



Pengembangan E-LKPD Berbasis SOLE pada Materi Ikatan Kimia Kelas XI

Saftri Khainurrisa^{1)*}, Sri Haryati¹⁾, Putri Adita Wulandari¹⁾

¹⁾Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Riau, Indonesia

*Corresponding Author: khainurrisasaftri@gmail.com

ABSTRAK

Permasalahan seputar rendahnya ketuntasan peserta didik pada materi ikatan kimia umumnya berakar dari sifat materi yang abstrak serta ketergantungan terhadap media ajar konvensional yang kurang memfasilitasi visualisasi. Oleh karena itu, riset ini dilaksanakan dengan tujuan mengkonstruksi E-LKPD interaktif bermuatan model pembelajaran SOLE menggunakan platform Liveworksheets untuk materi ikatan kimia tingkat kelas XI SMA/MA yang teruji validitas dan kepraktisannya. Penelitian ini mengadopsi metode *Research and Development* (R&D) dengan prosedur 4-D, namun pelaksanaannya dibatasi sampai pada fase pengembangan (*develop*). Peneliti memanfaatkan lembar validasi pakar materi dan media, serta kuesioner tanggapan guru dan peserta didik sebagai instrumen penjarangan data. Berdasarkan penilaian para ahli, E-LKPD yang dihasilkan memperoleh predikat "Sangat Valid" dengan rerata skor masing-masing sebesar 89,50% untuk kelayakan materi dan 92,5% untuk kualitas media. Sementara itu, tingkat kepraktisan produk dibuktikan oleh hasil uji coba kelompok kecil yang mengantongi skor 89,49% (kategori "Sangat Baik"), di mana angka ini memperlihatkan progres yang lebih baik dibanding fase uji coba satu-ke-satu sebelumnya. Penilaian dari pihak guru turut memperkuat hasil dengan perolehan skor 91,66% (kategori "Sangat Baik"). Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa E-LKPD berbasis SOLE dengan *Liveworksheets* ini sangat valid, praktis, serta sangat layak dijadikan opsi bahan ajar digital penunjang dalam pembelajaran kimia digital.

Kata Kunci: E-LKPD; SOLE; Liveworksheets; Ikatan Kimia

This is an open access article under the CC - BY license.



PENDAHULUAN

Pembelajaran kimia pada topik ikatan kimia di sekolah sering kali dibayangkan pada rendahnya tingkat ketuntasan belajar peserta didik yang hanya berkisar antara 20% hingga 30%. Rendahnya pencapaian ini dipicu oleh besarnya hambatan peserta didik dalam merepresentasikan konsep abstrak secara makroskopik, submikroskopik, dan simbolik, khususnya pada materi konfigurasi elektron, visualisasi pembentukan ikatan, serta teori lautan elektron pada ikatan logam. Masalah ini diperparah oleh keterbatasan bahan terbuka konvensional di sekolah yang masih didominasi oleh Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) cetak. LKPD yang tersedia umumnya hanya menyajikan resume materi ringkas dan tumpukan latihan soal tanpa disertai visualisasi atau representasi grafis submikroskopik yang memadai untuk menstimulasi pemahaman mandiri peserta didik. Oleh karena itu, diperlukan inovasi bahan ajar berbasis digital terintegrasi model *Self Organized Learning Environment* (SOLE) yang mampu memfasilitasi kebutuhan peserta didik dalam mengonstruksi pengetahuan secara otonom melalui eksplorasi internet.

Paradigma pendidikan abad ke-21 tidak lagi sekadar menitikberatkan pada akumulasi pengetahuan, melainkan turut memprioritaskan kecakapan hidup dan daya saing di dunia kerja yang dinamis (Mardhiyah et al., 2021). Sejalan dengan hal tersebut, Astuti (2024) menekankan urgensi penguasaan keterampilan 6C, yakni *critical thinking, creativity, collaboration, communication, character, dan citizenship*, sebagai pilar utama kompetensi peserta didik saat ini. Keterampilan tersebut diperlukan agar peserta didik mampu berpikir kritis, memecahkan masalah, bekerja sama, berkomunikasi secara efektif, serta beradaptasi dengan berbagai perubahan yang terjadi di masyarakat. Oleh karena itu, proses pembelajaran perlu dirancang untuk mendorong peserta didik berperan aktif dalam mencari, mengolah, dan membangun pengetahuan secara mandiri melalui model *Self-Organized Learning Environment* (SOLE). Model SOLE ini secara spesifik mampu memfasilitasi pengembangan komponen utama dari keterampilan global tersebut melalui tiga tahapan utamanya, yaitu *Big Question, Investigation, dan*

Review. Tahap *Big Question* melatih kemampuan *critical thinking* saat peserta didik menganalisis masalah. Selanjutnya, fase *Investigate* menuntut *collaboration* dan *creativity* peserta didik dalam mengeksplorasi serta menyintesis informasi dari sumber digital. Aktivitas ini diakhiri oleh tahap *Review*, di mana peserta didik saling mempresentasikan temuan mereka yang secara langsung mengasah kecakapan *communication* secara efektif.

Namun demikian, Terdapat disparitas nyata antara standar pembelajaran abad ke-21 dengan implementasi di lapangan. Berdasarkan wawancara dengan guru kimia di SMAN 5 Pekanbaru dan SMAN 2 Tambang pada Agustus 2025, ditemukan bahwa pemanfaatan LKPD masih bersifat konvensional tanpa integrasi teknologi digital. Kurangnya fitur seperti visualisasi dinamis dan video pembelajaran menyebabkan bahan ajar tersebut tidak memenuhi standar didaktik yang ideal. Hal ini membuat LKPD lebih dominan berisi ringkasan materi dan latihan soal rutin, sehingga efektivitas dalam menstimulasi kemandirian belajar peserta didik menjadi sangat rendah. Fenomena ini memperkuat temuan Teresa et al. (2022) yang menyatakan bahwa LKPD berbasis cetak sering kali kurang mampu menarik minat peserta didik serta tidak mendukung ekosistem pembelajaran digital. Selain itu, dari sisi desain visual, LKPD yang ada belum dioptimalkan untuk memicu keterlibatan aktif peserta didik dalam proses pembelajaran.

Permasalahan tersebut memberikan dampak pada pemahaman peserta didik terhadap materi kimia yang menjadi rendah, khususnya materi ikatan kimia. Berdasarkan data hasil belajar yang disampaikan guru mata pelajaran kimia, tingkat ketuntasan peserta didik pada materi ikatan kimia masih tergolong rendah, yaitu hanya sekitar 20–30% peserta didik yang mencapai ketuntasan belajar. Temuan dari wawancara mengindikasikan adanya kesulitan belajar yang dialami peserta didik pada submateri konfigurasi elektron, representasi proses pembentukan ikatan, dan konsep teori lautan elektron pada ikatan logam. Kesenjangan pemahaman tersebut selaras dengan laporan penelitian dari Rahayu et al. (2022), yang mengidentifikasi bahwa kesulitan peserta didik dalam materi ikatan kimia terutama terjadi pada submateri konfigurasi elektron, serta pemahaman terkait ikatan ion dan kovalen.

Materi ikatan kimia dikategorikan sebagai topik fundamental yang menuntut kemampuan peserta didik dalam mengintegrasikan representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik secara bersamaan, sehingga karakteristiknya cenderung abstrak (Luviani et al., 2021). Kompleksitas ini menuntut peserta didik untuk menghubungkan konfigurasi elektron dan kestabilan atom dengan proses pembentukan ikatan yang tidak dapat diamati secara langsung. Berdasarkan hasil penelitian Gultom et al. (2023), miskonsepsi pada ikatan ion sering kali berakar dari persepsi keliru peserta didik yang menganggap ikatan ion sebagai molekul diskret, padahal secara submikroskopik ikatan ion membentuk struktur kisi kristal yang melibatkan gaya elektrostatis kontinu. Sementara itu, pada ikatan kovalen, kesulitan peserta didik berkaitan dengan keterbatasan kemampuan spasial dalam memvisualisasikan bentuk geometri molekul serta dampaknya terhadap kepolaran. Ketidakmampuan peserta didik dalam menjembatani representasi simbolik ke level submikroskopik ini sejalan dengan studi literatur Zulkhairi (2022), yang menyatakan bahwa dominasi penghafalan rumus tanpa pemahaman model mental mengenai dinamika interaksi partikel (awan elektron) menjadi pemicu utama miskonsepsi yang persisten. Maka dari itu, pengembangan media pembelajaran berbasis interaktif sangat krusial untuk menghadirkan visualisasi tingkat submikroskopik secara lebih nyata, sehingga kesulitan belajar tersebut dapat diminimalisir.

Sebagai alternatif solusi, pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) menjadi langkah krusial untuk mentransformasi bahan ajar digital yang interaktif. E-LKPD mengintegrasikan berbagai elemen multimedia seperti visual, audio, dan tautan digital guna mendukung proses pembelajaran yang berpusat pada peserta didik, berdasarkan tuntutan pendidikan abad ke-21 yang menuntut penyampaian dan inovasi (Suryaningsih & Nurlita, 2021). Pada lingkup penelitian ini, platform Liveworksheets dipilih sebagai instrumen pengembangan E-LKPD karena keunggulannya yang spesifik dibandingkan media lain seperti Google Form, Canva, atau Wordwall. Berbeda dengan Google Form yang cenderung bersifat evaluatif, Liveworksheets mampu mengubah lembar kerja statistik menjadi interaktif dengan fitur pengecekan jawaban otomatis secara langsung. Selain itu, jika dibandingkan dengan Canva yang lebih fokus pada desain grafis, atau Flip PDF yang cenderung bersifat satu arah, Liveworksheets memiliki fitur interaktivitas yang memungkinkan peserta didik melakukan *drag-and-drop*, menjodohkan, hingga mendengarkan audio secara langsung dalam satu lembar kerja. Integrasi media ini mempermudah visualisasi konsep kimia abstrak, sehingga sangat relevan untuk meningkatkan pemahaman peserta didik dibandingkan dengan media penyaji materi (Akbar & Utami, 2023).

Pengembangan E-LKPD perlu dipadukan dengan kerangka instruksional yang menstimulasi konstruksi pengetahuan secara otonom agar tidak sekadar menjadi instrumen transfer informasi. Model *Self-Organized Learning Environment* (SOLE) menjadi alternatif yang relevan melalui pemanfaatan gawai dan pertanyaan besar demi mewujudkan kemandirian belajar. Melalui tiga pilar utama (*pertanyaan besar, investigasi, review*), SOLE efektif mereduksi problematika belajar pada topik ikatan kimia yang terkenal abstrak. Keterbatasan peserta didik dalam mengimajinasikan tingkat interaksi submikroskopik, seperti fenomena gaya tarik elektrostatik kation-anion dalam struktur kristal ionik atau pergerakan elektron bersama pada ikatan kovalen, sering kali memicu miskonsepsi yang mendarah daging. Kerangka SOLE mampu menjembatani kendala tersebut melalui fase *pertanyaan besar* yang mengusik pemahaman awal peserta didik, disusul tahap *penyelidikan* yang membebaskan mereka menelaah animasi molekul dan laboratorium virtual demi mengonkritkan fenomena mikro yang tak kasat mata. Proses belajar diakhiri dengan fase *review* untuk memperjelas pemahaman yang bias secara kolektif, sehingga kerangka prosedural ini sangat optimal dalam memicu iklim belajar yang aktif, sinergis, dan mandiri sesuai dengan arah kompetensi abad ke-21 (Putri, 2025). Penelitian ini fokus pada strategi kolaborasi antara sintaks SOLE tersebut dengan piranti E-LKPD interaktif yang didesain khusus sebagai alat navigasi tiga level representasi kimia, sebuah ranah yang belum banyak dijamah oleh penelitian pengembangan bahan ajar kimia sebelumnya.

Integrasi model SOLE dalam pengembangan bahan ajar telah terbukti memberikan dampak positif bagi pembelajaran. Penelitian oleh Putri et al. (2025) berhasil mengembangkan E-LKPD berbasis SOLE dengan platform Liveworksheets pada materi asam basa yang dinyatakan valid serta memperoleh respon yang sangat baik dari guru dan peserta didik. Guru memberikan penilaian tinggi karena produk tersebut mampu meningkatkan aktivitas belajar peserta didik secara signifikan, memudahkan guru dalam mengelola diskusi kelas, serta membantu peserta didik memahami konsep dengan lebih efisien. Interaktifnya. Sintaks SOLE diterapkan secara sistematis dalam struktur E-LKPD, yakni melalui tahapan pertanyaan besar (merumuskan masalah), investigasi (navigasi mandiri ke sumber belajar), dan review (refleksi hasil temuan). Sedangkan instrumen penelitian disusun melalui validasi ahli materi dan media serta pedoman wawancara guru untuk menjamin terpenuhinya konten dengan kebutuhan di lapangan.

Kendati demikian, terdapat kesenjangan penelitian yang mendasar antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya. Penelitian terdahulu umumnya fokus pada materi kimia yang bersifat prosedural, sedangkan penelitian ini terfokus pada materi ikatan kimia yang memiliki sifat submikroskopik dan abstrak, terutama dalam memahami konfigurasi elektron, mekanisme pembentukan ikatan, serta teori lautan elektron pada ikatan logam. Selain itu, perbedaan utama terletak pada otonomi peserta didik; jika penelitian sebelumnya memberikan pertanyaan pemantik secara terstruktur dari guru, penelitian ini memberikan tantangan bagi peserta didik untuk merumuskan pertanyaan (*questioning*) secara mandiri berdasarkan wacana yang disajikan di dalam E-LKPD. Oleh karena itu, pengembangan E-LKPD berbasis SOLE pada topik ikatan kimia dilakukan guna mengatasi hambatan kognitif peserta didik dalam memvisualisasikan fenomena abstrak kimia sekaligus menstimulasi kecakapan berpikir kritis abad ke-21.

Mengacu pada pemaparan tersebut, riset ini memiliki tujuan untuk menyusun E-LKPD dengan pendekatan SOLE pada materi ikatan kimia bagi peserta didik kelas XI SMA/MA, sekaligus memverifikasi tingkat kevalidan serta kebermanfaatan produk tersebut sebagai media pendukung pembelajaran kimia digital.

METODE

Kegiatan penelitian ini bertempat di Universitas Riau dengan menerapkan metodologi *Research and Development* (R&D) yang berlandaskan pada model pengembangan 4-D dari Thiagarajan et al. (1974). Prosedur pengembangan sistematis yang dijalankan mencakup tahapan *Define* (pendefinisian), *Design* (perancangan), hingga *Develop* (pengembangan). Peneliti membatasi ruang lingkup penelitian hingga fase *Develop* didasarkan pada pertimbangan bahwa urgensi utama riset ini terletak pada penciptaan produk pembelajaran yang tervalidasi secara teoretis serta praktis dalam lingkup kelas. Fase *Disseminate* (penyebaran) tidak diikutsertakan dalam penelitian ini mengingat keterbatasan durasi waktu serta cakupan operasional, sehingga evaluasi produk difokuskan pada uji efikasi secara terbatas sebelum produk tersebut layak untuk disebarluaskan pada cakupan yang lebih luas. Terkait implementasi dan uji coba instrumen, penelitian dilakukan di SMA Negeri 5 Pekanbaru serta SMA Negeri 2 Tambang.

Proses pendefinisian dalam penelitian ini dilakukan melalui tiga langkah prosedural untuk menentukan spesifikasi pengembangan bahan ajar. Tahap pertama meliputi analisis awal (*analisis front-end*) melalui wawancara dengan guru kimia untuk mengidentifikasi urgensi integrasi media digital serta kendala yang ditemukan dalam penggunaan bahan ajar konvensional di kelas. Selanjutnya, peneliti melaksanakan analisis peserta didik yang bertujuan menggambarkan karakteristik kognitif, latar belakang pengetahuan awal, serta kesiapan peserta didik kelas XI terhadap topik ikatan kimia. Fokus analisis ini adalah menyesuaikan tingkat kerumitan materi dengan fase perkembangan operasional formal peserta didik berusia 16-18 tahun agar konten yang disusun relevan secara psikologis. Terakhir, peneliti melakukan tugas analisis dengan menjabarkan empat komponen utama—meliputi analisis struktur isi, konsep, prosedur, dan tujuan instruksional—sebagai acuan batasan yang mencakup materi ikatan kimia dalam E-LKPD.

Kemudian untuk tahap perancangan perancangan E-LKPD berorientasi SOLE dilakukan memanfaatkan platform Liveworksheets. Di dalam media tersebut disematkan video edukasi dan *hyperlink* penelusuran informasi, dengan aktivitas belajar yang dikembangkan mengikuti tahapan *question*, *investigate*, serta *review*. Selanjutnya, guna mengukur kualitas produk tersebut, dilakukan pula perancangan instrumen penilaian berupa lembar validasi yang nantinya akan dinilai oleh validator ahli materi dan ahli media.

Tahap pengembangan dilaksanakan melalui prosedur evaluasi bertahap guna menjamin tingkat validitas dan kepraktisan E-LKPD. Prosedur ini diawali dengan validasi ahli materi untuk meninjau substansi keilmuan dan validasi ahli media untuk menguji aspek teknis serta estetika visual produk. Masukan dari para ahli menjadi dasar pelaksanaan revisi I sebagai upaya penyempurnaan draf awal. Setelah itu, peneliti menjalankan uji coba perorangan untuk mendeteksi potensi hambatan operasional, yang segera ditindaklanjuti dengan revisi II. Selanjutnya, prosedur dilanjutkan pada uji coba kelompok kecil untuk mengukur respon serta kebermanfaatan produk dalam skala yang lebih luas. Seluruh hasil evaluasi dari tahapan uji coba tersebut diintegrasikan ke dalam revisi akhir untuk menghasilkan produk pembelajaran yang tervalidasi, praktis, dan siap digunakan.

Evaluasi kelayakan produk melibatkan sejumlah subjek, yang terdiri dari tiga validator (dua pakar materi dan satu pakar media) serta dua pengajar kimia dari SMAN 5 Pekanbaru dan SMAN 2 Tambang sebagai penguji respons. Di samping itu, penilaian aspek keterbacaan dilakukan melalui dua fase uji coba peserta didik: tahap awal berupa evaluasi individual terhadap tiga peserta didik kelas XI dengan latar belakang kemampuan akademik yang beragam (tinggi, sedang, dan rendah), serta tahap lanjutan berupa uji coba kelompok kecil yang melibatkan 20 peserta didik yang telah mempelajari materi ikatan kimia, dengan pembagian sampel yang seimbang antara SMAN 5 Pekanbaru dan SMAN 2 Tambang.

Instrumen penelitian yang digunakan meliputi lembar validasi ahli materi, lembar validasi ahli media, angket respons guru, dan angket respons peserta didik. Instrumen disusun menggunakan skala Likert lima tingkat yang terdiri atas sangat setuju (5), setuju (4), cukup setuju (3), tidak setuju (2), dan sangat tidak setuju (1). Lembar validasi ahli materi mencakup aspek kelayakan isi, karakteristik SOLE, penyajian, kebahasaan, dan kegrafisan. Lembar validasi ahli media mencakup aspek tampilan dan pemanfaatan perangkat lunak (*software*). Angket respons guru dan peserta didik digunakan untuk memperoleh penilaian terhadap kepraktisan dan keterterimaan E-LKPD yang dikembangkan.

Penelitian ini melibatkan instrumen berupa lembar validasi (materi dan media) serta kuesioner respons pengguna (guru dan peserta didik). Skala Likert lima tingkat digunakan sebagai dasar penilaian, mulai dari skor 5 (sangat setuju) hingga 1 (sangat tidak setuju). Cakupan lembar validasi ahli materi meliputi aspek isi, karakteristik SOLE, penyajian, bahasa, dan grafis, sedangkan validator media memfokuskan penilaian pada aspek antarmuka dan operasional perangkat lunak. Selain itu, efektivitas kepraktisan dan akseptabilitas produk E-LKPD diukur melalui angket respons guru serta peserta didik.

Data dalam riset ini terbagi ke dalam dua bentuk: kuantitatif dan kualitatif. Pihak validator, guru, dan peserta didik memberikan kontribusi data kuantitatif melalui angket, sedangkan data kualitatif didapatkan dari hasil wawancara serta evaluasi konstruktif selama pengujian produk. Untuk mengolah data kuantitatif tersebut, peneliti menerapkan teknik analisis deskriptif persentase. Hasil persentase validitas dan respons pengguna kemudian diinterpretasikan berdasarkan kriteria yang diadaptasi dari Akbar (2017) sebagaimana disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Kriteria Validitas Produk

Persentase (%)	Kriteria
81,00-100	Sangat valid
61,00-80,00	Valid
41,00-60,00	Cukup valid
21,00-40,00	Kurang valid
<20,00	Tidak valid

Tabel 2. Kriteria Respons Pengguna

Persentase (%)	Kriteria
81,00-100	Sangat Baik
61,00-80,00	Baik
41,00-60,00	Cukup
21,00-40,00	Kurang
<20,00	Sangat Kurang

Tingkat validitas produk dinyatakan memenuhi syarat kelayakan apabila berada pada kategori minimal valid dengan skor $\geq 61\%$. Di sisi lain, E-LKPD tersebut dianggap mendapat respons positif dari pengguna apabila skor penilaian akhir berada dalam kategori baik atau sangat baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Riset pengembangan E-LKPD berbasis model *Self-Organized Learning Environment* (SOLE) dengan platform *Liveworksheets* pada topik ikatan kimia diawali dengan fase *define* atau analisis ujung depan (*front-end analysis*). Tahap ini krusial untuk memetakan urgensi pengembangan bahan ajar melalui wawancara mendalam dengan tenaga pendidik serta observasi terhadap perangkat ajar yang berlaku di SMAN 5 Pekanbaru dan SMAN 2 Tambang. Hasil identifikasi menunjukkan dominasi penggunaan LKPD cetak yang bersifat statis, yakni hanya memuat ringkasan materi dan latihan soal tanpa integrasi teknologi, sehingga belum mampu menstimulasi kemandirian belajar peserta didik. Kondisi ini diperparah dengan rendahnya capaian ketuntasan belajar peserta didik, terutama pada konsep abstrak seperti konfigurasi elektron, pembentukan ikatan ionik, kovalen, serta teori lautan elektron pada ikatan logam. Temuan ini mengonfirmasi penelitian Rahmi et al. (2021) yang menyoroti hambatan peserta didik dalam menguasai representasi submikroskopik pada materi ikatan kimia. Sebagai solusinya, pemanfaatan E-LKPD berbasis SOLE via *Liveworksheets* menawarkan fleksibilitas bagi peserta didik untuk mengeksplorasi sumber belajar digital secara otonom, yang secara signifikan dapat meningkatkan keterlibatan aktif peserta didik sebagaimana ditegaskan oleh Suryaningsih & Nurlita (2021).

Tahapan selanjutnya mencakup analisis karakteristik sasaran pengguna yang ditujukan bagi peserta didik kelas XI SMA/MA (usia 16–17 tahun). Merujuk pada teori perkembangan kognitif Piaget dalam Slavin (2018), rentang usia tersebut telah mencapai fase operasional formal, yang secara teoretis membekali peserta didik dengan kemampuan berpikir logis, sistematis, dan abstrak dalam memecahkan masalah. Rangkaian proses *define* kemudian ditutup dengan analisis tugas yang mencakup penyesuaian capaian pembelajaran, tujuan instruksional, serta pemetaan materi pokok, mulai dari prinsip dasar ikatan kimia, ikatan ionik, ikatan logam, ikatan kovalen, hingga geometri molekul dan hibridisasi.

Hasil analisis awal di SMAN 5 Pekanbaru dan SMAN 2 Tambang menunjukkan adanya urgensi pengembangan E-LKPD. Berdasarkan data wawancara, penggunaan bahan ajar konvensional saat ini belum mampu memfasilitasi kemandirian belajar peserta didik, sehingga berdampak pada rendahnya pencapaian ketuntasan materi ikatan kimia. Secara substansial, peserta didik menghadapi kendala pada konsep abstrak, khususnya dalam merepresentasikan konfigurasi elektron, mekanisme pembentukan ikatan (ion, kovalen, dan logam), serta teori lautan elektron. Temuan ini selaras dengan penelitian Rahmi et al. yang mengidentifikasi bahwa kesulitan peserta didik dalam memahami materi ikatan kimia dihilangkan dari kompleksitas representasi submikroskopik yang belum terakomodasi secara optimal. Kehadiran E-LKPD berbasis *Self-Organized Learning Environment* (SOLE) dengan *Liveworksheets* menjadi solusi alternatif yang relevan, karena mampu mengintegrasikan sumber belajar digital yang mendukung keterlibatan aktif peserta didik. Hal ini

sejalan dengan penelitian Suryaningsih & Nurlita (2021) yang menegaskan bahwa integrasi berbagai media dalam E-LKPD secara signifikan meningkatkan partisipasi peserta didik dalam proses pembelajaran. Selanjutnya, profil kognitif peserta didik kelas XI (usia 16-17 tahun) di lokasi penelitian telah memenuhi persyaratan untuk menerapkan model SOLE. Sesuai dengan teori perkembangan kognitif Piaget, pada rentang usia tersebut, peserta didik berada pada fase operasional formal yang memungkinkan mereka untuk mengonstruksi pemikiran abstrak, logistik, dan sistematis (Slavin, 2018). Karakteristik kognitif ini menjadi dasar pengorganisasian materi ikatan kimia—meliputi struktur ikatan ion, logam, kovalen, hingga geometri molekul dan hibridisasi—yang disusun secara sistematis agar selaras dengan target pencapaian pembelajaran.

Produk yang dihasilkan pada tahap *design* (perancangan) mengintegrasikan sintaks SOLE (pertanyaan besar, investigasi, *review*) ke dalam platform *Liveworksheets*. Struktur E-LKPD dirancang secara komprehensif, mencakup elemen navigasi utama seperti petunjuk penggunaan, peta konsep, hingga fitur evaluasi mandiri. Penggunaan elemen visual, video pembelajaran, dan paragraf interaktif pada platform tersebut ditujukan untuk memvisualisasikan fenomena kimia yang bersifat abstrak. Selaras dengan temuan Akbar dan Utami (2023), pemanfaatan *Liveworksheets* terbukti efektif dalam meningkatkan partisipasi peserta didik serta membantu mereka dalam mengonkretkan pemahaman konsep yang sebelumnya bersifat abstrak. Bersamaan dengan pengembangan konten tersebut, peneliti turut merancang perangkat evaluasi, yakni lembar validasi ahli serta angket respons pengguna dengan tujuan memastikan instrumen penilaian kelayakan produk telah siap digunakan dalam tahap pengujian selanjutnya

Tahap *develop* (pengembangan) difokuskan pada perancangan produk akhir berupa E-LKPD berbasis model SOLE yang diintegrasikan dengan platform *Liveworksheets* pada topik ikatan kimia. Sebelum diujicobakan dalam lingkungan pembelajaran yang sesungguhnya, purwarupa produk tersebut melalui proses validasi oleh pakar untuk memastikan tingkat keabsahan serta kelayakan media secara didaktik maupun teknis. Tahapan ini mencakup revisi berkelanjutan berdasarkan masukan dari validator guna menyempurnakan kualitas produk. Prosedur validasi dilakukan secara komprehensif oleh ahli materi dan ahli media, di mana ringkasan hasil penilaian validator materi disajikan secara detail pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Validasi Ahli Materi

No	Aspek Penilaian	Persentase Skor Validasi II
1	Aspek Kelayakan Isi	88,88%
2	Aspek Karakteristik SOLE	97,5%
3	Aspek Kebahasaan	87,14%
4	Aspek Penyajian	88%
5	Aspek Kegrafisan	86%
Persentase Rata-rata Skor		89,50%
Kategori Validasi Keseluruhan		Sangat Valid

Ditinjau dari Tabel 3, draf E-LKPD berbasis SOLE memperoleh rata-rata skor validasi materi sebesar 89,50% (Kategori Sangat Valid). Parameter karakteristik model SOLE sukses mencatatkan persentase (97,5%), mengindikasikan bahwa seluruh lembar kegiatan peserta didik telah terstruktur secara akurat mengikuti alur *question*, *investigation*, dan *review* dalam menuntun rekonstruksi konsep mandiri. Sementara itu, aspek penyajian mencatatkan skor paling rendah (86%), namun capaian tersebut tetap berada pada batas interpretasi yang sangat layak.

Meski dinyatakan sangat valid, peneliti tetap melakukan penyempurnaan produk berdasarkan kritik konstruktif dari validator materi. Saran perbaikan meliputi rekonstruksi redaksional, penyesuaian komponen materi agar selaras dengan karakteristik peserta didik, serta penyisipan narasi sejarah tokoh kimia untuk memicu motivasi belajar. Selain itu, dilakukan penajaman konsep pada subtopik ikatan kovalen dan koordinasi guna mengantisipasi miskonsepsi akibat ambiguitas istilah ilmiah. Redefinisi ini krusial mengingat penelitian Shiddiqi et al. (2024) menemukan bahwa miskonsepsi abstrak dalam kimia sering dipicu oleh kekurangtepatan artikulasi materi. Penyesuaian tata letak juga diterapkan dengan memperluas kolom jawaban *big question* agar peserta didik lebih leluasa merangkum hasil investigasinya sesuai prinsip SOLE. Aspek estetika berupa kontras warna tulisan pun diperbaiki demi kenyamanan membaca, sejalan dengan teori Prastowo

(2011) bahwa tipografi dan kontras warna yang proporsional dalam bahan ajar digital sangat memengaruhi kemudahan penyerapan informasi.

Evaluasi teknis terhadap kualitas desain digital E-LKPD oleh ahli dilakukan melalui dua aspek penilaian, dengan perolehan skor yang tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Validasi Ahli Media

No	Aspek Penilaian	Persentase Skor Validasi II
1	Aspek Tampilan	89,50%
2	Aspek Pemanfaatan <i>Software</i>	95,5%
Persentase Rata-rata Skor		92,5%
Kategori Validasi Keseluruhan		Sangat Valid

Berdasarkan Tabel 4, penilaian dari segi media menembus persentase rata-rata 96,5% dengan status Sangat Valid. Rekam jejak hasil ini relevan dengan temuan Putri et al. (2025) yang mengonfirmasi bahwa rancangan E-LKPD berorientasi SOLE via Liveworksheets terbukti memenuhi standar validitas media yang sangat tinggi. Skor ini merefleksikan bahwa desain antarmuka E-LKPD tidak hanya unggul secara estetika, tetapi juga mampu mengintegrasikan alur kognitif model SOLE ke dalam struktur digital yang sistematis. Validator menekankan bahwa efektivitas media digital dalam pembelajaran kimia sangat bergantung pada bagaimana *user interface* (UI) mampu meminimalisir beban kognitif tambahan (*extraneous cognitive load*) bagi peserta didik, sebagaimana dijelaskan dalam teori *Cognitive Load Theory* oleh Mayer (2009) yang menekankan pentingnya eliminasi elemen visual yang tidak relevan agar kapasitas memori kerja peserta didik tetap fokus pada pemrosesan materi inti. Guna mengoptimalkan pengalaman pengguna tersebut, dilakukan revisi teknis seperti penyederhanaan halaman deskripsi produk untuk memfokuskan perhatian pada konten inti, transformasi tautan teks *hyperlink* menjadi ikon grafis yang lebih intuitif guna mencegah disorientasi navigasi sesuai dengan prinsip *usability* dari Nielsen (1994) mengenai *consistency and standards*, serta penyesuaian skala huruf dan instruksi operasional untuk memenuhi standar keterbacaan (*readability*) dan meminimalkan *user-error*. Dengan demikian, serangkaian revisi ini merupakan langkah strategis untuk memastikan media berfungsi sebagai alat bantu (*scaffolding*) yang kuat dalam mendukung peserta didik mengonstruksi pemahaman materi kimia secara mandiri.

Peneliti telah menindaklanjuti masukan tersebut dengan memindahkan identitas dan Capaian Pembelajaran (CP) ke halaman depan, sedangkan Tujuan Pembelajaran (TP) dipisah secara spesifik di tiap pertemuan agar alur belajar terkesan lebih sistematis. Transformasi teks *hyperlink* menjadi tombol ikonik klik juga berhasil memperhalus navigasi digital media. Modifikasi ini didukung oleh argumen Yuliana dan Atmojo (2021) yang menyatakan bahwa kepraktisan navigasi pada bahan ajar digital berbanding lurus dengan tingginya atensi dan keterlibatan belajar peserta didik.

Pascarevisi berdasarkan rekomendasi para pakar, E-LKPD kemudian diimplementasikan melalui rangkaian uji coba pengguna untuk memetakan aspek kepraktisan produk di lapangan. Proses ini terbagi menjadi tahapan uji coba individual (*one-to-one evaluation*), pengujian kelompok kecil (*small group evaluation*), serta penjarangan angket respons praktisi (guru kimia).

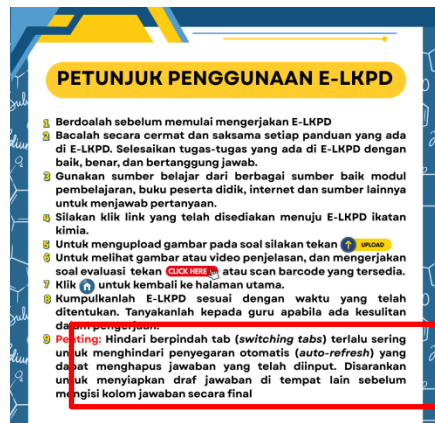
Hasil uji coba satu-satu melibatkan tiga peserta didik dengan variasi kemampuan akademik yang berbeda. Rekapitulasi respons tertuang dalam Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Data Uji Coba Satu-satu

No	Aspek Penilaian	Persentase Skor Total	Kriteria
1	Aspek Kemenarikan	83,3%	Sangat Baik
2	Aspek Kemudahan Penggunaan	86,66%	Sangat Baik
Rata-rata persentase keseluruhan berbagai aspek (%)		84,99%	Sangat Baik

Data Tabel 5 merekam bahwa uji coba satu-satu menorehkan rata-rata persentase sebesar 84,99% (Kategori Sangat Baik). Hal ini membuktikan keterbacaan draf awal E-LKPD sudah memenuhi standar kenyamanan visual dan mudah dioperasikan peserta didik. Meskipun demikian, terdapat masukan minor dari peserta didik mengenai kemunculan iklan bawaan platform serta kendala lembar kerja yang tidak sengaja ter-

refresh saat berpindah aplikasi. Kendala teknis ini disiasati peneliti dengan menambahkan instruksi peringatan khusus pada lembar petunjuk penggunaan E-LKPD, dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Penambahan Instruksi Pada Petunjuk Penggunaan

Pengujian diperluas pada kelompok kecil dengan sampel heterogen berjumlah 20 peserta didik yang telah menerima materi ikatan kimia. Hasil respons objektifnya dirangkum pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi Data Uji Coba Kelompok Kecil

No	Aspek Penilaian	Persentase Skor Total	Kriteria
1	Aspek Kemenarikan	90,66%	Sangat Baik
2	Aspek Kemudahan Penggunaan	88,33%	Sangat Baik
Rata-rata persentase keseluruhan berbagai aspek (%)		89,49%	Sangat Baik

Berdasarkan Tabel 6, rata-rata persentase pada fase kelompok kecil mengalami peningkatan menjadi 89,49% dengan predikat Sangat Baik. Kenaikan skor ini mengindikasikan bahwa perbaikan panduan operasional yang disisipkan pasca uji individual terbukti efektif membantu peserta didik mengoperasikan media secara lancar. Peserta didik memberikan umpan balik positif bahwa E-LKPD ini menarik, praktis diakses, serta memberikan keleluasaan dalam menelusuri data secara mandiri melalui sintaks SOLE yang diterapkan.

Peningkatan skor dari 84,89% menjadi 89,49% dari uji satu-satu dan uji kelompok kecil ini menunjukkan bahwa revisi produk berdasarkan hasil uji coba satu-satu berhasil meningkatkan kualitas E-LKPD, sehingga media menjadi lebih stabil, intuitif, dan mampu meminimalisir kendala teknis yang sebelumnya menghambat alur eksplorasi mandiri peserta didik. Peningkatan ini juga mengonfirmasi bahwa penyesuaian instruksi operasional yang diberikan peneliti terbukti efektif dalam memandu peserta didik agar lebih cakap dalam mengoperasikan fitur-fitur interaktif pada *Liveworksheets*.

Terakhir dilanjutkan dengan uji respon guru mata pelajaran kimia selaku praktisi di sekolah mitra dirangkum dalam Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Rekapitulasi Data Uji Respon Guru

Rata-rata Total	Range Rata-rata Skor	Kriteria Respon Guru
91,66%	81-100%	"Sangat Baik"

Merujuk pada Tabel 7, respons praktisi mencatatkan persentase mengesankan sebesar 91,66% dengan kategori Sangat Baik. Guru menilai E-LKPD berbasis SOLE ini sukses mentransformasi iklim kelas menjadi *student centered learning*, dalam hal ini guru dapat mengoptimalkan perannya sebagai fasilitator pembelajaran. Struktur tugas di dalam media dinilai memberi ruang ideal bagi peserta didik untuk berkolaborasi, bertukar pikiran, dan mengeksplorasi konsep kimia secara mendalam, serta dinilai sangat prospektif untuk diadopsi pada topik-topik kimia yang lain.

Secara keseluruhan, akumulasi tingkat kevalidan yang tinggi serta respons positif dari pengguna mengindikasikan bahwa E-LKPD berbasis SOLE berbantuan *Liveworksheets* ini sangat praktis, ergonomis, dan layak digunakan dalam proses pembelajaran. Temuan ini memperkuat studi terdahulu oleh Putri et al. (2025)

yang mengonfirmasi bahwa kombinasi model SOLE dan *Liveworksheets* ampuh mendorong kemandirian serta meningkatkan partisipasi belajar peserta didik. Hal ini juga dipertegas oleh penelitian Novalentia et al. (2025) yang menyatakan bahwa kepraktisan E-LKPD digital berakar pada kemudahan aksesibilitas serta kemampuannya dalam menghadirkan interaksi instruksional yang lebih hidup.

SIMPULAN

Berdasarkan rangkaian penelitian dan pengembangan yang dilaksanakan, penelitian ini menghasilkan produk bahan ajar digital berupa E-LKPD berorientasi model *Self Organized Learning Environment* (SOLE) menggunakan platform *Liveworksheets* untuk materi ikatan kimia jenjang SMA/MA kelas XI. Melalui uji kelayakan teoretis, produk ini terbukti memenuhi kriteria "Sangat Valid" dengan capaian persentase validitas sebesar 89,50% dari ahli materi dan 92,5% dari ahli media. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada tersedianya bahan ajar yang mampu memvisualisasikan level submikroskopik materi ikatan kimia secara interaktif, yang secara teoretis dapat membantu peserta didik menjembatani pemahaman antara konsep makroskopik dan simbolik yang selama ini menjadi hambatan utama dalam pembelajaran kimia.

Produk ini juga terbukti memiliki tingkat praktikalitas yang "Sangat Baik", yang ditunjukkan oleh peningkatan skor dari 84,99% pada uji coba satu-satu menjadi 89,49% pada uji coba kelompok kecil setelah dilakukan perbaikan teknis berdasarkan respons pengguna. Selain itu, respons guru kimia yang mencapai skor 91,66% menunjukkan bahwa E-LKPD ini dapat diterima sebagai perangkat pembelajaran yang mudah dioperasikan, memiliki tampilan yang menarik, serta mampu memfasilitasi kebutuhan bahan ajar yang lebih inovatif di kelas. Dengan demikian, E-LKPD berbasis SOLE dengan *Liveworksheets* ini dinyatakan sangat layak untuk diaplikasikan sebagai media instruksional digital guna mendukung kesiapan pembelajaran kimia di era digital serta memberikan alternatif bahan ajar yang relevan dengan karakteristik peserta didik abad ke-21 yang membutuhkan konten pembelajaran yang lebih fleksibel dan interaktif.

Daftar Pustaka

- Akbar, F. R., & Utami, L. (2023). Inovasi Pembuatan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-Lkpd) Menggunakan Liveworksheet. *Journal Of Chemistry Education And Integration*, 2(2), 101–112. <https://doi.org/10.24014/JCEI.v2i2.24102>
- Akbar, S. (2017). *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. PT Remaja Rosdakarya.
- Astuti, M. L. (2024). Learning Environments as STEAM Support to Sharpen Elementary School Students' 21st Century Skills. *Jurnal Pendidikan Sekolah Dasar*, 7(2), 154–161. <https://doi.org/https://doi.org/10.21831/didaktika.v7i2.80220>
- Eka Putri, Y. Y. (2025). Analisis Hasil Belajar Peserta Didik Pada Materi Ikatan Kimia Fase F Sma/Ma. 5(3), 1417–1426.
- Fransiska, G. G., Yoro, P. J., & Ferawaty, S. L. (2023). Ikatan Kimia Menggunakan Instrumen Two-Tier Multiple. *Chemistry Education Journal*, 6(20), 503–515.
- Habib, M., Shiddiqi, A., Arthamena, V. D., Ayyubi, M., Jeremi, A., Habib, M., & Shiddiqi, A. (2024). Systematic Literature Review : Analysis of Misconception Problems and Diagnostic Instruments for Learning Chemistry. *Journal of Research in Science Education*, 10(4), 168–179. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i4.5189>
- Luviani, S. D., Mulyani, S., & Widhiyanti, T. (2021). A review of three levels of chemical representation until 2020. *Journal of Physics Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012206>
- Mardhiyah, R. H., Aldriani, S. N. F. F., . S. N., & Zulfikar, M. R. (2021). Pentingnya Keterampilan Belajar di Abad 21 sebagai Tuntutan dalam Pengembangan Sumber Daya Manusia. *Lectura: Jurnal Pendidikan*, 12(1), 29–40. <https://doi.org/https://doi.org/10.31849/lectura.v12i1.5813>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning*. Cambridge University Press. Cambridge University Press.
- Nielsen, J. (1994). *Usability Engineering* (Morgan Kau).
- Novalentia, D., & Erna, M. (2025). Pengembangan E-LKPD Berbasis POE2WE Menggunakan Liveworksheets

- pada Materi Hidrokarbon. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(April), 3621–3630.
- Prastowo, A. (2011). *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif: Menciptakan Metode Pembelajaran yang Menarik dan Menyenangkan*. Diva Press.
- Putri, F. S., Haryati, S., & Anwar, L. (2025). Pengembangan E-Lkpd Berbasis Sole (Self Organized Learning Environment) Menggunakan Liveworksheets pada Materi Asam Basa Kelas Xi Sma/Ma Sederajat. 6(4), 775–783. <https://doi.org/https://doi.org/10.55681/nusra.v6i4.3984>
- Ragil, I., & Atmojo, W. (2021). Jurnal basicedu. *Jurnal Basicedu*, 5(6), 6034–6039.
- Rahayu, K., IndahWigati, & Astuti, R. T. (2022). Analisis Kesulitan Belajar Peserta Didik Dalam Memahami Ikatan Kimia. *Analisis Kesulitan Belajar Peserta Didik Dalam Memahami Ikatan Kimia*, 184–194. <https://proceedings.radenfatah.ac.id/index.php/snpk/article/view/68>
- Rahmi, C., Mujakir, M., & Febriani, P. (2021). Kemampuan Representasi Submikroskopik Peserta Didik Pada Konsep Ikatan Kimia. *Lantanida Journal*, 9(1).
- Slavin, R. E. (2018). *Educational Psychology: Theory and Practice*. Pearson Education.
- Suryaningsih, S., & Nurlita, R. (2021). Pentingnya Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-Lkpd) Inovatif Dalam Proses Pembelajaran Abad 21. *Jurnal Pendidikan Indonesia (Japendi)*, 2(7), 1256–1268. <https://doi.org/https://doi.org/10.59141/japendi.v2i07.233>
- Teresa, Kurniati, T., & Fadhilah, R. (2022). Pengembangan Elektronik Lembar Kerja Peserta Didik (E-Lkpd) Berbasis Liveworksheet Materi Konsep Mol Pada Peserta Didik Kelas X Mipa Man 3 Pontianak. 10(1), 13–19. <https://doi.org/https://doi.org/10.29406/ar-r.v10i1.3245>
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children: A Sourcebook*.
- Zulkhairi. (2022). Studi Literatur: Analisis Miskonsepsi Peserta didik Pada Topik Ikatan Kimia. *JKPI: Jurnal Kajian Pendidikan IPA*, 2(1), 133–140.