

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Menghadapi era abad ke-21, orientasi pendidikan kini dititikberatkan pada pembekalan kompetensi peserta didik agar mampu beradaptasi dengan dinamika global dan kemajuan teknologi yang sangat pesat. Sebagai langkah responsif terhadap tantangan tersebut, Kemendikbudristek mentransformasi paradigma pendidikan nasional dengan mengesahkan Kurikulum Merdeka sebagai standar baru pembelajaran di Indonesia (Nurohmah *et al.*, 2023). Kurikulum Merdeka yang saat ini diterapkan di SMA menekankan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik melalui kegiatan yang kontekstual, eksploratif, dan berbasis pemecahan masalah (Kurniawan *et al.*, 2023). Dalam konteks pembelajaran kimia, pendekatan tersebut sangat penting karena banyak konsep kimia yang bersifat abstrak dan memerlukan representasi visual maupun pengalaman belajar yang bermakna agar dapat dipahami secara konseptual. Struktur kurikulum ini memberikan keleluasaan bagi pendidik untuk merancang pembelajaran yang kontekstual sesuai dengan karakteristik materi dan kebutuhan peserta didik. Dengan demikian, kurikulum merdeka tidak hanya bergantung pada penataan kebijakan, tetapi sangat ditentukan oleh kualitas perangkat pembelajaran di kelas.

Berdasarkan penjelasan yang telah disebutkan, penerapan Kurikulum Merdeka dalam pembelajaran menjadi perhatian penting bagi para pendidik. Namun, praktik di lapangan menunjukkan masih adanya berbagai kendala dalam pelaksanaannya. Salah satunya disebabkan oleh keterbatasan guru dalam

merancang perangkat pembelajaran yang sesuai dengan karakter peserta didik. Sebagai solusi, perbaikan perangkat pembelajaran yang inovatif sangat diperlukan melalui perancangan bahan ajar yang mampu mendukung proses pembelajaran secara lebih efektif dan bermakna (Noorhapizah *et al.*, 2023). Sejalan dengan penerapan Kurikulum Merdeka, bahan ajar tidak lagi diposisikan sebagai sumber informasi semata, melainkan sebagai instrumen pedagogis yang mengarahkan aktivitas belajar secara sistematis sesuai dengan capaian pembelajaran (Purnawanto, 2022). Dalam pendidikan kimia, semakin penting untuk menyoroti karakteristik pengetahuan kimia yang menunjukkan pemahaman pada tiga tingkat representasi yaitu makroskopis, mikroskopis, dan simbolik (Suparwati, 2022). Oleh karena itu, bahan ajar diharapkan mampu mendorong keaktifan peserta didik sekaligus memanfaatkan teknologi secara optimal. Di bidang pendidikan digital, pemanfaatan teknologi telah mendorong pengembangan berbagai bahan pembelajaran elektronik yang dapat diintegrasikan ke dalam kelas kimia. Diantara media tersebut yaitu buku elektronik (e-book), modul elektronik (e-modul), multimedia interaktif, dan video pengajaran animasi. Secara umum, masing-masing media tersebut sangat efektif dalam menyajikan informasi visual yang menarik. Namun demikian, sebagian besar bahan ajar digital tersebut cenderung bersifat satu arah, di mana peserta didik hanya bertindak sebagai penerima informasi pasif.

Berdasarkan kebutuhan tersebut, Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (E-LKPD) menjadi perangkat yang paling ideal dalam penelitian ini. Berbeda dengan bahan pembelajaran elektronik lainnya, E-LKPD memiliki keunggulan hibrida

yang unik. E-LKPD tidak hanya berfungsi sebagai sumber informasi pribadi, tetapi juga sebagai panduan dinamis yang mendorong pengguna untuk terlibat dalam berbagai aktivitas. E-LKPD mampu mengintegrasikan fitur-fitur interaktif seperti tautan langsung ke simulasi laboratorium virtual, kemampuan untuk merespons hipotesis, serta evaluasi berdasarkan masukan secara real-time. Fleksibilitas prosedural interaktif dan sifatnya inilah yang membuat E-LKPD menonjol dibandingkan media digital lainnya karena dapat memfasilitasi kegiatan pembelajaran aktif dan berfungsi sebagai alat evaluasi metodis bagi siswa SMA. Selaras dengan pendapat Ollina *et al.* (2025) Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (e-LKPD) adalah bahan ajar sistematis yang dirancang untuk membantu peserta didik memecahkan masalah dengan berfokus pada metode penelitian ilmiah dan berbasis pusat. E-LKPD mencakup beberapa fitur seperti gambar, video, dan audio yang dapat memberikan informasi tambahan kepada peserta didik serta mengarahkan mereka ke situs web untuk memfasilitasi proses pembelajaran dan membantu mereka memperoleh pemahaman yang lebih baik.

Keunggulan interaktif yang dimiliki e-LKPD tersebut menjadi sangat krusial ketika dihadapkan pada karakteristik materi kimia SMA yang tergolong kompleks. Bersumber dari hasil wawancara dengan guru kimia di salah satu Sekolah Menengah Atas yang berada di kota Tanjungpinang pada (Lampiran 1), didapatkan informasi bahwa materi yang sering dianggap sulit oleh peserta didik kelas XI adalah materi asam basa. Kesulitan tersebut disebabkan oleh karakteristik materi asam basa yang bersifat abstrak dan kurangnya bahan ajar interaktif yang dinilai kurang menarik oleh peserta didik itu sendiri. Oleh karena itu, perlu

dilakukan inovasi dalam metode pengajaran, misalnya dengan menggunakan bahan ajar yang menarik. Namun, guru terkadang terkendala waktu dalam mengembangkan bahan ajar, sehingga mereka akhirnya hanya menggunakan bahan ajar yang sudah tersedia. Alat bantu pembelajaran yang umum digunakan dalam pendidikan kimia adalah buku dari pemerintah dan LKPD cetak. Dengan persentase ketidaktuntasan sekitar 52,38%, hasil belajar peserta didik secara menyeluruh juga belum menunjukkan hasil yang optimal 52,38% (Lampiran 3). Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian besar peserta tidak memenuhi kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) yang telah ditetapkan. Temuan ini menunjukkan bahwa pemahaman peserta didik terhadap materi asam basa masih belum optimal, sehingga diperlukan upaya perbaikan pembelajaran melalui pemilihan model pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik materi.

Materi asam basa memiliki karakteristik yang menuntut penguasaan berbagai dimensi pengetahuan, meliputi pengetahuan konseptual, prosedural, dan metakognitif (Nuzulul & Azizah, 2017). Peserta didik tidak hanya dituntut memahami konsep teoritis, seperti teori asam basa dan derajat keasaman (pH), tetapi juga mampu menerapkan prosedur, seperti penggunaan indikator dan perhitungan pH, serta merefleksikan proses berpikir dalam menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan asam basa dalam kehidupan sehari-hari (Angriani *et al.*, 2025). Oleh karena itu, materi asam basa memerlukan pendekatan yang tidak hanya menekankan pada penguasaan teori, tetapi juga melatih keterampilan pemecahan masalah. Peserta didik harus dibiasakan untuk

mengidentifikasi variabel dalam masalah kimia, merencanakan strategi penyelesaian, hingga mengevaluasi hasil akhir secara logis dan sistematis.

Dalam upaya mengoptimalkan pembelajaran kimia, pemilihan model pembelajaran menjadi aspek yang tidak dapat dipisahkan dari pengembangan bahan ajar. Berbagai model pembelajaran inovatif telah dikembangkan untuk mendukung pendekatan konstruktivistik, di antaranya *discovery learning*, *inquiry learning*, *project based learning*, dan *problem based learning*. *Discovery learning* berorientasi pada proses menemukan konsep melalui serangkaian aktivitas eksplorasi yang telah dirancang guru. Model ini mendorong peserta didik untuk mengorganisasi informasi dan menarik kesimpulan berdasarkan pola yang ditemukan (Rizal & Irwan, 2019). Sementara itu, *inquiry learning* menekankan pada proses penyelidikan ilmiah yang sistematis melalui perumusan masalah, pengumpulan data, dan verifikasi hipotesis (Lestari *et al.*, 2024). Adapun *project based learning* berfokus pada pencapaian produk tertentu sebagai hasil dari proses investigasi yang mendalam (Kahar & Ili, 2022).

Dari berbagai model yang ada, *Problem Based Learning* (PBL) memiliki keunikan tersendiri karena menjadikan permasalahan nyata sebagai dasar dimulainya proses belajar. Model ini beroperasi dengan menyajikan sebuah kasus di awal pembelajaran, yang kemudian mendorong peserta didik untuk mengenali pokok persoalan, merumuskan pertanyaan, mencari data pendukung, menganalisis informasi, hingga menyusun pemecahan masalah yang logis dan berdasar (Mardani *et al.*, 2021). Sintaks PBL yang dimulai dari tahap orientasi masalah hingga evaluasi proses pemecahan masalah, memberikan kerangka pembelajaran

yang jelas bagi guru dalam merancang aktivitas belajar yang terstruktur. Karakteristik tersebut menjadikan PBL sebagai model pembelajaran yang relevan untuk diterapkan dalam pembelajaran kimia yang menuntut keterpaduan antara pemahaman konsep, analisis fenomena, serta proses penyelidikan ilmiah. Oleh karena itu, model PBL dipilih karena sesuai dengan karakteristik materi asam basa yang menempatkan masalah nyata sebagai titik awal pembelajaran. Melalui PBL, peserta didik diajarkan untuk mengidentifikasi masalah, mengumpulkan dan menganalisis informasi, serta mengembangkan solusi berdasarkan konsep-konsep yang telah dipelajari. Hasil penelitian Arifin dan Arif (2022) juga memperkuat bahwa PBL efektif menciptakan suasana belajar yang lebih menarik dan menumbuhkan partisipasi peserta didik. Guru kimia juga menyampaikan bahwa penerapan PBL telah membantu meningkatkan keaktifan peserta didik, terutama ketika dikombinasikan dengan kegiatan praktikum. Selain itu, hasil survei melalui google form terhadap peserta didik kelas XI SMA di kota Tanjungpinang menunjukkan bahwa 70% (Lampiran 2) peserta didik merasa antusias terhadap pembelajaran berbasis PBL berdasarkan pengalaman mereka dalam pembelajaran karena dapat menyelesaikan permasalahan nyata secara berkelompok.

Meskipun PBL memiliki berbagai keunggulan dalam mendorong peserta didik untuk mengembangkan kemampuan analisis dan pemecahan masalah, implementasinya dalam pembelajaran sains, khususnya kimia, tidak terlepas dari beberapa keterbatasan. Salah satu tantangan utama dalam penerapan PBL adalah keterbatasannya dalam memfasilitasi eksplorasi konsep yang bersifat abstrak apabila tidak didukung oleh media pembelajaran yang memadai (Adiningsih *et*

al., 2024). Dalam proses PBL, peserta didik dituntut untuk melakukan penyelidikan terhadap suatu permasalahan melalui kegiatan pengumpulan dan analisis informasi. Namun, pada materi kimia tertentu, seperti asam basa, proses investigasi tersebut seringkali sulit dilakukan hanya melalui diskusi konseptual atau penyajian teks semata karena fenomena yang dipelajari melibatkan proses pada tingkat mikroskopis yang tidak dapat diamati secara langsung (Rahayu & Sartika, 2020). Akibatnya, tahapan penyelidikan dalam PBL berpotensi tidak berjalan secara optimal apabila peserta didik tidak memiliki sarana untuk mengeksplorasi hubungan antarvariabel secara konkret. Kondisi ini menunjukkan bahwa penerapan PBL dalam pembelajaran kimia memerlukan dukungan media yang mampu memvisualisasikan fenomena kimia secara interaktif sehingga proses investigasi yang menjadi inti dari PBL dapat terlaksana secara lebih efektif.

Media pembelajaran berbasis simulasi dalam pembelajaran sains dapat berupa platform digital interaktif, seperti virtual laboratory, animasi interaktif, serta simulasi berbasis komputer yang memungkinkan peserta didik melakukan eksperimen secara virtual. Media simulasi memungkinkan peserta didik untuk mengamati representasi suatu fenomena ilmiah melalui model digital yang dirancang menyerupai kondisi nyata (Iswara, 2020). Pemanfaatan media simulasi dalam pembelajaran juga memiliki keterkaitan yang erat dengan tahapan investigasi dalam model PBL. Pada tahap penyelidikan, peserta didik dituntut untuk mengumpulkan informasi serta menganalisis hubungan antar konsep sebagai dasar dalam merumuskan solusi terhadap permasalahan yang diberikan. Media simulasi dapat berperan sebagai sarana eksplorasi yang memungkinkan

peserta didik melakukan pengamatan terhadap berbagai kemungkinan kondisi yang berkaitan dengan permasalahan tersebut. Dengan demikian, simulasi tidak hanya berfungsi sebagai media visualisasi konsep, tetapi juga sebagai alat bantu investigasi yang mendukung proses pemecahan masalah dalam pembelajaran berbasis masalah (Yahya & Fitriyanto, 2016).

Di antara berbagai jenis media simulasi tersebut, simulasi PhET memiliki keunggulan berupa tampilan visual yang interaktif, kemudahan penggunaan, serta kemampuannya dalam memvisualisasikan konsep abstrak secara dinamis melalui manipulasi variabel secara langsung oleh peserta didik. Selain itu, simulasi PhET dirancang berbasis riset pendidikan sehingga mendukung pembelajaran konseptual dan eksploratif (Marbun *et al.*, 2022). Dalam pembelajaran kimia, simulasi PhET dapat digunakan untuk memvisualisasikan berbagai konsep yang sulit diamati secara langsung. Keunggulan ini menjadikan simulasi PhET dipilih dalam penelitian ini sebagai media pendukung pembelajaran untuk membantu peserta didik memahami konsep abstrak asam basa dengan cara yang lebih nyata dan interaktif.

Meskipun berdasarkan hasil analisis kebutuhan diketahui bahwa guru maupun peserta didik belum pernah menggunakan simulasi PhET dalam proses pembelajaran, kondisi tersebut tidak serta-merta menjadi penghalang dalam pemanfaatannya sebagai media pendukung pembelajaran. Justru temuan tersebut menunjukkan adanya peluang untuk menghadirkan inovasi media pembelajaran yang sebelumnya belum dimanfaatkan di kelas. Ketika peserta didik diperkenalkan pada konsep media pembelajaran berbasis simulasi interaktif yang

memungkinkan mereka mengamati fenomena secara visual dan dinamis, sebagian besar peserta didik menunjukkan ketertarikan terhadap penggunaannya dalam pembelajaran kimia. Ketertarikan ini dapat dipahami karena media simulasi memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengeksplorasi hubungan antar konsep serta mengamati perubahan suatu sistem secara langsung, sehingga proses pembelajaran tidak hanya bersifat deskriptif tetapi juga eksploratif.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat dipahami bahwa pembelajaran kimia memerlukan perangkat pembelajaran yang tidak hanya mampu menyajikan materi secara sistematis, tetapi juga dapat memfasilitasi proses eksplorasi konsep secara lebih mendalam. Model PBL dipandang relevan untuk digunakan karena memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengkaji permasalahan secara analitis melalui proses penyelidikan. Namun demikian, agar tahapan investigasi dalam PBL dapat berlangsung secara optimal, diperlukan dukungan media pembelajaran yang mampu memvisualisasikan fenomena kimia secara dinamis. Simulasi PhET memiliki karakteristik yang memungkinkan peserta didik mengamati keterkaitan antar konsep melalui representasi visual yang interaktif sehingga berpotensi membantu proses eksplorasi konsep pada materi asam basa yang bersifat abstrak. Selain itu, hasil analisis kebutuhan menunjukkan adanya ketertarikan peserta didik terhadap penggunaan media pembelajaran interaktif yang dapat menampilkan fenomena secara visual dan dinamis. Oleh karena itu, pengembangan bahan ajar berbasis digital yang mengintegrasikan model PBL dengan simulasi PhET dipandang sebagai alternatif yang relevan untuk mendukung pembelajaran kimia yang lebih eksploratif dan kontekstual.

Penelitian ini berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya hanya berfokus pada satu aspek, seperti penggunaan e-LKPD, penerapan PBL, atau pemanfaatan simulasi PhET secara terpisah. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi tiga komponen utama yaitu model PBL, simulasi interaktif PhET, dan desain digital berbasis canva ke dalam satu e-LKPD diharapkan dapat menghasilkan bahan ajar yang sesuai dengan kebutuhan pendidikan kimia di SMA dan dapat dengan mudah dimanfaatkan oleh guru dan peserta didik. Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini berjudul “Pengembangan e-LKPD Berbasis *Problem Based Learning* Berbantuan Simulasi PhET pada Materi Asam Basa Untuk Peserta Didik SMA”.

B. Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, muncul beberapa rumusan masalah seperti berikut ini:

1. Bagaimana kebutuhan peserta didik SMA terhadap bahan ajar pada materi asam basa?
2. Bagaimana karakteristik e-LKPD berbasis *problem based learning* berbantuan simulasi PhET pada materi asam basa untuk peserta didik SMA?
3. Bagaimana validitas e-LKPD berbasis *problem based learning* berbantuan simulasi PhET pada materi asam basa untuk peserta didik SMA?
4. Bagaimana praktikalitas e-LKPD berbasis *problem based learning* berbantuan simulasi PhET pada materi asam basa untuk peserta didik SMA?

C. Tujuan Penelitian

Selaras dengan poin-poin permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya, tujuan yang ingin dicapai melalui pelaksanaan penelitian ini dijabarkan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kebutuhan peserta didik SMA terhadap bahan ajar pada materi asam basa.
2. Untuk mengetahui karakteristik e-LKPD berbasis *problem based learning* berbantuan simulasi PhET pada materi asam basa untuk peserta didik SMA.
3. Untuk mengetahui validitas e-LKPD berbasis *problem based learning* berbantuan simulasi PhET pada materi asam basa untuk peserta didik SMA.
4. Untuk mengetahui praktikalitas e-LKPD berbasis *problem based learning* berbantuan simulasi PhET pada materi asam basa untuk peserta didik SMA.

D. Spesifikasi Produk yang Diharapkan

Spesifikasi produk yang diharapkan pada penelitian pengembangan ini sebagai berikut:

1. Produk yang dihasilkan berupa Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) disajikan dalam bentuk elektronik.
2. Produk e-LKPD berbasis PBL berbantuan simulasi PhET memanfaatkan program dan aplikasi yang mendukung, yaitu canva dan simulasi PhET. Pada penelitian pengembangan ini, canva dimanfaatkan untuk mendesain produk e-LKPD. Kemudian simulasi PhET sebagai alat bantu untuk mendukung proses belajar mengajar sains khususnya kimia.

3. Dalam e-LKPD berbasis PBL yang menggunakan simulasi PhET, terdapat komponen-komponen seperti halaman sampul, kata pengantar, kemampuan dan tujuan pembelajaran, penggunaan dan kegiatan pembelajaran dengan bahan ajar, tautan simulasi PhET, video, soal evaluasi, serta referensi yang dapat diakses secara daring melalui laptop atau perangkat seluler.
4. Struktur kegiatan dalam e-LKPD disusun mengikuti sintaks PBL yang meliputi lima tahapan utama. Tahap pertama, orientasi terhadap masalah, menyajikan fenomena kontekstual terkait materi asam basa sebagai pemicu identifikasi permasalahan. Tahap kedua, pengorganisasian peserta didik, memuat arahan kegiatan untuk merumuskan masalah dan hipotesis awal. Tahap ketiga, penyelidikan, memfasilitasi eksplorasi konsep melalui aktivitas investigasi yang terintegrasi dengan simulasi PhET untuk mengamati hubungan antar konsep. Tahap keempat, pengembangan dan penyajian hasil, mengarahkan peserta didik menganalisis data serta menyusun kesimpulan. Tahap kelima, analisis dan evaluasi, memuat kegiatan refleksi untuk meninjau kembali proses pemecahan masalah dan memperkuat pemahaman konsep.

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian mengenai pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik (e-LKPD), yang didasarkan pada PBL dan menggunakan simulasi PhET pada materi asam basa, dapat diterapkan baik secara teoritis maupun praktis:

1. Bagi Guru

Diharapkan temuan penelitian ini dapat menjadi alat bantu pengajaran yang inovatif bagi para guru dalam mengajarkan kimia, khususnya pada materi asam basa. E-LKPD, yang didasarkan pada pembelajaran berbasis masalah dan menggunakan simulasi PhET, dapat membantu para guru memfasilitasi kegiatan pembelajaran yang lebih terstruktur dan interaktif.

2. Bagi Peserta Didik

Penelitian ini diharapkan dapat membantu peserta didik dalam memahami konsep asam basa melalui aktivitas pembelajaran yang lebih eksploratif dan sistematis. Penggunaan e-LKPD yang terintegrasi dengan simulasi PhET memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengamati fenomena kimia secara visual dan melakukan eksplorasi konsep secara lebih mendalam.

3. Bagi Peneliti Lainnya

Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi panduan bagi para peneliti di masa mendatang dalam mengembangkan bahan ajar, khususnya e-LKPD, yang didasarkan pada PBL dan simulasi PhET mengenai topik asam basa atau topik terkait.

F. Asumsi dan Keterbatasan Penelitian

1. Asumsi Pengembangan

Pengembangan produk e-LKPD dalam penelitian ini didasarkan pada beberapa asumsi dasar. Asumsi-asumsi ini merujuk pada kondisi-kondisi esensial yang dianggap telah terpenuhi di lingkungan sekolah, sehingga produk yang

dihasilkan dapat diimplementasikan secara efektif dan diakses oleh pengguna.

Asumsi-asumsi tersebut meliputi:

- a. Setiap peserta didik dan guru mampu mengoperasikan laptop dan gawai.
- b. Pihak sekolah memberikan izin kepada peserta didik membawa gawai disekolah untuk memenuhi tujuan pembelajaran.
- c. Bahan ajar e-LKPD yang telah dikembangkan, bisa diakses oleh peserta didik dan guru dengan menggunakan gawai, laptop maupun komputer.
- d. Guru dan peserta didik telah menerakan metode pembelajaran berbasis *problem based learning* dalam pembelajaran.

2. Keterbatasan Pengembangan

Untuk memastikan penelitian pengembangan ini dapat dilaksanakan secara terfokus, mendalam, dan terkelola dengan baik, peneliti menetapkan beberapa batasan penelitian. Batasan-batasan berikut ini dimaksudkan untuk menjelaskan dengan lebih jelas ruang lingkup penelitian, baik dari segi produk akhir yang dihasilkan, cakupan isi materi yang dibahas, maupun tempat di mana pengujian dilakukan. Adapun batasan-batasan tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Produk akhir yang dihasilkan dari penelitian pengembangan ini berupa e-LKPD interaktif berbasis PBL berbantuan simulasi PhET yang didesain agar dapat diakses oleh peserta didik secara daring.
- b. Pengembangan e-LKPD berbasis PBL berbantuan simulasi PhET hanya terbatas pada materi asam basa dan konteks yang dikembangkan.
- c. Praktikalitas penelitian ini dilaksanakan dengan terbatas, yakni hanya di satu Sekolah Menengah Atas yang berada di kota Tanjungpinang.

- d. Penelitian ini hanya sampai tahap implementasi, yaitu untuk menguji kevalidan dan kepraktisan produk.

G. Definisi Operasional

Adapun definisi terhadap istilah yang digunakan dalam penelitian pengembangan ini, diberikan penjelasan sebagai berikut:

1. Lembar Kerja Peserta Didik elektronik (e-LKPD) dalam penelitian ini didefinisikan sebagai bahan ajar elektronik interaktif yang disusun untuk memfasilitasi peserta didik dalam melakukan kegiatan belajar mandiri maupun kelompok secara sistematis melalui perangkat digital. E-LKPD ini dirancang dengan mengintegrasikan tahapan-tahapan berdasarkan teori Arends (2012). Setiap tahapan PBL diwujudkan dalam bentuk aktivitas interaktif, seperti pengamatan virtual, analisis data, kolaborasi kelompok, dan penyusunan solusi, sehingga e-LKPD tidak hanya berfungsi sebagai sumber belajar, tetapi juga sebagai sarana pemecahan masalah dan motivasi belajar (Mairani *et al.*, 2022).
2. *Problem Based Learning* (PBL) dalam penelitian ini adalah model pembelajaran yang memulai proses belajar melalui masalah nyata dan memandu peserta didik menyelesaikannya melalui lima tahap, berikut ini: (1) orientasi masalah, yaitu penyajian fenomena nyata sebagai pemicu belajar; (2) mengorganisasi peserta didik, berupa pembagian kelompok dan pemberian arahan terhadap tugas; (3) membimbing penyelidikan, melalui eksplorasi informasi, analisis data, dan penggunaan simulasi PhET; (4) mengembangkan serta mempresentasikan solusi, yaitu penyusunan jawaban

dalam e-LKPD berdasarkan hasil penyelidikan; dan (5) melakukan evaluasi, berupa refleksi terhadap proses pemecahan masalah dan kualitas solusi yang dihasilkan (Arends, 2012).

3. Simulasi PhET adalah sebuah program edukasi daring yang dapat diakses secara bebas dan dirancang sebagai laboratorium virtual. Media simulasi PhET yang digunakan dalam penelitian ini hanya terbatas pada *Acid-Base Solutions* dan *pH Scale*. Program ini menyediakan serangkaian simulasi yang memungkinkan pengguna untuk bereksperimen secara virtual dan memberikan pengalaman seperti praktik di laboratorium. Tujuan utama dari desain ini adalah untuk menyederhanakan materi yang kompleks dan membuat proses pembelajaran menjadi lebih menarik (Marbun *et al.*, 2022).
4. Materi asam basa merupakan dua kelompok zat kimia yang memiliki peranan penting dalam berbagai reaksi dan fenomena alam. Materi asam basa dibatasi pada materi teori-teori asam basa, kekuatan asam basa dan indikator asam basa yang diadopsi dari buku (Haryono, 2019). Secara umum, asam adalah zat yang dapat melepaskan ion hidrogen (H^+), sedangkan basa adalah zat yang dapat menerima ion yang sama atau melepaskan ion hidroksida (OH^-). Menurut teori Arrhenius, ketika dilarutkan dalam air, asam menghasilkan ion H^+ sedangkan basa menghasilkan ion OH^- . Gagasan ini diperkuat oleh teori Bronsted-Lowry, yang menyatakan bahwa asam berfungsi sebagai donor proton, sedangkan basa berfungsi sebagai akseptor proton. Akibatnya, definisinya tidak terbatas pada larutan berair. Dalam pengertian yang lebih

luas, teori Lewis menjelaskan bahwa asam adalah penerima pasangan elektron dan basa adalah penyumbang pasangan elektron.

