

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pendidikan kimia di abad ke-21 kini memegang peranan penting dalam menumbuhkan kesadaran serta tanggung jawab siswa terhadap berbagai isu lingkungan global yang kian mendesak. Melalui pembelajaran yang modern, siswa diharapkan tidak hanya menguasai teori, tetapi juga memiliki karakter peduli lingkungan yang kuat melalui pengembangan literasi lingkungan. Literasi lingkungan merupakan kompetensi multidimensional yang mencakup tiga aspek utama: *knowledge* (pengetahuan tentang sistem alam dan dampak manusia), *attitude* (sikap, nilai, dan kepedulian), serta *behavior* (kemampuan dan keterampilan untuk mengambil tindakan) (Ardoin & Bowers, 2020).

Generasi yang lebih kritis dalam memitigasi tantangan ekosistem dapat dicetak dengan mengintegrasikan aspek *knowledge*, *attitude*, serta *behavior* ke dalam kurikulum kimia. Langkah tersebut sejalan dengan pandangan bahwa literasi lingkungan merupakan keterampilan yang harus ditanamkan dalam rangka membentuk karakter manusia di abad ke-21 (Ramadhana dkk., 2022). Urgensi ini diperkuat oleh analisis bibliometrik global yang menekankan bahwa literasi lingkungan merupakan elemen kunci dalam pembangunan berkelanjutan yang memerlukan inovasi strategi pembelajaran untuk mengidentifikasi solusi atas tantangan ekosistem (Ariyatun dkk., 2024).

Urgensi pembentukan literasi lingkungan ini semakin diperkuat oleh temuan di lapangan terkait perilaku pengelolaan limbah. Berdasarkan hasil wawancara bersama guru kimia di SMAN 22 Jakarta, tingkat kepedulian lingkungan siswa saat ini masih tergolong rendah, dimana sisa aktivitas praktikum atau penggunaan bahan kimia sering kali dibuang begitu saja ke saluran air tanpa memikirkan dampak ekologisnya. Di sisi lain, siswa sebenarnya menyadari bahwa pembuangan limbah cair yang tidak dikelola dengan baik dapat memicu pencemaran air dan tanah serta membahayakan kelangsungan hidup organisme akuatik di sekitarnya. Fenomena ekologis ini menunjukkan adanya kesenjangan antara kesadaran teoritis siswa dengan

tindakan nyata (*behavior*) dalam mengolah limbah ber-pH ekstrim. Oleh karena itu, diperlukan integrasi prinsip *Green Chemistry* dan rekayasa penetralan limbah dalam pembelajaran kimia guna melatih tanggung jawab ekologis siswa secara konkret.

Tantangan pengembangan literasi lingkungan terlihat nyata dalam pembelajaran konsep asam basa yang merupakan materi kontekstual dalam kimia. Siswa seringkali menganggap materi ini abstrak dan terpisah dari konteks nyata, meskipun aplikasinya sangat luas dalam kehidupan sehari-hari (Wahyuni & Purwanto, 2020). Hambatan utama muncul pada tingkat submikroskopis, di mana siswa kesulitan mengamati secara langsung interaksi antar partikel seperti mekanisme transfer proton yang terjadi pada atom atau molekul (Suparwati, 2022). Pemahaman siswa cenderung hanya terbatas pada hafalan rumus tanpa memahami fenomena dasarnya apabila tidak didukung oleh visualisasi yang tepat (Suparwati, 2022). Siswa Generasi Z yang memiliki preferensi belajar visual dan interaktif sangat membutuhkan pengalaman imersif serta visualisasi molekul secara dinamis yang belum mampu dihadirkan oleh media konvensional seperti buku teks statis atau alat peraga laboratorium.

Kesenjangan antara teori dan praktik terlihat nyata dari hasil observasi pembelajaran dan wawancara di SMAN 22 Jakarta. Proses belajar kimia pada materi asam basa di kelas masih didominasi metode ceramah dan hafalan teks secara kaku. Kondisi ini diperkuat oleh data angket pendahuluan yang menunjukkan bahwa 65,6% siswa menilai media pembelajaran di kelas belum efektif, serta 81,25% siswa mengalami kesulitan memahami materi kimia jika hanya mengandalkan penjelasan lisan guru. Selain itu, hasil observasi menunjukkan bahwa pembelajaran belum mengaitkan materi dengan kearifan lokal seperti pembuatan jamu, serta belum melatih tanggung jawab siswa terhadap pengelolaan sisa limbah. Akibatnya, siswa kesulitan memahami relevansi kimia dan tidak mampu mengaitkan teori dengan fenomena nyata, seperti pentingnya menjaga pH netral pada air sisa pencucian produksi jamu sebelum dibuang ke lingkungan. Pendekatan yang terlalu teoritis ini

berpotensi menurunkan minat belajar dan menghambat tumbuhnya kesadaran lingkungan siswa.

Integrasi kearifan lokal melalui pendekatan etnokimia menjadi solusi yang ditawarkan untuk mengatasi kesenjangan tersebut, sekaligus menjembatani teori ilmiah dengan realitas budaya (Rahmawati dkk., 2020). Jamu tradisional gendong, seperti kunyit, temulawak, beras kencur, dan brotowali, merupakan objek etnokimia yang sangat kaya akan konsep kimia, khususnya asam basa. Senyawa alkaloid yang bersifat basa dapat dikaitkan dengan rasa pahit pada brotowali (Widiana & Sumarmin, 2016), sementara kunyit dapat berfungsi sebagai indikator alami karena perubahan warnanya terhadap rentang pH asam dan basa (Solehah, 2024).

Pembelajaran yang bermakna dapat tercipta melalui penggunaan jamu sebagai konteks pembelajaran yang tidak hanya mengonkretkan materi, tetapi juga memperkenalkan sains yang tertanam dalam praktik budaya masyarakat. Hal tersebut menjadi pijakan utama dalam pendekatan Etno-STEM, di mana aspek *science* dan kearifan lokal berkolaborasi secara sinergis. Melalui kerangka ini, siswa didorong untuk memahami konsep kimia secara mendalam sekaligus menghargai warisan budaya Nusantara yang relevan dengan prinsip keilmuan modern.

Optimalisasi pengintegrasian konteks etnokimia dapat dicapai melalui kerangka Etno-STEM, sebuah pendekatan terpadu yang mengeksplorasi kearifan lokal (*ethnoscience*) sebagai basis pengembangan kompetensi *Science, Technology, Engineering*, dan *Mathematics*. Dengan memasukkan pengetahuan lokal ke dalam pembelajaran Etno-STEM, peserta didik dapat memahami dan menerapkan sains serta matematika untuk membangun teknologi dengan mempertimbangkan kelestarian lingkungan dan aplikasi praktis dari teknologi tersebut untuk masyarakat luas (Reffiane dkk., 2020).

Efektivitas instruksional diperkuat melalui pemanfaatan instrumen digital dalam kerangka ini yang menghadirkan peluang besar untuk meningkatkan pemahaman menyeluruh melalui alat interaktif dan pengalaman mendalam (Fitri dkk., 2025). Pembelajaran asam-basa berbasis jamu menunjukkan implementasi praktis yang mengelaborasi aspek

engineering pada proses pembuatan, *technology* pada penyajian, hingga *mathematics* pada perhitungan konsentrasi. Pendekatan Etno-STEM ini secara otomatis memperkenalkan prinsip *green chemistry* yang memperkokoh dimensi *knowledge* serta *attitude* dalam literasi lingkungan siswa karena sifat jamu yang ramah lingkungan.

Implementasi Etno-STEM secara langsung di dalam kelas sering kali terbentur keterbatasan ruang, waktu, dan sumber daya, karena tidak selalu memungkinkan untuk menghadirkan seluruh tahapan pembuatan jamu tradisional secara nyata. Teknologi imersif seperti *Virtual Reality* (VR) menawarkan solusi inovatif untuk mengatasi kendala ini dengan menghadirkan pengalaman belajar yang lebih ringan namun tetap memiliki tujuan edukasi yang jelas (Arwani dkk., 2023). Kehadiran simulasi lingkungan virtual memungkinkan siswa terlibat aktif dalam proses pembelajaran tanpa harus meninggalkan lingkungan sekolah.

Siswa dapat melakukan pengamatan interaktif mulai dari proses pengolahan rimpang jamu hingga visualisasi interaksi molekul asam-basa yang bersifat mikroskopis melalui media VR. Integrasi teknologi imersif ini dalam konteks kearifan lokal merupakan bentuk etnopedagogi digital yang mampu menciptakan pengalaman belajar yang bermakna bagi pelestarian budaya dan meningkatkan keterlibatan siswa secara mendalam (Mukhlis dkk., 2026). Pengalaman visual yang mendalam tersebut sangat sesuai dengan karakteristik pembelajaran Generasi Z, sehingga mampu menjembatani teori abstrak dengan realitas budaya melalui cara yang lebih menarik dan efisien (Iqbal dkk., 2025).

Pemanfaatan VR yang imersif memerlukan dukungan media pembelajaran yang terintegrasi dengan panduan belajar terstruktur agar bermakna secara pedagogis. Penggunaan VR berisiko hanya menjadi sarana hiburan semata tanpa mencapai tujuan instruksional yang jelas apabila tidak didukung oleh kerangka media yang terarah (Kavanagh dkk., 2017). Pengintegrasian pendekatan Etno-STEM dalam media ini menjadi sangat relevan, mengingat hasil riset menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek yang mengolaborasikan kearifan lokal dan sains mampu

meningkatkan keterampilan berpikir kritis serta kreatif siswa secara signifikan (Ariyatun, 2021).

Produk yang dikembangkan dalam penelitian ini terdiri atas dua komponen utama, yaitu aplikasi media *Virtual Reality* (VR) Etno-STEM serta Buku Petunjuk Penggunaannya. Buku petunjuk tersebut berfungsi sebagai panduan terstruktur yang memuat ringkasan materi asam basa, tata cara pengoperasian kontroler, serta langkah-langkah penjelajahan di dalam ruang virtual. Pengembangan kedua komponen ini bertujuan agar proses pembelajaran berbasis Etno-STEM yang terintegrasi muatan literasi lingkungan dapat berjalan secara terarah dan sistematis saat dicoba di kelas. Urgensi dari pembuatan media ini terletak pada kebutuhan akan alat bantu ajar modern yang mampu memvisualisasikan teori kimia abstrak, sekaligus mengenalkan isu pengelolaan lingkungan secara konkret melalui simulasi digital yang aman.

Solusi pembelajaran yang komprehensif diwujudkan dalam bentuk pengembangan media yang memadukan elemen Etno-STEM secara selaras melalui kajian etnokimia pada jamu tradisional. Kebaruan dari media yang dikembangkan terletak pada penggabungan simulasi sensor digital berbasis Arduino di dalam lingkungan virtual. Fitur ini memungkinkan siswa melakukan simulasi eksperimen pengukuran pH jamu secara tepat dan interaktif layaknya di laboratorium nyata. Penelitian ini menghasilkan sebuah produk inovatif dengan judul: "Pengembangan Media Pembelajaran Etno-STEM Berbasis *Virtual Reality* Terintegrasi Muatan Literasi Lingkungan pada Materi Asam Basa". Di dalam alur cerita dan fitur media VR ini, peneliti memasukkan muatan literasi lingkungan yang mengacu pada aspek pengetahuan ekologi (*knowledge*), sikap peduli (*attitude*), dan tindakan nyata (*behavior*) sesuai referensi tervalidasi (Ariyatun dkk., 2024).

B. Fokus Penelitian

Fokus penelitian ini adalah pada pengembangan media pembelajaran berupa media elektronik yang mengintegrasikan pendekatan Etno-STEM

(*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) berbasis *Virtual Reality* (VR). Secara lebih spesifik, batasan dalam penelitian ini meliputi:

1. Ruang lingkup materi pembelajaran dibatasi pada pokok bahasan Asam Basa untuk siswa SMA/MA kelas XI yang disesuaikan dengan kurikulum yang berlaku di sekolah.
2. Konteks etnokimia yang diangkat berfokus pada kearifan lokal jamu tradisional gendong yang mencakup empat jenis jamu utama meliputi kunyit, temulawak, beras kencur, dan brotowali.
3. Produk yang dikembangkan dalam penelitian ini berupa aplikasi media *Virtual Reality* (VR) serta Buku Petunjuk Penggunaannya yang berfungsi sebagai panduan materi dan petunjuk penjelajahan ruang virtual.
4. Pengembangan *Virtual Reality* (VR) dalam penelitian ini secara khusus difokuskan pada penyusunan skrip dan *storyboard* sebagai landasan teknis untuk pengembangan aset visual oleh pihak ketiga.
5. Target capaian utama dari penelitian ini adalah penyusunan muatan literasi lingkungan yang menyatu di dalam skenario media VR, yang dinilai kualitasnya melalui uji kelayakan pakar serta angket respon kepraktisan oleh guru kimia dan siswa.
6. Prosedur pengembangan dilakukan dengan menerapkan model ADDIE yang terdiri atas tahapan *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan fokus penelitian yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil analisis kebutuhan pengembangan media pembelajaran Etno-STEM berbasis *Virtual Reality* pada materi asam basa yang terintegrasi muatan literasi lingkungan?

2. Bagaimana tingkat kelayakan atau validitas produk media pembelajaran Etno-STEM berbasis *Virtual Reality* serta *storyboard* berdasarkan penilaian para ahli?
3. Bagaimana tingkat kepraktisan produk media pembelajaran Etno-STEM berbasis *Virtual Reality* terintegrasi muatan literasi lingkungan setelah dinilai oleh guru kimia dan siswa?

D. Manfaat Penelitian

Penelitian pengembangan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata baik secara teoritis maupun praktis sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Secara teoritis, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kajian ilmiah mengenai integrasi kearifan lokal dalam pembelajaran kimia melalui pendekatan Etno-STEM. Selain itu, penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan teori pembelajaran berbasis teknologi imersif khususnya *Virtual Reality* yang terintegrasi literasi lingkungan siswa pada materi asam basa.

2. Manfaat Praktis Manfaat praktis dari penelitian ini ditujukan kepada beberapa pihak terkait, meliputi:

- a. Bagi Siswa, penelitian ini bermanfaat untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik, imersif, dan bermakna, sehingga dapat memperkaya pemahaman konsep asam basa serta menumbuhkan sikap peduli terhadap lingkungan melalui pemanfaatan jamu tradisional.
- b. Bagi Guru, hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai alternatif sumber belajar dan media pembelajaran inovatif yang mengkombinasikan unsur budaya dengan teknologi modern untuk mempermudah penyampaian materi kimia yang abstrak.
- c. Bagi Peneliti Lain, penelitian ini dapat menjadi referensi atau rujukan bagi peneliti selanjutnya yang ingin mengembangkan media pembelajaran berbasis etnokimia atau teknologi *Virtual Reality* pada topik kimia yang berbeda.

- d. Bagi Sekolah, produk yang dihasilkan dapat memperkaya fasilitas sumber belajar digital yang mendukung implementasi Kurikulum Merdeka, khususnya dalam memperkuat profil pelajar pancasila yang berwawasan lingkungan dan menghargai budaya lokal.

