

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kimia merupakan salah satu cabang ilmu IPA yang wajib dipelajari dalam kurikulum pendidikan di SMA karena pengetahuan dasar-dasarnya membantu siswa memahami bagaimana zat berinteraksi, bereaksi, dan mengalami perubahan, sehingga mereka mampu menjelaskan fenomena yang terjadi di sekitar mereka (Ünal *et al.*, 2006). Sebagai disiplin ilmu, kimia memanfaatkan beragam ide konseptual yang terhimpun dalam pengetahuan teoritis yang luas (Taber, 2019). Namun, pembelajaran kimia sering kali menjadi tantangan tersendiri karena materi disajikan melalui tiga tingkat representasi makroskopik, submikroskopik, dan simbolik yang kerap sulit untuk dihubungkan secara terpadu oleh siswa (Widiyaningsih *et al.*, 2020; Cahyana *et al.*, 2024). Kesulitan dalam mengaitkan ketiga representasi ini membuat banyak peserta didik kesulitan memahami konsep-konsep kimia dan menganggapnya sebagai mata pelajaran yang kompleks serta menantang (Grove & Bretz, 2012; Özmen, 2004; Taber, 2019). Tantangan tersebut semakin besar karena kimia mencakup konsep-konsep abstrak seperti struktur zat, reaksi kimia, dan perhitungan kimia yang belum pernah dipelajari siswa pada jenjang sebelumnya, khususnya di tingkat Sekolah Menengah (Djoa *et al.*, 2023). Selain itu, tingginya tuntutan pemahaman terhadap struktur materi yang rumit (Cardellini, 2012), keberadaan konsep-konsep abstrak yang sulit dipahami (McNaughtan *et al.*, 2020), serta pendekatan pembelajaran yang

lebih menekankan hafalan daripada pemahaman turut membuat siswa merasa bahwa kimia kurang relevan dengan kehidupan sehari-hari (Olaleye, 2012).

Di sisi lain, kimia memiliki sifat kontekstual yang dapat dibuktikan melalui eksperimen. Eksperimen berfungsi menghubungkan hukum dan aturan umum dengan pengalaman langsung, sekaligus menekankan pentingnya penerapan metode ilmiah yang memisahkan pengamatan dan penalaran secara terencana. Dengan cara ini, persepsi sederhana dapat ditingkatkan menjadi pengamatan yang lebih rinci, sehingga menghasilkan pengetahuan ilmiah yang objektif. Oleh karena itu, eksperimen merupakan sarana terbaik untuk memahami metode ilmiah, dan pemahaman terhadap kimia sangat bergantung pada praktik eksperimen untuk memastikan kebenarannya (Xakimovich *et al.*, 2024). Atas dasar inilah, pembelajaran kimia sebaiknya melibatkan kegiatan praktikum di laboratorium. Melalui aktivitas tersebut, siswa tidak hanya memperoleh keterampilan praktis dalam melakukan eksperimen, tetapi juga termotivasi untuk meningkatkan rasa ingin tahu serta minat belajar. Selain itu, kegiatan laboratorium mendorong berkembangnya kemampuan berpikir kreatif, keterampilan pemecahan masalah, serta memperdalam pemahaman siswa terhadap konsep-konsep kimia (Hofstein & Hugerat, 2021).

Materi laju reaksi dalam kimia adalah salah satu topik yang kompleks dan sering kali sulit dipahami oleh siswa, terutama karena melibatkan konsep-konsep teoritis yang tidak langsung dapat dilihat atau diuji dalam kehidupan sehari-hari. Masalah utama yang dihadapi oleh siswa adalah kurangnya pemahaman mengenai faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi, seperti

konsentrasi, temperatur, suhu, dan katalis apalagi diajarkan dengan metode-metode yang tradisional (Marzabal *et al.*, 2018). Hal ini membuat siswa kesulitan dalam memprediksi atau menjelaskan bagaimana perubahan dalam kondisi eksperimen dapat mempengaruhi laju suatu reaksi. Menurut Marzabal *et al.* (2018), pemahaman siswa tentang laju reaksi sering terhambat oleh ketidakmampuan mereka dalam menyelesaikan permasalahan. Sehingga, penggunaan metode pengajaran yang lebih interaktif, kolaboratif, berbasis teknologi serta pengalaman di laboratorium sangat diperlukan untuk mengatasi masalah ini. Hal ini sejalan dengan hasil wawancara kepada guru kimia kelas XI di SMA N 71 Jakarta yang menyebutkan bahwa dalam pembelajaran kimia terutama pada materi laju reaksi selama ini masih menggunakan cara tradisional seperti ceramah dan menggunakan power point. Ia menyadari dengan metode tersebut, kemampuan siswa dalam berpikir kritis, kreatif dan pemecahan masalah tidak dapat dikembangkan secara optimal.

Menurut OECD (2023), keterampilan abad ke-21 dikelompokkan ke dalam tiga kategori utama, yaitu menciptakan nilai baru (kemampuan mengembangkan perspektif inovatif), mendamaikan ketegangan dan dilema (kemampuan berpikir sistematis), serta mengambil tanggung jawab (meliputi pengendalian diri, efikasi diri, penguasaan diri, dan pemecahan masalah) (Çakır *et al.*, 2021). Sejalan dengan itu, ia menegaskan bahwa kemampuan memecahkan masalah menjadi syarat penting dalam proses belajar dan memahami fungsi kognitif, yang dimulai dari bagaimana anak mengenali suatu masalah hingga menemukan solusi sebagai bagian dari penyelesaiannya

(Çakır *et al.*, 2021). Dalam pembelajaran kimia, kemampuan ini memiliki peran sentral karena tidak hanya menuntut pemahaman konsep, tetapi juga melibatkan proses berpikir kompleks, eksplorasi melalui percobaan, pemecahan masalah, serta komunikasi ilmiah untuk menyampaikan hasil pengamatan dan penalaran.

Hal ini sejalan dengan pandangan *National Research Council* (USA) yang pada tahun 2012 menegaskan bahwa keterampilan abad ke-21 merupakan aspek fundamental dalam proses pembelajaran dan dibagi menjadi tiga ranah utama, yaitu interpersonal, intrapersonal, dan kognitif (Pellegrino *et al.*, 2013). Ranah kognitif mencakup keterampilan berpikir kritis, kreativitas, fungsi eksekutif, serta kemampuan pemecahan masalah (Gretter & Yadav, 2016; Papanastasiou *et al.*, 2019), di mana pemecahan masalah menjadi fondasi utama fungsi utama yang melibatkan proses merumuskan dan mengenali masalah, mencari alternatif penyelesaian, serta memilih solusi terbaik dalam situasi baru (Yu *et al.*, 2015). Pada tahap awal penguasaan pemecahan masalah dan perilaku berorientasi tujuan, memori kerja berperan krusial, sehingga menguasai keterampilan dasar ini menjadi tantangan sekaligus kebutuhan penting di masa kanak-kanak awal hingga pertengahan (Brocki *et al.*, 2004; Serino *et al.*, 2006).

Kalyuga *et al.* (2010) meneliti kemampuan memori kerja, perhatian, dan fleksibilitas anak-anak pada usia 7–9 tahun mengalami perkembangan signifikan, menjadikan periode tersebut sebagai fase penting dalam membentuk keterampilan yang mendukung perkembangan anak secara optimal. Lebih jauh, keterampilan pemecahan masalah yang fleksibel dan

dapat diterapkan lintas konteks sangatlah penting dalam sistem pendidikan modern, karena berkontribusi positif terhadap peningkatan literasi dan numerasi sejak dini. Dalam konteks pembelajaran kimia, keberhasilan siswa dalam pemecahan masalah akan membantu mereka menggunakan konsep-konsep kimia dalam kehidupan nyata, misalnya di bidang industri, lingkungan, dan kesehatan. Namun, kenyataannya banyak siswa masih kesulitan memahami konsep kimia yang abstrak, menganalisis data eksperimen, serta menghubungkan berbagai tingkat representasi kimia, sehingga berdampak pada rendahnya kemampuan mereka dalam menyelesaikan masalah dengan baik (Kurniawati *et al.*, 2023; Safitri *et al.*, 2019). Untuk itu, pemanfaatan teknologi digital yang mencakup perangkat, sistem, maupun sumber daya elektronik yang berfungsi menghasilkan, menyimpan, dan mengolah data dapat menjadi sarana penting untuk memperkaya pengalaman belajar sekaligus mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21 (Keane *et al.*, 2016; Sanabria *et al.*, 2017). Secara nasional, hasil ujian dan penelitian tentang kemampuan pemecahan masalah siswa menunjukkan bahwa banyak siswa mengalami kesulitan dalam mengatasi masalah-masalah yang memerlukan pemahaman konsep yang lebih dalam. Berdasarkan laporan OECD (2023), kemampuan pemecahan masalah siswa Indonesia cenderung lebih rendah dibandingkan dengan negara-negara lain. Indonesia berada di peringkat bawah dalam hal kemampuan matematika dan sains, dengan banyak siswa yang kesulitan dalam menyelesaikan masalah yang memerlukan penerapan konsep dan keterampilan berpikir tingkat tinggi serta belum mampu menerapkan strategi penyelesaian masalah kompleks.

Kondisi ini dipengaruhi oleh pembelajaran di kelas yang masih berorientasi pada hafalan dan prosedural, keterbatasan kompetensi pedagogis guru dalam menerapkan strategi pembelajaran berbasis masalah dan sistem penilaian yang kurang menekankan proses berpikir tingkat tinggi.

Untuk mata pelajaran kimia, misalnya, siswa sering kali kesulitan untuk memecahkan masalah secara mandiri, karena mereka belum terbiasa dengan metode pembelajaran yang menuntut mereka untuk aktif mencari solusi sendiri. Hal ini juga sejalan dengan hasil wawancara guru kimia kelas XI di SMA N 71 Jakarta yang banyak siswa yang merasa kesulitan dalam memahami konsep-konsep abstrak seperti laju reaksi, sehingga menyebabkan mereka kesulitan dalam memecahkan masalah yang berkaitan dengan topik yang sedang dipelajari. Dampaknya siswa kurang termotivasi dalam belajar di kelas hingga menurunnya prestasi belajar siswa. Dampak lebih luas lagi antara lain menurunkan kesiapan siswa menghadapi dunia kerja yang menuntut kreativitas dan pemikiran kritis, membatasi pencapaian prestasi belajar di jenjang tingkat yang lebih tinggi, memperlebar kesenjangan sosial-ekonomi, serta menghambat peningkatan daya saing pendidikan Indonesia di kancah global (OECD, 2023).

Kemandirian dalam belajar menjadi faktor penting dalam menentukan keberhasilan proses pembelajaran (Hmelo-Silver *et al.*, 2007; Yerdelen & Sungur, 2019). Istilah ini mengacu pada kemampuan individu dalam mengatur pikiran, emosi, dan perilakunya secara sadar dan terencana, serta menyesuaikannya secara sistematis berdasarkan kebutuhan, guna memengaruhi proses belajar dan meningkatkan motivasi diri (Schunk &

Ertmer, 2000). Kemandirian belajar didefinisikan sebagai proses yang berorientasi pada tujuan, dimulai dari fase perencanaan melalui pemantauan diri dan pengendalian diri hingga refleksi diri. Kemandirian belajar berfokus pada tindakan yang dapat dimulai dan dikendalikan oleh siswa saat terlibat dalam pembelajaran (Stephenson *et al.*, 2024). Kemandirian belajar dapat mendorong pembelajaran yang mendalam dan bermakna serta peningkatan signifikan dalam prestasi siswa (Vrieling *et al.*, 2010). Siswa yang memiliki kemandirian belajar mampu mengaktifkan diri dan mengarahkan diri sendiri untuk memperoleh pengetahuan dan keterampilan dengan menerapkan strategi-strategi tertentu (Nota *et al.*, 2004). Kemandirian belajar memiliki hubungan dengan keterlibatan dan prestasi siswa dalam sains khususnya kimia (Alpaslan *et al.*, 2016). Kemandirian belajar turut berperan dalam mendukung terciptanya pembelajaran kimia di era abad ke-21. Kemampuan pengaturan diri dalam belajar yang baik memungkinkan siswa untuk belajar secara mandiri, bekerja sama dengan orang lain, berpikir kritis dan kreatif, serta memiliki kecakapan dalam menyelesaikan berbagai permasalahan (Brenner, 2022).

Kemandirian belajar di kalangan siswa Indonesia merujuk pada kemampuan siswa untuk mengatur, mengontrol, dan mengambil inisiatif dalam proses belajar mereka tanpa terlalu bergantung pada arahan guru. Di Indonesia, banyak siswa yang masih mengandalkan guru dalam setiap langkah pembelajaran dan kurang memiliki motivasi untuk belajar secara mandiri (Riyanti *et al.*, 2021). Hal ini terkait dengan rendahnya tingkat literasi dan kebiasaan belajar yang baik, yang diungkapkan dalam laporan PISA 2022

(OECD, 2023). Jika kemandirian belajar tinggi, siswa cenderung memiliki motivasi yang lebih kuat, disiplin dalam belajar, kemampuan mengatur waktu dan strategi belajar sendiri, serta prestasi akademik yang lebih baik (Maghfirin *et al.*, 2021). Sebaliknya, jika kemandirian rendah, siswa menjadi kurang aktif cenderung pasif, selalu mengandalkan guru, memiliki motivasi rendah, kesulitan belajar mandiri yang berdampak buruk pada minat belajar, hasil belajar, dan kemampuan menghadapi pembelajaran yang menuntut inisiatif dan adaptasi tinggi (Saputra *et al.*, 2023).

Perkembangan teknologi memberikan dampak besar terhadap transformasi masyarakat modern, terutama dalam ranah pendidikan (Erwis *et al.*, 2024). Inovasi teknologi telah merevolusi proses pembelajaran dan pengajaran, mulai dari pemanfaatan komputer dalam kegiatan belajar mengajar hingga penggunaan perangkat teknologi mutakhir dan platform pembelajaran daring (Aceto *et al.*, 2019). Kemajuan teknologi yang pesat berdampak pada bidang pendidikan (Kennedy *et al.*, 2008; Navarro-Martinez *et al.*, 2022; Yuen *et al.*, 2011). Penggunaan teknologi dalam pendidikan kimia telah menjadi bagian penting dari proses pembelajaran dan menunjukkan perkembangan yang cepat dan inovatif (Okoye *et al.*, 2021). *Augmented reality* (AR), *virtual reality* (VR) dan *artificial intelligence* (AI) merupakan dua inovasi teknologi terkini yang berperan penting dalam meningkatkan kualitas sistem pendidikan (Al-Ansi *et al.*, 2023).

Media AR merupakan salah satu media pembelajaran interaktif yang memiliki potensi besar dalam memperkaya pengalaman belajar siswa (Santosa *et al.*, 2021). Teknologi ini bekerja dengan mengintegrasikan objek

virtual ke dalam dunia nyata, sehingga menciptakan interaksi yang lebih imersif dan menarik serta memungkinkan siswa menghubungkan apa yang mereka lihat dengan pengetahuan yang telah dimiliki sebelumnya (Lai *et al.*, 2019). Dengan bantuan kamera pada perangkat mobile dan aplikasi khusus, lingkungan sekitar siswa dapat diperkaya dengan informasi digital tambahan berupa animasi atau visualisasi yang menampilkan objek nyata dan virtual secara bersamaan (İbili, 2019; Alsubaie, 2022). Melalui cara ini, AR mampu menyajikan informasi kompleks menjadi lebih sederhana dan mudah dipahami, bahkan memungkinkan siswa mengamati fenomena yang tidak dapat dilihat secara langsung (Sahin *et al.*, 2020). Potensi inilah yang menjadikan AR sebagai alat efektif untuk memberikan pengalaman belajar mendalam, membantu siswa mengatasi kesulitan dalam pembelajaran kimia multirepresentasional (Belford *et al.*, 2019) serta menciptakan suasana belajar yang lebih menarik, dinamis, dan aplikatif sehingga siswa lebih mudah memahami konsep sekaligus termotivasi untuk aktif di kelas (Erwis *et al.*, 2024; Rita *et al.*, 2024).

Sejumlah penelitian mendukung efektivitas AR dalam pembelajaran. Sahin dan Yilmaz (2020) menemukan bahwa penggunaan AR dapat meningkatkan prestasi akademik sekaligus menumbuhkan sikap positif terhadap pembelajaran sains, di mana siswa merasa lebih senang dan antusias. Temuan Abdullah *et al.* (2022) juga menunjukkan bahwa AR berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar, minat, dan keterampilan proses sains. Hal serupa dilaporkan Yen *et al.* (2013) yang menegaskan bahwa pembelajaran dengan AR meningkatkan efektivitas belajar, terlihat dari peningkatan kinerja

siswa dan motivasi yang lebih tinggi. Câmara Olim *et al.* (2024) bahkan mencatat peningkatan capaian pembelajaran kimia serta pengaruh positif yang lebih besar pada siswa berusia 11–13 tahun. Sejalan dengan itu, Zholaushievna *et al.* (2022) menyimpulkan bahwa pelatihan penggunaan AR dapat memperkuat literasi informasi, mengembangkan imajinasi kreatif, serta melatih kemampuan algoritmik dan spasial siswa. Hasil rekomendasi penelitian yang dilakukan oleh Koumpouros (2024) bahwa perlu adanya pemanfaatan keunggulan AR guna mendorong pembelajaran aktif, keterampilan pemecahan masalah, kerja sama, serta kemampuan berpikir kritis. Sedangkan kesimpulan penelitian Hui *et al.* (2024) bahwa penelitian penggunaan media pembelajaran AR dengan berbagai strategi pembelajaran dan pendekatan pemecahan masalah dapat menumbuhkan keterampilan penting yang dibutuhkan generasi abad ke-21.

Oleh karena itu pemanfaatan media AR sangat diperlukan dalam pembelajaran di kelas terutama pada mata pelajaran kimia yang memerlukan pemodelan dalam bentuk visualisasi yang lebih konkret agar dapat mudah dipahami oleh siswa (Hsiao *et al.*, 2012). Hal ini mengurangi kesulitan siswa dalam memahami fenomena yang terjadi pada tingkat mikroskopis (Yen *et al.*, 2013). Media AR memungkinkan siswa untuk melihat molekul-molekul reaktan bertemu dan bereaksi dalam ruang tiga dimensi, sehingga dapat meningkatkan keterlibatan siswa dengan menyediakan pengalaman belajar yang lebih interaktif, dapat meningkatkan motivasi dan minat mereka dalam belajar dan dampaknya mendorong proses belajar yang lebih efektif.

Media VR merupakan teknologi yang menghadirkan lingkungan tiga dimensi (3D) yang dihasilkan komputer untuk mensimulasikan atau mereplikasi aspek-aspek dunia fisik, sehingga pengguna dapat berinteraksi dengan lingkungan virtual yang realistis dan imersif seolah-olah berada di dunia nyata (Fitria, 2023; Makransky *et al.*, 2018; Smith, 2015). Teknologi ini diakses melalui perangkat tambahan berupa *headset* atau *head-mounted display* (HMD), desktop, maupun *cave automatic virtual environment* (CAVE), yaitu ruangan berbentuk kubus dengan dinding-dinding yang berfungsi sebagai layar proyeksi (Manjrekar *et al.*, 2014). Sistem VR ini dikenal mampu memberikan tingkat imersi lebih tinggi dibandingkan desktop (Cummings *et al.*, 2016), karena menyajikan kombinasi visual dan audio yang menciptakan pengalaman multiproyeksi berbasis 3D (Gutiérrez *et al.*, 2017; Anatasya *et al.*, 2024). Dengan prinsip ini, VR tidak hanya membantu siswa memahami konsep abstrak secara lebih konkret melalui visualisasi dan simulasi, tetapi juga membuat proses pembelajaran lebih interaktif, mendalam, dan berpusat pada siswa (Price *et al.*, 2013; Sulisworo *et al.*, 2024).

Kehadiran VR sangat bermanfaat untuk mendukung praktikum yang sulit dilakukan secara langsung akibat keterbatasan laboratorium, alat, bahan, maupun faktor keselamatan, sehingga menjadi alternatif pembelajaran yang selaras dengan pengembangan keterampilan abad ke-21, termasuk kemampuan 4C yang dipadukan dengan nilai kearifan lokal (Anatasya *et al.*, 2024). Media VR bahkan semakin banyak digunakan di kelas karena potensinya dalam meningkatkan motivasi, pembelajaran aktif, berpikir

reflektif, serta memberikan pengalaman belajar autentik yang sejalan dengan tujuan pembangunan berkelanjutan, yaitu pendidikan inklusif dan berkualitas (Araiza-Alba *et al.*, 2022; Hu Au *et al.*, 2017; O. A. Meyer *et al.*, 2019; Sakdiah *et al.*, 2024). Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa penerapan VR mampu meningkatkan literasi STEM, pemahaman konsep sains, dan capaian kognitif siswa, sekaligus menumbuhkan sikap positif serta antusiasme dalam belajar (Cámara Olim *et al.*, 2024; Widiyatmoko *et al.*, 2023; Wulandari *et al.*, 2022). Dengan demikian, VR berperan penting sebagai media pembelajaran inovatif yang mampu mengubah pengalaman belajar menjadi lebih menarik, dinamis, dan bermakna. Dari hasil penelitian Araiza-Alba *et al.* (2021) secara umum, media VR dapat dipandang sebagai media yang efektif untuk mendukung pembelajaran dan melatih keterampilan pemecahan masalah. Hal ini dimungkinkan karena teknologi ini mampu merangsang indera pengguna serta menghadirkan informasi secara lebih nyata. Dalam konteks pembelajaran, VR menyediakan kerangka acuan yang luas sekaligus membantu meringankan beban kognitif anak, sehingga mereka memiliki kesempatan yang lebih besar untuk memahami serta mengingat materi yang dipelajari dibandingkan melalui metode lain. Dengan demikian, VR tidak hanya berfungsi untuk menarik perhatian dan meningkatkan motivasi pengguna, tetapi juga mendukung proses kognitif serta alih pengetahuan secara lebih optimal.

Artificial Intelligence (AI) dalam pembelajaran menawarkan potensi besar untuk meningkatkan kualitas, efisiensi, dan kedalaman pemahaman konsep siswa. AI dalam pembelajaran kimia memiliki potensi besar untuk

meningkatkan kualitas, efisiensi, dan pemahaman konsep siswa melalui pembelajaran yang lebih personal, interaktif, dan adaptif. AI memungkinkan penyajian materi kimia sesuai kemampuan individu, membantu visualisasi konsep abstrak melalui simulasi interaktif, serta memprediksi sifat kimia dan pengembangan molekul baru secara akurat (Akbar & Djakariah, 2024). Selain itu, penerapan AI terbukti mampu meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa melalui media pembelajaran yang dinamis dan menantang, sekaligus mendukung strategi pembelajaran berdiferensiasi dengan menyesuaikan materi, metode, dan hasil belajar berdasarkan kebutuhan masing-masing siswa.

Integrasi teknologi VR dengan AI dalam pembelajaran terbukti memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan kualitas proses belajar, khususnya dalam bidang pelatihan klinis (Anthamatten & Holt, 2024). Menurut Anthamatten dan Holt (2024), AI berperan penting dalam memfasilitasi latihan keterampilan klinis utama selama simulasi virtual, memungkinkan mahasiswa untuk menerapkan pengetahuan, berlatih keterampilan penting, dan mengembangkan penalaran klinis dengan tingkat realisme yang tinggi.

Oleh karena itu pemanfaatan media VR terintegrasi AI dapat menciptakan simulasi yang memungkinkan siswa untuk berinteraksi langsung dengan konsep-konsep yang sulit dipahami secara visual (Hsiao *et al.*, 2012). Media VR-AI dapat mengantar siswa ke dalam dunia simulasi eksperimen yang sulit atau tidak dapat dilakukan di laboratorium fisik (Jeremy, 2018). Sehingga dapat meningkatkan keterlibatan siswa dengan menyediakan

pengalaman belajar yang lebih interaktif, dapat meningkatkan motivasi dan minat mereka dalam belajar dan dampaknya mendorong proses belajar yang lebih efektif (Adolf *et al.*, 2019).

Penggunaan AR dan VR-AI dalam pendidikan sains dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa, karena mereka dapat menguji hipotesis mereka dalam lingkungan virtual yang aman dan terkendali. Penggunaan media AR dan VR-AI dalam pembelajaran dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa dengan memberikan mereka kesempatan untuk berinteraksi dengan objek dan fenomena yang biasanya tidak dapat dilihat atau diuji secara langsung. Penggunaan media AR dan VR-AI dalam pembelajaran kimia telah menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa, terutama dalam materi yang bersifat abstrak dan kompleks.

Pada media AR, siswa dapat melihat dan mengakses reaksi kimia dalam ruang tiga dimensi, memungkinkan mereka untuk mengamati hubungan antara berbagai faktor yang memengaruhi laju reaksi secara langsung dan media VR-AI memungkinkan siswa melakukan eksperimen virtual faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi tanpa harus ke laboratorium fisik karena keterbatasan fasilitas atau waktu. Namun, hingga saat ini, pemanfaatan media AR dan VR dalam pembelajaran secara khusus dalam mengembangkan kemampuan pemecahan masalah pada siswa masih belum banyak diteliti secara mendalam (Araiza-Alba *et al.*, 2021). Menurut (Zekeik *et al.*, 2025) dalam perspektif jangka panjang, AR dan VR memiliki kemampuan untuk merevolusi proses pembelajaran maupun manajemen institusi, sekaligus

memperkuat keterampilan berpikir kritis, kemampuan pemecahan masalah, serta semangat pembelajaran sepanjang hayat. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan media AR dan VR-AI serta pengaruhnya terhadap kemampuan pemecahan masalah pada siswa khususnya pada materi laju reaksi.

B. Identifikasi Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi permasalahan sebagai berikut:

1. Siswa mengalami kesulitan mempelajari konsep kimia yang bersifat abstrak
2. Kemampuan siswa dalam pemecahan masalah dalam pembelajaran kimia masih rendah
3. Pemanfaatan teknologi digital dalam pembelajaran kimia di sekolah yang masih belum maksimal
4. Pemanfaatan gabungan teknologi AR dan VR-AI sebagai media pembelajaran di sekolah masih terbatas dalam upaya meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada mata pelajaran kimia, khususnya jika dilihat dari aspek kemandirian belajar siswa.

C. Pembatasan Masalah

Dari identifikasi masalah di atas, ruang lingkup masalah dalam penelitian ini dibatasi pada:

1. Media yang dikembangkan berfokus pada media AR dan VR terintegrasi AI
2. Materi Kimia dibatasi pada bab laju reaksi
3. Variabel terikat yang diukur pada penelitian ini adalah kemampuan pemecahan masalah dan variabel bebasnya adalah penggunaan media dan kemandirian belajar.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang sebelumnya, penelitian ini merumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengembangan media AR dan VR terintegrasi AI yang layak dan baik untuk digunakan dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada materi laju reaksi?
2. Apakah terdapat perbedaan kemampuan pemecahan masalah siswa yang diberi pembelajaran berbantuan media pembelajaran AR dan VR terintegrasi AI dengan siswa yang diberi pembelajaran konvensional pada materi laju reaksi?
3. Apakah terdapat pengaruh interaksi antara media pembelajaran AR dan VR terintegrasi AI serta kemandirian belajar terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa pada materi laju reaksi?

4. Apakah terdapat perbedaan kemampuan pemecahan masalah siswa yang diberikan media pembelajaran dengan AR dan VR terintegrasi AI dengan siswa yang diberikan media pembelajaran konvensional pada kelompok siswa yang memiliki kemandirian belajar tinggi pada materi laju reaksi?
5. Apakah terdapat perbedaan kemampuan pemecahan masalah siswa yang diberikan media pembelajaran dengan AR dan VR terintegrasi AI dengan siswa yang diberikan media pembelajaran konvensional pada kelompok siswa yang memiliki kemandirian belajar rendah pada materi laju reaksi?

E. Tujuan Umum Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media AR dan VR terintegrasi AI serta pengaruhnya terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa ditinjau dari kemandirian belajar.

F. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik dalam konteks akademis maupun praktis, sebagai berikut:

1. Konteks Akademis
 - a) Dapat digunakan sebagai referensi dan media pembelajaran untuk kemajuan dalam studi yang akan datang.

2. Konteks Praktis

- a) Menjadi media pembelajaran yang beragam, kreatif dan inovatif dengan memanfaatkan media AR dan VR terintegrasi AI.
- b) Dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada mata pelajaran kimia.
- c) Sebagai peningkatan kualitas pembelajaran dengan pemanfaatan teknologi digital guna mendukung kemampuan abad 21.

