

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pendidikan merupakan salah satu aspek penting dalam mendukung pembangunan berkelanjutan, sebagaimana tertuang dalam *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang dicanangkan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB). Salah satu tujuan utama dalam *Sustainable Development Goals* (SDGs) adalah SDG 4, yaitu “*Quality Education*” atau pendidikan berkualitas yang menargetkan akses pendidikan inklusif, berkualitas, dan merata bagi semua. Berdasarkan data UNESCO (2023), akses terhadap pendidikan yang bermutu masih menunjukkan adanya kesenjangan, terutama pada bidang sains. Di Indonesia, hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) tahun 2022 memperlihatkan bahwa capaian skor sains siswa Indonesia berada pada angka 415, yang mengalami penurunan sebesar 21 poin dibandingkan hasil PISA tahun 2018 yang memperoleh skor 436 (Administrator, 2024). Penurunan skori ini lebih besar dibandingkan dengan penurunan rata-rata internasional yang sebesar 12 poin. Skor literasi sains Indonesia masih tergolong berada di bawah rata-rata OECD, dengan perolehan skor sebesar 396, sedangkan rata-rata OECD mencapai 489 (Kemendikbudristek, 2023). Hal ini menunjukkan perlunya perbaikan dalam strategi pembelajaran, terutama dalam mata pelajaran sains seperti kimia.

Kimia sebagai salah satu cabang ilmu pengetahuan alam memiliki peranan penting dalam mempelajari struktur, sifat, serta perubahan materi di alam semesta (Waruwu & Purba, 2022). Sebagai ilmu sentral, kimia memberikan kerangka ilmiah

untuk siswa berpikir abstrak, sehingga pembelajaran kimia berperan sebagai jembatan untuk mentransformasi konsep abstrak menjadi pengetahuan yang lebih bermakna (Allo & Pasae, 2024). Pembelajaran kimia tidak hanya bertujuan untuk membangun pemahaman siswa terhadap berbagai konsep ilmiah, tetapi juga bertujuan mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, serta sikap ilmiah. Menurut Johnstone (1991), melalui konsep *Triangle of Representation*, pembelajaran kimia sebaiknya mengintegrasikan tiga tingkat representasi, yaitu makroskopik, submikroskopik, dan simbolik, karena ketiga representasi tersebut mampu mendukung pemahaman siswa terhadap konsep-konsep abstrak dalam kimia. Penerapan integrasi ini memerlukan metode pembelajaran yang melibatkan partisipasi aktif siswa, salah satunya melalui kegiatan praktikum kimia (K. V. Sari & Ulianas, 2021).

Praktikum merupakan komponen esensial dalam pembelajaran kimia yang memfasilitasi pengembangan keterampilan proses sains, pemahaman konseptual, dan kemampuan berpikir kritis siswa. Melalui kegiatan praktikum, siswa tidak hanya mengonfirmasi teori namun dapat belajar merancang sebuah eksperimen, menganalisis data, serta memecahkan masalah secara kolaboratif (Irwanto dkk., 2017). Maisum dkk. (2024), pelaksanaan praktikum kimia memiliki efektivitas dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis serta literasi sains peserta didik. Pada umumnya, kegiatan praktikum kimia di tingkat SMA masih menerapkan pendekatan konvensional, yaitu praktikum yang menggunakan prosedur kerja serta pemakaian alat dan bahan kimia dalam jumlah relatif besar (W. Redhana & Merta, 2017). Ketersediaan peralatan di laboratorium kimia, seperti buret, pipet, dan erlenmeyer pada beberapa jenis percobaan, menjadi faktor penting dalam

mendukung keberhasilan pelaksanaan praktikum. Selain ketersediannya, aspek pemeliharaan dan penyimpanan peralatan laboratorium juga perlu diperhatikan guna menjamin kelancaran percobaan, sehingga peserta didik dapat melakukan pengukuran secara presisi dan memperoleh data yang akurat (Jufriyah dkk., 2019).

Salah satu topik praktikum yang diajarkan pada siswa SMA yakni titrasi asam-basa. Titrasi asam-basa menjadi eksperimen penting karena menuntut keterampilan berpikir kritis, ketelitian dalam pengukuran, serta kemampuan analisis data (R. Hidayati & Kurniawati, 2021). Kegiatan praktikum memberikan pengalaman secara langsung kepada peserta didik dalam memahami prinsip serta teknik titrasi secara tepat dan akurat. Eksperimen titrasi tidak hanya bertujuan untuk mengamati perubahan warna indikator, tetapi juga melatih keterampilan analisis data serta pemanfaatan alat laboratorium dengan tepat. Namun, pelaksanaan praktikum titrasi asam-basa di sekolah menghadapi berbagai kendala. Penelitian Junaidi dkk. (2018) yang dilakukan di SMA Kabupaten Lombok Barat menemukan bahwa guru kimia mengalami kesulitan dalam melaksanakan praktikum kimia. Kendala utama yang dihadapi meliputi kebutuhan presisi tinggi, penggunaan larutan kimia dalam volume besar, serta mahalnya harga indikator seperti fenolftalein. Biaya operasional yang tinggi juga menjadi tantangan ketika praktikum dilakukan secara berulang.

Di banyak sekolah, keterbatasan dana juga menjadi kendala utama dalam pelaksanaan praktikum kimia. Praktikum titrasi memerlukan volume larutan dan bahan kimia dalam jumlah besar apabila dilakukan secara konvensional, sehingga biaya operasionalnya menjadi tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan kegiatan praktikum kerap dilaksanakan dalam bentuk demonstrasi oleh guru maupun melalui

kerja kelompok dengan jumlah anggota yang besar, sehingga dinilai kurang optimal dalam mengembangkan keterampilan psikomotorik peserta didik (Hatika & Siregar, 2016). Pembelajaran yang berpusat pada guru dengan metode ceramah atau demonstrasi tanpa partisipasi aktif siswa dapat mengurangi efektivitas pembelajaran (Normaliani dkk., 2013). Beberapa sekolah yang melakukan praktikum dalam bentuk demonstrasi berdasarkan hasil observasi di daerah Buleleng, yakni SMA Negeri 1 Singaraja dan SMA Negeri 2 Banjar, masih melakukan praktikum dalam bentuk demonstrasi, baik dari guru maupun laboran. Pelaksanaan praktikum yang dilakukan melalui metode demonstrasi menyebabkan keterampilan praktikum peserta didik kurang berkembang, sehingga berdampak pada rendahnya kedalaman pemahaman konsep yang diperoleh peserta didik (Bestari, 2024). Menurut Modeong dkk. (2022) meskipun metode demonstrasi dapat meningkatkan hasil belajar siswa, namun keterlibatan aktif siswa dalam praktikum langsung lebih efektif. Adapun kendala lain yang dihadapi adalah terbatasnya ketersediaan bahan ajar, khususnya petunjuk praktikum maupun modul praktikum yang dapat mendukung pelaksanaan proses pembelajaran. Berdasarkan wawancara dengan salah satu guru kimia di SMA Negeri Bali Mandara, modul praktikum yang digunakan di sekolah hampir semua menggunakan metode konvensional, yakni praktikum menggunakan bahan-bahan kimia dalam skala makro. Dalam pelaksanaan praktikum kimia, terdapat tiga kategori skala penggunaan bahan kimia, yaitu skala makro, skala mini, dan skala mikro. Skala makro memanfaatkan bahan kimia dengan volume 25 mL-500 mL dan penggunaan reagen sebanyak 5-50 gram. Skala mini menggunakan volume sekitar 25 mL dengan kebutuhan reagen berkisar 1-5 gram, sedangkan skala mikro menerapkan

penggunaan volume sekitar 0,1 mL–5 mL dan reagen sebanyak 0,005–0,5 gram. Modul praktikum yang dikembangkan pada umumnya disusun oleh guru dengan menyesuaikan sarana dan prasarana yang tersedia di laboratorium sekolah. Akan tetapi, penggunaan bahan kimia dalam jumlah besar menimbulkan dampak yang cukup signifikan bagi sekolah, guru, maupun peserta didik. Kondisi tersebut disebabkan oleh keterbatasan pengadaan bahan kimia, sehingga beberapa kegiatan praktikum akhirnya dilaksanakan dalam bentuk demonstrasi. Untuk mengatasi kendala tersebut, diperlukan alternatif yang lebih efisien dan mudah diterapkan. Salah bentuk upaya yang dapat dilakukan ialah mengembangkan bahan ajar berupa modul praktikum berbasis *microscale*, yang memungkinkan penggunaan bahan dalam jumlah lebih sedikit tanpa mengurangi kualitas pembelajaran (Allanas dkk., 2023). Pendekatan tersebut tidak hanya berkontribusi dalam menekan biaya operasional, tetapi juga meningkatkan aspek keamanan serta mendukung pelaksanaan praktikum kimia yang lebih ramah lingkungan. Praktikum skala mikro dirancang berdasarkan prinsip-prinsip kimia hijau, yaitu meminimalkan penggunaan bahan kimia, memanfaatkan bahan yang lebih aman, serta mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan.

Microscale chemistry, sebagai pendekatan praktikum berskala kecil, menawarkan solusi efektif untuk mengatasi tantangan mengenai isu lingkungan yang ada. Dengan mengurangi volume penggunaan bahan kimia hingga 80-90%, sehingga metode ini lebih hemat biaya, ramah lingkungan, dan aman tanpa mengorbankan kualitas pembelajaran (Allanas dkk., 2024). Penelitian Hafiluddin dan Wahyudin (2023) menunjukkan bahwa praktikum *microscale* mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik, pemahaman konsep, dan kesadaran

terhadap lingkungan. Penelitian Listyarini dkk. (2019) juga mengungkapkan bahwa penerapan praktikum *microscale* dapat meningkatkan partisipasi siswa, pemahaman konsep kimia, serta kesadaran terhadap penerapan prinsip *green chemistry*.

Salah satu bentuk penerapan praktikum *microscale* yang terus berkembang adalah penggunaan *small-scale chemistry kit* (SSC-Kit). Perangkat ini dirancang untuk menunjang pelaksanaan eksperimen kimia dengan penggunaan bahan dalam jumlah yang lebih sedikit serta memanfaatkan peralatan yang lebih sederhana dan portabel, sehingga dapat diterapkan pada sekolah yang memiliki keterbatasan peralatan di laboratorium (Henriette & Isabelle, 2024). Penggunaan SSC-Kit memungkinkan peserta didik melaksanakan eksperimen secara mandiri dengan tingkat risiko yang lebih rendah, namun tetap memberikan pengalaman praktikum yang autentik dan interaktif. Penelitian Hidayah dkk. (2024) menunjukkan bahwa penerapan pendekatan *microscale chemistry* yang dipadukan dengan penggunaan SSC-Kit mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran kimia serta keterlibatan siswa dalam kegiatan praktikum. Muderawan dkk. (2024) melaporkan bahwa pemanfaatan *small-scale chemistry kit* dalam pelatihan guru kimia SMA di Buleleng, Bali, memberikan dampak positif terhadap penggunaan bahan kimia dalam jumlah kecil, sehingga dapat menekan biaya praktikum dan mengurangi limbah laboratorium sesuai dengan prinsip *green chemistry*.

Pengembangan modul praktikum titrasi asam-basa berbasis *microscale* dengan penggunaan SSC-Kit untuk siswa SMA menjadi urgensi untuk menjawab kebutuhan kurikulum dan konteks lokal. Modul praktikum ini tidak hanya meminimalisir penggunaan bahan kimia tetapi juga mengintegrasikan langkah-

langkah berpikir ilmiah, analisis data digital, dan refleksi dampak lingkungan sesuai prinsip Kurikulum Merdeka. Di samping efisiensi bahan, pendekatan ini juga berkontribusi dalam pengelolaan limbah laboratorium. Praktikum konvensional sering kali menghasilkan limbah kimia dalam jumlah besar yang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan apabila tidak dikelola secara tepat (Haryati & Onggo, 2016). Penggunaan modul praktikum ini berkaitan erat dengan peningkatan keterampilan praktikum siswa. Dengan memfasilitasi eksperimen langsung dalam skala kecil, siswa lebih mudah memahami konsep titrasi melalui pengalaman praktik yang lebih sering dan mandiri. Penelitian Supatmi (2022) menunjukkan bahwa praktikum berbasis *microscale* mampu meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan berpikir kritis, serta sikap ilmiah siswa dibandingkan dengan metode demonstrasi atau praktikum konvensional yang terbatas. Disamping itu, pendekatan ini juga berkontribusi dalam pengembangan keterampilan abad ke-21, seperti kreativitas, kolaborasi, komunikasi, serta kesadaran berkelanjutan (*sustainability awareness*).

Berdasarkan kajian di atas, melalui modul praktikum berbasis *microscale*, siswa diharapkan dapat mengeksplorasi konsep titrasi secara mandiri atau berkelompok di dalam laboratorium, sehingga mendukung prinsip *student-centered learning*. Pengurangan limbah kimia dari praktikum sejalan dengan upaya sekolah dalam mengimplementasikan pendidikan yang berkelanjutan dan unggul dalam kesadaran global. Dengan demikian, penulis tertarik untuk mengembangkan modul praktikum *microscale* titrasi asam-basa menggunakan *small-scale chemistry kit* untuk siswa SMA dan penelitian pengembangan ini diharapkan tidak hanya meningkatkan kualitas pembelajaran kimia, tetapi juga menjadi model praktikum

inovatif yang dapat diadopsi oleh sekolah lain dengan tantangan serupa, sehingga nantinya tujuan dari SDG 4 “*Quality Education*” dapat tercapai.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut.

- 1) Pembelajaran kimia masih belum sepenuhnya mampu mengoptimalkan keterlibatan aktif siswa dalam memahami konsep abstrak.
- 2) Kegiatan praktikum sebagai sarana penting dalam pembelajaran kimia belum dilaksanakan secara optimal dalam mengembangkan keterampilan proses sains dan keterampilan praktikum siswa.
- 3) Pelaksanaan praktikum kimia di sekolah masih didominasi oleh metode konvensional dengan penggunaan bahan kimia dalam skala besar, yang kurang efisien dari segi biaya serta berpoensi menghasilkan limbah yang berdampak terhadap lingkungan.
- 4) Keterbatasan sarana dan prasarana laboratorium, termasuk alat dan bahan kimia, menjadi kendala dalam pelaksanaan praktikum kimia di sekolah.
- 5) Praktikum titrasi asam-basa sebagai salah satu praktikum yang memerlukan ketelitian tinggi, penggunaan bahan kimia dalam jumlah besar, serta biaya operasional yang relatif tinggi, sehingga pelaksanaannya sering mengalami kendala.
- 6) Pelaksanaan praktikum yang sering dilakukan dalam bentuk demonstrasi menyebabkan rendahnya keterlibatan siswa secara langsung, sehingga keterampilan praktikum siswa kurang terlatih secara optimal.

- 7) Ketersediaan bahan ajar yang mendukung pelaksanaan praktikum berbasis *microscale* masih terbatas dan sebagian besar bahan ajar yang digunakan masih berbasis praktikum konvensional, serta penerapan pendekatan *microscale* belum optimal.

1.3. Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah diuraikan, adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1) Ketersediaan bahan ajar yang mendukung pelaksanaan praktikum berbasis *microscale* masih terbatas, dan sebagian besar bahan ajar yang digunakan di sekolah masih berbasis praktikum konvensional, sehingga penerapan pendekatan *microscale* belum optimal.
- 2) Keterbatasan bahan ajar tersebut menyebabkan pelaksanaan praktikum yang lebih efisien, aman, serta ramah lingkungan melalui pendekatan *microscale* tidak dapat diterapkan secara optimal di sekolah. Akibatnya, pemanfaatan pendekatan *microscale* dalam kegiatan praktikum kimia, khususnya pada materi titrasi asam-basa, masih belum terlaksana secara optimal. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan modul praktikum berbasis *microscale* yang dapat mendukung kegiatan praktikum siswa secara lebih efektif.
- 3) Penelitian ini menerapkan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) sebagai kerangka kerja sistematis dalam mengembangkan modul praktikum *microscale* titrasi asam-basa menggunakan *small-scale chemistry kit*.

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1) Bagaimana karakteristik dari modul praktikum *microscale* titrasi asam-basa menggunakan *small-scale chemistry kit* untuk siswa SMA?
- 2) Bagaimana kelayakan modul praktikum *microscale* titrasi asam-basa menggunakan *small-scale chemistry kit* untuk siswa SMA berdasarkan validasi ahli (validitas isi, media, dan bahasa)?
- 3) Bagaimana keterbacaan modul praktikum *microscale* titrasi asam-basa menggunakan *small-scale chemistry kit* untuk siswa SMA?
- 4) Bagaimana kepraktisan modul praktikum *microscale* titrasi asam-basa menggunakan *small-scale chemistry kit* untuk siswa SMA?
- 5) Bagaimana keefektifan modul praktikum *microscale* titrasi asam-basa menggunakan *small-scale chemistry kit* untuk siswa SMA?
- 6) Bagaimana respon siswa terhadap modul praktikum *microscale* titrasi asam-basa menggunakan *small-scale chemistry kit* untuk siswa SMA setelah melaksanakan praktikum?

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dilaksanakan pengembangan modul praktikum *microscale* titrasi asam-basa diuraikan sebagai berikut.

- 1) Mendeskripsikan dan menjelaskan karakteristik dari modul praktikum *microscale* titrasi asam-basa menggunakan *small-scale chemistry kit* untuk siswa SMA.

- 2) Mendeskripsikan dan menjelaskan kelayakan modul praktikum *microscale* titrasi asam-basa menggunakan *small-scale chemistry kit* untuk siswa SMA berdasarkan validasi ahli (validitas isi, media, dan bahasa).
- 3) Mendeskripsikan dan menjelaskan keterbacaan modul praktikum *microscale* titrasi asam-basa menggunakan *small-scale chemistry kit* untuk siswa SMA.
- 4) Mendeskripsikan dan menjelaskan kepraktisan modul praktikum *microscale* titrasi asam-basa menggunakan *small-scale chemistry kit* untuk siswa SMA.
- 5) Mendeskripsikan dan menjelaskan keefektifan modul praktikum *microscale* titrasi asam-basa menggunakan *small-scale chemistry kit* untuk siswa SMA.
- 6) Mendeskripsikan dan menjelaskan respon siswa terhadap modul praktikum *microscale* titrasi asam-basa menggunakan *small-scale chemistry kit* untuk siswa SMA setelah melaksanakan praktikum.

1.6. Manfaat Penelitian

1) Manfaat Teoritis

Secara teoritis, penelitian ini diharapkan memberikan berkontribusi terhadap pengembangan bahan ajar kimia berupa modul praktikum yang inovatif dan efektif, terutama pada materi titrasi asam-basa. Penelitian ini juga diharapkan dapat memperkaya ilmu pengetahuan tentang penerapan *microscale* dalam pembelajaran kimia untuk meningkatkan pemahaman siswa.

2) Manfaat Praktis

Manfaat praktis yang diperoleh dari penelitian ini antara lain.

a) Bagi Siswa

Hasil penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan capaian hasil belajar siswa serta menghadirkan pengalaman belajar yang lebih menarik dan bermakna melalui kegiatan praktikum *microscale*. Modul ini juga diharapkan dapat meningkatkan keterampilan psikomotorik atau keterampilan praktikum siswa.

b) Bagi Guru

Hasil penelitian ini dapat menjadi alternatif bahan ajar berupa modul praktikum yang efektif dan efisien dalam melaksanakan praktikum asam-basa. Modul ini dapat membantu guru dalam mengatasi keterbatasan biaya operasional praktikum.

c) Bagi Sekolah

Hasil penelitian ini dapat mendukung agar praktikum tetap dilaksanakan dengan dana yang memadai, sehingga visi sekolah dapat tercapai.

d) Bagi Peneliti Lain

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai rujukan serta sumber inspirasi bagi peneliti lain yang memiliki ketertarikan dalam mengembangkan modul praktikum atau bahan ajar kimi berbasis *microscale* pada materi yang berbeda. Penelitian ini juga dapat

memberikan gambaran mengenai implementasi pendekatan *microscale* dalam pembelajaran kimia di tingkat SMA/MA.

1.7. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

Produk yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki spesifikasi sebagai berikut.

1. Modul praktikum berupa modul praktikum cetak.
2. Modul praktikum menggunakan kertas A4
3. Modul praktikum berisi kegiatan praktikum titrasi asam-basa skala mikro.
4. Pada bagian prosedur kerja, digunakan volume 0,1 hingga 5 mililiter dan reagen 0,005 hingga 0,5 gram.
5. Modul praktikum menggunakan *small-scale chemistry kit* (SSC-Kit) atau alat-alat praktikum kecil titrasi.
6. Modul praktikum berisi cover, kata pengantar, daftar isi, tata tertib laboratorium, panduan keselamatan kerja, daftar lambang bahan berbahaya, daftar alat & kegunaan *small-scale chemistry kit* (SSC-Kit), pendahuluan, praktikum titrasi asam-basa, uraian materi, evaluasi, glosarium, daftar pustaka, riwayat penulis.