasan visual pada setiap elemen grafis memastikan bahwa informasi penting dapat ditangkap dengan cepat oleh mata. Keselarasan antara konten kimia yang berat dengan tampilan yang segar ini mendukung keberhasilan pengembangan media. Visualisasi yang jelas terbukti mempermudah penyampaian materi kimia yang memerlukan ketelitian pengamatan tinggi bagi setiap individu penggunanya (Solikhin & Wijanarko, 2021; Zulfa et al., 2022).

Aspek praktikalitas menunjukkan respons yang sangat positif dari para praktisi di lapangan, baik dari sudut pandang pendidik maupun peserta didik. Secara kolektif, tingkat kepraktisan bagi guru mencapai angka 94 sedangkan bagi siswa berada pada angka 90 yang

keduanya termasuk dalam kategori sangat praktis. Kemudahan penggunaan menjadi poin yang paling menonjol di mana guru memberikan skor sempurna yaitu 100 dan siswa memberikan angka 91. Hal ini mengindikasikan bahwa petunjuk penggunaan yang disertakan sangat jernih dan tahapan pembelajaran di dalamnya mudah diterapkan tanpa memerlukan bantuan instruktur yang berlebihan. Struktur yang sistematis pada media ini memungkinkan setiap individu untuk mengikuti langkah-langkah kegiatan secara mandiri melalui perangkat digital mereka masing-masing. Penyajian perintah dan pertanyaan yang jelas membantu kelancaran proses belajar mengajar sehingga tidak ada hambatan teknis yang berarti selama implementasi dilakukan. Fitur interaktif yang tersedia turut mendukung kenyamanan navigasi pengguna dalam mengeksplorasi setiap bagian modul secara efektif. Tingginya angka kepraktisan ini membuktikan bahwa produk pengembangan ini fungsional dan siap untuk digunakan dalam kondisi kelas yang nyata secara mandiri oleh setiap penggunanya (Hanria & Fauzan, 2023; Hasanah et al., 2023; Nurfa et al., 2022; Rojikin et al., 2022).

Efisiensi waktu dan manfaat pembelajaran menjadi penutup dalam analisis keberhasilan pengembangan media elektronik ini. Penggunaan produk ini mencatatkan nilai efisiensi waktu sebesar 90 bagi guru dan 88 bagi siswa karena mampu memangkas durasi penjelasan ulang yang tidak perlu. Siswa dapat langsung mengakses konten video dan mengerjakan tantangan yang tersedia sehingga durasi belajar di kelas menjadi lebih produktif dan terarah. Dalam aspek kemanfaatan, guru memberikan nilai 92 dan siswa memberikan skor 91 yang menunjukkan bahwa media ini sangat mendukung peran pendidik sebagai fasilitator. Kemudahan dalam memeriksa jawaban dan memberikan penjelasan tambahan membuat proses evaluasi menjadi jauh lebih cepat dan akurat bagi kedua belah pihak. Pengintegrasian gambar dan video yang sangat relevan sangat membantu peserta didik dalam memvisualisasikan konsep kimia yang kompleks secara lebih nyata. Meskipun penelitian ini memiliki keterbatasan karena hanya mencapai tahap pengembangan awal, namun hasil yang ada memberikan optimisme bagi keberlanjutan penggunaannya. Keterbatasan jangkauan diseminasi menjadi catatan penting agar ke depannya media ini dapat diuji pada populasi yang lebih luas guna meningkatkan efisiensi pendidikan kimia global melalui pendekatan inovasi digital.

KESIMPULAN

Pengembangan media lembar kerja elektronik berbasis masalah pada topik kesetimbangan kimia ini terbukti sangat layak dan valid untuk digunakan dalam proses pembelajaran. Melalui pendekatan yang sistematis, media digital ini berhasil menjembatani pemahaman siswa terhadap konsep kimia yang sebelumnya dianggap abstrak menjadi lebih konkret dan mudah dipahami. Penggunaan struktur kegiatan yang mengikuti alur *problem based learning* secara mandiri mendorong keterlibatan kognitif peserta didik secara aktif dalam menemukan konsep ilmiah. Kualitas penyajian materi yang runtut serta penggunaan bahasa yang jelas memastikan bahwa informasi dapat tersampaikan dengan efektif tanpa menimbulkan ambiguitas bagi penggunanya. Selain itu, aspek grafis yang menarik dan fitur interaktif memberikan kenyamanan visual serta pengalaman belajar yang dinamis sehingga mampu mempertahankan fokus perhatian siswa selama kegiatan pengajaran berlangsung di dalam kelas.

Para pendidik disarankan untuk mulai mengimplementasikan penggunaan lembar kerja digital ini sebagai alternatif media instruksional guna menunjang efektivitas penyampaian materi kimia yang menantang. Pihak sekolah perlu memberikan dukungan penuh melalui penyediaan infrastruktur teknologi serta akses internet yang memadai agar integrasi inovasi pendidikan ini dapat berjalan secara maksimal di lapangan. Selain itu, guru hendaknya terus

mengasah keterampilan dalam mengelola *platform* pengajaran elektronik agar dapat berperan sebagai fasilitator yang responsif terhadap kebutuhan belajar mandiri peserta didik saat ini. Bagi para peneliti selanjutnya, dianjurkan untuk melakukan uji coba produk pada jangkauan populasi yang lebih luas guna meningkatkan validitas eksternal serta reliabilitas instrumen tersebut. Pengembangan riset lanjutan dapat difokuskan pada penggabungan teknologi visual yang lebih canggih agar mampu menyajikan fenomena mikroskopis secara lebih nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, N., & Yerimadesi, Y. (2024). Pengembangan e-modul kesetimbangan kimia berbasis problem based learning terintegrasi TPACK untuk fase F. *EDUKATIF: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 6(1), 586–593. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i1.6362>
- Armansyah, A., Nurwahidin, M., & Sudjarwo, S. (2022). Aksiologi kemampuan berpikir kritis. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(4), 1423–1430. <https://doi.org/10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v2i4.4329>
- Ashari, M. K., Athoillah, S., & Faizin, M. (2023). Model e-asesmen berbasis aplikasi pada sekolah menengah atas di era digital: Systematic literature review. *Tadibuna: Jurnal Pendidikan Agama Islam*, 6(2), 132–150. <https://doi.org/10.30659/jpai.6.2.132-150>
- Aurelia, M. E., Heleni, S., & Murni, A. (2023). Media pembelajaran articulate storyline 3 untuk memfasilitasi kemampuan pemecahan masalah matematis siswa SMP. *Suska Journal of Mathematics Education*, 9(1), 15. <https://doi.org/10.24014/sjme.v9i1.19301>
- Dakhi, J. P., Febrianti, A., & Waruwu, R. (2025). Pemanfaatan teknologi digital upaya meningkatkan literasi digital dan motivasi membaca siswa sekolah dasar. *Modem*, 3(3), 88–96. <https://doi.org/10.62951/modem.v3i3.584>
- Febryanti, N. P., & Rusmini, R. (2022). E-LKPD assisted with liveworksheets to improve students' critical thinking skills on material shifting direction of equilibrium. *EDUKATIF: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(4), 5934–5942. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i4.3474>
- Hanisah, H., Irhasyuarna, Y., & Yulinda, R. (2022). Pengembangan media pembelajaran interaktif menggunakan ispring suite 10 pada materi reproduksi tumbuhan untuk mengukur hasil belajar. *JUPEIS: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Sosial*, 1(3), 6–16. <https://doi.org/10.55784/jupeis.vol1.iss3.68>
- Hanria, R., & Fauzan, A. (2023). Pengembangan e-modul berbasis problem based learning untuk meningkatkan kemampuan berpikir reflektif siswa kelas VII. *Jurnal Basicedu*, 7(1), 863–871. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v7i1.4764>
- Hasanah, M., Supeno, S., & Wahyuni, D. (2023). Pengembangan e-modul berbasis flip pdf professional untuk meningkatkan keterampilan berpikir kreatif siswa pada pembelajaran IPA. *Tarbiyah Wa Ta'lim: Jurnal Penelitian Pendidikan Dan Pembelajaran*, 44–58. <https://doi.org/10.21093/twt.v10i1.5424>
- Langitasari, I., Aisyah, R. S. S., Parmandhana, R. N., & Nursaadah, E. (2024). Enhancing students' conceptual understanding of chemistry in a SiMaYang learning environment. *KnE Social Sciences*. <https://doi.org/10.18502/kss.v9i13.15919>
- Lukman, H. S., Agustiani, N., & Setiani, A. (2024). Gamifikasi bahan ajar matematika SMP: Analisis kepraktisan dan efektivitas terhadap kemampuan berpikir kritis matematis.

- AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 13(1), 198.
<https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i1.8170>
- Murni, H. P., Azhar, M., Ellizar, E., Nizar, U. K., & Guspatni, G. (2022). Three levels of chemical representation-integrated and structured inquiry-based reaction rate module: Its effect on students mental models. *Journal of Turkish Science Education*, 19(2). <https://doi.org/10.36681/tused.2022.148>
- Nurfa, N. N., Aripin, A., & Susanti, E. (2022). Pengembangan media pembelajaran learning management system berbasis moodle sebagai daya dukung pembelajaran fisika. *Jurnal Eksakta Pendidikan (JEP)*, 6(2), 143–151.
<https://doi.org/10.24036/jep/vol6-iss2/663>
- Nurhasanah, N., Azhar, M., & Alizar, A. (2022). Pengaruh modul kesetimbangan kimia berbasis inkuiri terstruktur dengan tiga level representasi terhadap model mental siswa. *JTK (Jurnal Tadris Kimiya)*, 7(1), 53–63.
<https://doi.org/10.15575/jtk.v7i1.12844>
- Patmasari, L., Hidayati, D., Ndari, W., & Sardi, C. (2023). Digitalisasi pembelajaran yang berpusat pada siswa di SMK pusat keunggulan. *Jurnal Ilmiah Mandala Education*, 9(1). <https://doi.org/10.58258/jime.v9i1.3729>
- Rojikin, M., Rasyid, R. Z., & Supeno, S. (2022). Development of e-modules to improve scientific explanation ability of students in science learning on digestive system materials. *SEJ (Science Education Journal)*, 6(1), 1–21.
<https://doi.org/10.21070/sej.v6i1.1618>
- Rusli, N. S., Ibrahim, N. H., Hanri, C., & Surif, J. (2023). E-module problem-based learning on chemical equilibria to improve students' higher-order thinking skills: An analysis. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 13(1), 454. <https://doi.org/10.11591/ijere.v13i1.25972>
- Silaban, M. S., Nisa, S. A., Silaban, S., & Sianturi, J. (2022). The development of sets-based chemic media on hydrocarbon material. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 14(2), 85–96.
<https://doi.org/10.24114/jpkim.v14i2.32911>
- Silaban, R., & Panggabean, M. V. (2022). Pengembangan media pembelajaran berbasis android pada materi kesetimbangan kimia. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Kimia*, 4(1), 1.
<https://doi.org/10.24114/jipk.v4i1.24085>
- Sinaga, W. S. E., Yusnaidar, Y., Syahri, W., & Muhaimin, M. (2023). Pengembangan multimedia interaktif berbentuk aplikasi android berbasis multipel representasi pada materi kesetimbangan kimia. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 17(2), 81–91.
<https://doi.org/10.15294/jipk.v17i2.37602>
- Solikhin, F., & Wijanarko, A. (2021). The development of android-based learning media (Chemdroid) on the topic thermochemistry to improve the students' achievement. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*, 6(2), 138.
<https://doi.org/10.20961/jkpk.v6i2.46849>
- Subroto, D. E., Supriandi, Wirawan, R., & Rukmana, A. Y. (2023). Implementasi teknologi dalam pembelajaran di era digital: Tantangan dan peluang bagi dunia pendidikan di indonesia. *Jurnal Pendidikan West Science*, 1(7), 473–480.
<https://doi.org/10.58812/jpdws.v1i07.542>
- Sukarmin, S., Lutfi, A., Dwiningasih, K., & Hidayah, R. (2026). Addressing chemical misconceptions based on multi-representation with the PIMOTS multimedia-assisted inquiry learning model. *Perspectives of Science and Education*, 79(1), 326–344. <https://doi.org/10.32744/pse.2026.1.20>

- Sulistina, O., & Hasanah, S. M. (2024). Improving chemical literacy skills: Integrated socio-scientific issues content in augmented reality mobile. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 18(5), 135–147. <https://doi.org/10.3991/ijim.v18i05.47923>
- Sumargono, S., Basri, M., Istiqomah, I., & Triaristina, A. (2022). Kemampuan berpikir kritis siswa pada mata pelajaran sejarah. *Tarbiyah Wa Ta'lim: Jurnal Penelitian Pendidikan Dan Pembelajaran*, 141–149. <https://doi.org/10.21093/twt.v9i3.4508>
- Susilowati, E. (2022). Implementasi kurikulum merdeka belajar pada mata pelajaran pendidikan agama islam. *Al-Miskawaih: Journal of Science Education*, 1(1), 115–132. <https://doi.org/10.56436/mijose.v1i1.85>
- Syahid, A. A., Hernawan, A. H., & Dewi, L. (2022). Analisis kompetensi digital guru sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 6(3), 4600–4611. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i3.2909>
- Wildan, W., Supriadi, S., Hadisaputra, S., Mutiah, M., Siahaan, J., & Ariani, S. (2023). Melatih model mental kimia siswa SMAN 1 sambelia menggunakan media augmented reality. *Jurnal Pengabdian Inovasi Masyarakat Indonesia*, 2(1), 31–35. <https://doi.org/10.29303/jpimi.v2i1.2246>
- Widyawati, R., & Sugianto, S. (2025). Media pembelajaran majalah fisika dengan augmented reality: Inovasi untuk literasi sains peserta didik. *UPEJ: Unnes Physics Education Journal*, 14(2), 211–222. <https://doi.org/10.15294/upej.v14i2.26419>
- Yamtinah, S., VH, E. S., Saputro, S., Ariani, S. R. D., Shidiq, A. S., Sari, D. R., & Ilyasa, D. G. (2023). Augmented reality learning media based on tetrahedral chemical representation: How effective in learning process? *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(8). <https://doi.org/10.29333/ejmste/13436>
- Zulfa, Z., Yunita, L., & Ramli, M. (2022). Pengembangan media pembelajaran komik digital pada materi ikatan kimia untuk siswa kelas X IPA. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 16(2), 123–130. <https://doi.org/10.15294/jipk.v16i2.32351>