

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pendidikan merupakan fondasi utama dalam membentuk kualitas sumber daya manusia yang mampu menghadapi tantangan kehidupan di era modern. Melalui pendidikan, individu tidak hanya dibekali dengan pengetahuan dan keterampilan, tetapi juga kemampuan berpikir yang mendalam dan reflektif. Salah satu kemampuan berpikir yang sangat penting untuk dikembangkan dalam proses pembelajaran adalah *critical reasoning* atau penalaran kritis. *Reasoning* (bernalarnya) merupakan proses berpikir logis yang digunakan untuk menarik kesimpulan dari informasi yang tersedia, berbeda dengan *thinking* (berpikir) yang mencakup berbagai aktivitas mental seperti mengingat dan membayangkan, bernalar bersifat lebih spesifik karena menuntut keteraturan logika dan kesimpulan (Otto., 2021). Dari proses penalaran yang mendalam ini berkembang konsep *critical reasoning*, yaitu kemampuan mengevaluasi argumen, mengidentifikasi asumsi, menguji validitas logika, serta menilai kekuatan dan kelemahan bukti. Dalam konteks pendidikan, kemampuan ini sangat penting karena memungkinkan murid memahami konsep kompleks secara reflektif dan aktif terlibat dalam pembelajaran (Noriyana *et al.*, 2024 ; Kurniawaty *et al.*, 2022).

Menurut Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan (BSKAP) tahun 2022, murid yang memiliki kemampuan *critical reasoning* mampu memproses informasi kualitatif maupun kuantitatif secara objektif,

menghubungkan berbagai informasi, serta menarik kesimpulan secara logis. Elemen-elemen kemampuan ini mencakup memperoleh dan mengolah informasi, mengevaluasi penalaran, serta merefleksikan proses berpikir dalam pengambilan keputusan. Di era abad ke-21, kemampuan *critical reasoning* menjadi krusial untuk menghadapi permasalahan kompleks secara rasional dan terbuka terhadap berbagai pendekatan atau gagasan baru (Ekawati *et al.*, 2024; Febliza *et al.*, 2023; Suhirman & Prayogi, 2023). Kemampuan *critical reasoning* sangat penting dalam mendukung perkembangan murid agar murid siap menghadapi berbagai tantangan kehidupan (Nunn *et al.*, 2016; Chen *et al.*, 2021; Rahayu *et al.*, 2023). Faktanya, kemampuan *critical reasoning* murid Indonesia masih tergolong rendah. Hal ini tercermin dalam hasil *Programme for International Student Assessment (PISA)* 2022 yang menempatkan Indonesia pada peringkat ke-59 dari 81 negara dalam literasi membaca, ke-67 dalam numerasi, dan ke-65 dalam sains (OECD, 2023).

Dalam kerangka PISA, *critical reasoning* tercermin melalui indikator kemampuan menganalisis dan mengevaluasi informasi, menafsirkan data, menarik kesimpulan berbasis bukti, serta memecahkan masalah kontekstual. Namun, mayoritas murid Indonesia masih berada di bawah Level 2, yaitu ambang batas minimum kompetensi yang menunjukkan bahwa murid belum mampu menggunakan penalaran logis untuk memahami permasalahan nyata dan mengambil keputusan yang tepat (Susanto *et al.*, 2024). Murid pada level ini dikategorikan sebagai *low performers* karena keterbatasannya dalam mengevaluasi argumen, mengintegrasikan informasi dari berbagai sumber, serta menyelesaikan masalah berbasis data kemampuan yang merupakan inti dari *critical reasoning* dan

sangat dibutuhkan dalam menghadapi tantangan abad ke-21 (Schleicher, 2023; Zubaidah, 2019).

Berdasarkan hasil studi pendahuluan pada 8 guru SMA/K di Kabupaten Buleleng melalui angket *google form*, diperoleh beberapa temuan awal. Sebanyak 62,5% guru menyatakan bahwa murid sudah mampu mengumpulkan informasi dari berbagai sumber dan menyusunnya menjadi gagasan. Namun, mereka belum mampu memberikan alasan logis berdasarkan gagasan yang telah disusun. Selain itu, 75% murid belum menunjukkan kemampuan mempertimbangkan berbagai sudut pandang sebelum menarik kesimpulan terhadap suatu masalah. Hal ini didukung oleh berbagai penelitian dari studi literatur yang menunjukkan bahwa kemampuan ini masih tergolong rendah yang ditandai oleh lemahnya kemampuan analisis, pemecahan masalah, dan penalaran murid yang disebabkan oleh pembelajaran yang masih berpusat pada guru, kurang melibatkan keaktifan murid, tidak berbasis pada model pembelajaran yang sistematis, serta minimnya penggunaan isu kontekstual dan alat ukur, sehingga murid belum terlatih mengevaluasi informasi dari berbagai perspektif (Rohmani, *et al.*, 2020; Rahmawati *et al.*, 2022; Yokhebed *et al.*, 2024).

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan adanya permasalahan mendesak dalam dunia pendidikan Indonesia, khususnya terkait rendahnya kemampuan *critical reasoning* murid. Untuk menjawab tantangan ini, dibutuhkan inovasi pembelajaran yang mampu merangsang kemampuan *critical reasoning*. Di sisi lain abad ke-21 yang ditandai oleh globalisasi dan pesatnya perkembangan teknologi informasi, pendidikan juga dituntut untuk bertransformasi, salah satunya melalui penerapan strategi pembelajaran interaktif. Pembelajaran interaktif yang

mendorong interaksi aktif dalam mencapai tujuan pembelajaran (Tarigan & Siagian, 2015).

Hasil observasi awal yang dilakukan di SMA Candimas Pancasari pada Fase E, ditemukan beberapa permasalahan dalam proses pembelajaran biologi. Pemanfaatan teknologi dalam proses pembelajaran masih belum optimal, hal ini bisa dilihat dari proses pembelajaran yang dilakukan, dari 90 menit pembelajaran hanya 27% yang memanfaatkan teknologi berupa *PowerPoint* yang kurang interaktif yaitu masih berupa teks dan gambar yang kurang menarik antusias murid. Selain *PowerPoint*, teknologi juga hanya digunakan untuk *googling* atau sekedar mencari jawaban di internet. Padahal, adaptasi teknologi dalam ruang-ruang pembelajaran menjadi sebuah keharusan dalam menghadapi perubahan di era globalisasi pada abad 21 (Effendi & Wahidy, 2019). Di samping itu, guru juga belum menggunakan bahan ajar yang variatif. Bahan ajar yang digunakan adalah buku-buku pegangan yang disusun oleh Kemendikbudristek. Buku pegangan murid yang berbentuk cetak tersebut memiliki keterbatasan dalam penyajian materi, sehingga keterbatasan media cetak ini membuka peluang untuk pengintegrasian bahan ajar dengan teknologi.

Dari paparan sebelumnya maka diperlukan bahan ajar yang tepat yakni bahan ajar yang efektif dalam mentransfer materi dan efisien dalam meningkatkan pemahaman murid secara optimal. Bahan ajar interaktif memungkinkan pengguna untuk berinteraksi langsung dengan materi dan memperoleh umpan balik atas informasi yang disajikan (Wati, 2021). Bahan ajar dikategorikan interaktif apabila mampu merespons tindakan pengguna dan memuat elemen-elemen seperti teks, gambar, video, ilustrasi, serta soal-soal yang memperjelas konsep pembelajaran.

Tujuan utama dari bahan ajar interaktif adalah untuk meningkatkan mendorong partisipasi aktif murid selama proses pembelajaran berlangsung. Salah satu bentuk bahan ajar interaktif adalah e-modul interaktif, yaitu bahan ajar digital yang memadukan berbagai elemen visual dan multimedia seperti teks, grafis, gambar, serta video dalam satu kemasan menarik.

Penelitian oleh Hossain (2023), menekankan bahwa sistem multimedia interaktif telah merevolusi lanskap pendidikan dengan menyediakan pengalaman belajar yang menarik. Sejalan dengan itu penelitian oleh Nurhikmah, *et al* (2021) menunjukkan bahwa pengembangan e-modul interaktif dalam pembelajaran multimedia efektif dalam meningkatkan hasil belajar murid. Selain itu, Frazee, *et al* (2023) menyatakan bahwa modul *e-learning* multimedia memungkinkan murid memperoleh pengetahuan dalam format yang efisien, layak, dan menarik, serta meningkatkan penerapan dalam praktik. Aulia, *et al* (2023) juga menemukan bahwa penggunaan bahan ajar interaktif dapat meningkatkan keterlibatan murid dan pencapaian akademik mereka.

Beberapa penelitian sebelumnya juga telah mengembangkan e-modul dan menunjukkan hasil positif terhadap hasil belajar maupun literasi sains murid. Penelitian Aritonang, *et al* (2024), mengembangkan e-modul berbantuan *flipbook maker* berbasis Jelajah Alam Sekitar (JAS) pada materi perubahan lingkungan dan menemukan peningkatan signifikan dalam hasil belajar murid kelas X. Namun, penelitian tersebut masih terbatas pada satu topik, belum memanfaatkan fitur interaktif secara optimal, serta belum diarahkan untuk melatih kemampuan *critical reasoning*. Penelitian serupa oleh Awwalina & Indana (2022) mengembangkan e-modul berbasis *QR Code* pada materi ekosistem yang terbukti valid dan efektif

dalam melatih literasi sains murid. Meskipun demikian, modul ini juga masih terbatas pada satu bab dan belum menargetkan kemampuan *critical reasoning*. Dengan demikian, dibutuhkan pengembangan e-modul interaktif yang tidak hanya menyajikan konten yang luas dan fitur interaktif yang optimal, tetapi juga berorientasi pada penguatan keterampilan *critical reasoning* melalui pendekatan pembelajaran yang lebih kontekstual dan kolaboratif.

Mengacu pada hasil-hasil penelitian terdahulu, pengembangan e-modul interaktif memang telah menunjukkan hasil positif terhadap hasil belajar dan literasi sains murid. Namun, sebagian besar e-modul tersebut masih terbatas pada satu topik atau bab, belum menyajikan keseluruhan materi dalam satu semester. Selain itu, desain pembelajarannya pun belum sepenuhnya diarahkan untuk mendorong keterlibatan murid secara aktif dalam proses pembelajaran maupun dalam melatih keterampilan bernalar kritis. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah e-modul interaktif yang dikembangkan secara utuh, mencakup materi satu semester, disertai aktivitas belajar mandiri dan latihan berbasis konteks nyata, sehingga mampu meningkatkan keterlibatan kognitif murid dan menumbuhkan kemampuan *critical reasoning* secara efektif.

Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa e-modul interaktif mampu meningkatkan hasil belajar dan literasi sains murid, masih terdapat beberapa kesenjangan penelitian yang perlu mendapat perhatian. Sebagian besar penelitian pengembangan e-modul masih berfokus pada aspek penguasaan konsep, hasil belajar, atau literasi sains, sedangkan pengembangan e-modul yang secara khusus dirancang untuk meningkatkan kemampuan *critical reasoning* masih terbatas. Selain itu, e-modul yang dikembangkan umumnya lebih menekankan

penyajian materi dan latihan soal, sehingga belum secara optimal memfasilitasi murid untuk menganalisis informasi, mengevaluasi berbagai sudut pandang, menyusun argumen berdasarkan bukti, serta mengambil keputusan secara logis. Padahal, kemampuan-kemampuan tersebut merupakan komponen penting dalam *critical reasoning*. Di samping itu, belum banyak penelitian yang mengembangkan e-modul interaktif yang mengintegrasikan aktivitas penyelidikan, kolaborasi, pemecahan masalah, dan analisis isu-isu kontekstual secara terpadu untuk melatih kemampuan *critical reasoning* murid. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan e-modul interaktif yang tidak hanya menyajikan materi secara menarik dan memanfaatkan teknologi digital, tetapi juga mampu memfasilitasi proses pembelajaran yang mendorong berkembangnya kemampuan *critical reasoning* murid secara lebih optimal.

Untuk menjawab tantangan tersebut, dibutuhkan pendekatan pembelajaran yang tidak hanya menyampaikan materi, tetapi juga mampu menstimulasi keterlibatan aktif, kolaborasi, dan penalaran kritis murid. Salah satu pendekatan yang relevan diterapkan adalah pengembangan bahan ajar e-modul dengan berbasis *Collaborative Inquiry Problem Based Learning* (CIPBL). Model CIPBL merupakan gabungan antara pendekatan berbasis inkuiri, kolaboratif, dan pemecahan masalah yang bertujuan menumbuhkan pembelajaran aktif, mandiri, dan bermakna. CIPBL merupakan sintesis dari *Problem Based Learning*, *Collaborative Learning*, dan *Inquiry Learning*, yang mengarahkan murid untuk mengembangkan keterampilan bernalar kritis dan kreatif melalui pemecahan masalah yang kontekstual dan kolaboratif (Adnyana & Citrawathi, 2022). Model ini didasarkan pada teori konstruktivisme (Piaget dan Vygotsky), pembelajaran

penemuan (Bruner), serta pendidikan demokratis (Dewey), yang menekankan pentingnya keterlibatan aktif murid dalam proses pembelajaran untuk mengkonstruksi pengetahuan secara mandiri. Penelitian oleh Fitriyah, *et al.*, (2024) menunjukkan bahwa penggunaan CIPBL dalam pembelajaran biologi mampu secara signifikan meningkatkan keterampilan proses sains murid, yang mencakup kemampuan seperti mengamati, menginterpretasi, merencanakan, hingga mengkomunikasikan hasil penyelidikan. Indeks efektivitas strategi ini mencapai 100% dalam kategori sangat baik, dengan nilai rata-rata keterampilan mencapai 87,27 setelah penerapan strategi tersebut. Adapun sintaks dari strategi CIPBL adalah orientasi pada masalah, merumuskan masalah, melaksanakan penyelidikan, penyajian hasil penyelidikan, dan evaluasi hasil penyelidikan (Adnyana & Citrawathi, 2022 dalam Fitriyah, *et al.*, 2024).

Dalam implementasi CIPBL, tahap awal yang sangat krusial adalah orientasi pada masalah, di mana murid diperkenalkan pada suatu permasalahan kontekstual yang bersifat kompleks dan menantang. Untuk memastikan bahwa proses pembelajaran benar-benar bermakna dan relevan dengan kehidupan nyata, maka masalah yang disajikan sebaiknya berupa masalah sosiosaintifik. *Socio-Scientific Issues (SSI)* merupakan isu-isu ilmiah yang berkaitan erat dengan dimensi sosial. Masalah-masalah ini bersifat terbuka, tidak memiliki satu jawaban benar, dan mengundang perdebatan berdasarkan bukti. Dengan menggunakan SSI sebagai stimulus dalam orientasi masalah, murid tidak hanya terdorong untuk memahami konsep ilmiah secara lebih dalam, tetapi juga dilatih untuk mengevaluasi informasi dari berbagai sumber, mempertimbangkan dampak sosial dari solusi yang diambil, serta membentuk argumen kritis berdasarkan data dan perspektif yang beragam.

Oleh karena itu, integrasi SSI dalam tahapan awal CIPBL sangat potensial dalam memperkuat kemampuan *critical reasoning* murid sekaligus membangun kesadaran mereka terhadap isu-isu penting yang sedang terjadi di masyarakat.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan e-modul interaktif berbasis CIPBL berorientasi SSI yang dapat digunakan untuk meningkatkan keterampilan *critical reasoning* murid Fase E (kelas X) yang merupakan jenjang strategis karena murid berada dalam masa transisi dari konkret ke abstrak, serta mulai mempelajari konsep biologi yang kompleks. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan e-modul interaktif yang mengintegrasikan model CIPBL dan orientasi SSI dalam satu produk pembelajaran digital yang dirancang secara khusus untuk meningkatkan kemampuan *critical reasoning* murid Fase E. Pengembangan e-modul ini menggunakan model Borg dan Gall yang terdiri dari sepuluh tahapan, model ini bersifat umum dan sesuai digunakan untuk penelitian pengembangan dengan tujuan pengembangan produk serta lebih mudah dipahami. E-modul yang dikembangkan akan diuji tingkat validitas (*validity*), kepraktisannya (*practicality*), dan efektivitasnya (*effectiveness*). Melalui pengembangan ini diharapkan dapat menjadi inovasi dalam pembelajaran biologi agar tidak hanya membekali murid dengan pengetahuan ilmiah, tetapi juga mengembangkan kemampuan *critical reasoning* dalam menghadapi isu-isu sains yang relevan dengan kehidupan mereka.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, dapat diidentifikasi permasalahan sebagai berikut.

- a. Kemampuan *critical reasoning* murid masih rendah, sebagaimana ditunjukkan oleh hasil PISA 2022 yang menunjukkan sebagian besar murid Indonesia belum mencapai level minimum kompetensi bernalar kritis dan reflektif dalam konteks nyata.
- b. Pembelajaran biologi di sekolah belum optimal dalam mengembangkan kemampuan bernalar kritis karena masih bersifat *teacher-centered*, kurang melibatkan murid secara aktif, dan belum memanfaatkan pendekatan kontekstual seperti SSI.
- c. Penggunaan bahan ajar digital interaktif masih minim, padahal pembelajaran abad ke-21 menuntut media yang fleksibel, menarik, dan mendorong pembelajaran mandiri. Beberapa e-modul yang ada belum dilengkapi fitur interaktif, belum menyajikan materi lengkap satu semester, serta belum dirancang secara spesifik untuk mengembangkan *critical reasoning*.
- d. Pemanfaatan teknologi dalam proses pembelajaran masih belum optimal, di mana penggunaan media dan internet lebih bersifat pasif, sehingga tidak mendorong keterlibatan aktif murid dan kemampuan bernalar kritis.
- e. Kurangnya integrasi pendekatan pembelajaran kolaboratif dan inkuiri dalam kegiatan belajar mengajar, sehingga murid kurang terlatih untuk bekerja sama, berdiskusi, dan mengembangkan argumen.

1.3 Pembatasan Masalah

Mengacu pada identifikasi masalah yang telah diuraikan, penelitian ini dilakukan untuk memecahkan permasalahan minimnya e-modul yang interaktif serta efektif dalam meningkatkan kemampuan *critical reasoning* murid. Dalam rangka memecahkan permasalahan tersebut, pada penelitian ini dilakukan pengembangan e-modul interaktif berbasis CIPBL yang berorientasi pada SSI untuk meningkatkan kemampuan *critical reasoning* murid. E-modul ini dirancang untuk murid fase E (kelas X) SMA semester 1 pada mata pelajaran biologi.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan di atas, permasalahan dalam penelitian dirumuskan sebagai berikut.

- a. Bagaimana karakteristik e-modul biologi interaktif berbasis CIPBL berorientasi SSI?
- b. Bagaimana validitas e-modul biologi interaktif berbasis CIPBL berorientasi SSI?
- c. Bagaimana kepraktisan e-modul biologi interaktif berbasis CIPBL berorientasi SSI?
- d. Bagaimana efektivitas e-modul biologi interaktif berbasis CIPBL berorientasi SSI untuk meningkatkan keterampilan *critical reasoning* murid fase E?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah yang telah dipaparkan, tujuan penelitian pengembangan ini adalah sebagai berikut.

- a. Mendeskripsikan dan menjelaskan karakteristik e-modul biologi interaktif berbasis CIPBL berorientasi SSI.
- b. Mendeskripsikan dan menjelaskan validitas e-modul biologi interaktif berbasis CIPBL berorientasi SSI.
- c. Mendeskripsikan dan menjelaskan kepraktisan e-modul biologi interaktif berbasis CIPBL berorientasi SSI.
- d. Mendeskripsikan dan menjelaskan efektivitas e-modul biologi interaktif berbasis CIPBL berorientasi SSI untuk meningkatkan keterampilan *critical reasoning* murid.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu manfaat teoritis dan manfaat praktis yang diuraikan sebagai berikut.

1.6.1 Manfaat Teoritis

Secara teoritis, hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut.

- a. Mampu mengungkapkan fakta, konsep, prinsip, dan teori yang digunakan dalam e-modul interaktif berbasis CIPBL berorientasi SSI, sehingga berpotensi mendukung pengembangan e-modul yang lebih kreatif dan inovatif.

- b. Mampu memberikan pandangan yang jelas mengenai keunggulan e-modul interaktif berbasis CIPBL berorientasi SSI dalam meningkatkan kemampuan *critical reasoning* murid.
- c. Mampu memperkuat landasan teori yang mendukung efektivitas e-modul interaktif berbasis CIPBL berorientasi SSI dalam mengembangkan kemampuan *critical reasoning* murid.

1.6.2 Manfaat Praktis

Manfaat praktis penelitian ini berlaku bagi murid, guru, sekolah, dan peneliti lain.

- a. Bagi murid, proses pembelajaran biologi menggunakan e-modul berbasis CIPBL berorientasi SSI memberikan pengalaman belajar yang bermakna dan melatih kemampuan *critical reasoning*.
- b. Bagi guru, e-modul yang dikembangkan dapat menjadi alternatif media pembelajaran yang efektif untuk diterapkan di kelas, guna mendukung pengembangan keterampilan *critical reasoning* murid.
- c. Bagi sekolah, hasil pengembangan e-modul ini dapat menjadi bahan pertimbangan dalam peningkatan mutu pembelajaran, khususnya dalam memberikan pengalaman belajar yang mendorong penguatan kemampuan *critical reasoning* murid.
- d. Bagi peneliti lain, e-modul ini dapat dijadikan sebagai referensi atau dasar pengembangan lebih lanjut terhadap media pembelajaran interaktif berbasis CIPBL berorientasi SSI yang sesuai dengan karakteristik murid dan kebutuhan materi pelajaran.

1.7 Spesifikasi Pengembangan

Spesifikasi pengembangan meliputi nama dan konten produk, tampilan dan desain produk serta pengoperasian produk

1.7.1 Nama dan Konten Produk

Produk yang dikembangkan berupa e-modul interaktif Biologi Fase E (Kelas X) berbasis CIPBL berorientasi SSI. Konten e-modul mencakup:

- a. Materi biologi inti Fase E yang disusun sesuai capaian dan tujuan pembelajaran;
- b. Konteks permasalahan autentik yang relevan dengan kehidupan nyata murid;
- c. Aktivitas pembelajaran interaktif yang memfasilitasi kolaborasi, inkuiri, dan pemecahan masalah;
- d. Tugas dan asesmen berbasis penalaran yang dirancang untuk melatih *critical reasoning*.

E-modul ini dikembangkan menggunakan strategi CIPBL yang mengintegrasikan pembelajaran kolaboratif, inkuiri, dan pembelajaran berbasis masalah. Permasalahan yang digunakan sebagai konteks belajar bersifat autentik dan relevan dengan materi biologi, serta memiliki karakteristik tidak terstruktur (*ill-structured*), belum terdefinisi secara jelas (*ill-defined*), terbuka (*open-ended*), dan ambigu (*ambiguous*) sehingga mendorong murid untuk melakukan eksplorasi, analisis, dan pengambilan keputusan berbasis bukti (Delisle, 1997; Fogarty, 1997).

Orientasi SSI dalam konten e-modul memungkinkan murid mengaitkan konsep biologi dengan isu-isu sosial dan ilmiah yang aktual. Melalui analisis isu dari berbagai perspektif, murid dilatih untuk mengevaluasi informasi, menyusun argumentasi berbasis data, serta merefleksikan keputusan yang diambil.

1.7.2 Tampilan dan Desain Produk

E-modul ini dikembangkan menggunakan aplikasi *Lumi Education* berbasis *web* yang dapat dibagikan dalam bentuk tautan atau *barcode* kepada murid. Aplikasi ini digunakan untuk mengembangkan konten interaktif seperti materi, video, dan latihan soal. Selain itu, desain visual e-modul dikembangkan menggunakan aplikasi *Canva* untuk menghasilkan tampilan yang menarik, sistematis, dan mudah dipahami.

E-modul dirancang dengan prinsip *user friendly*, interaktif, serta mendukung pembelajaran mandiri. Pengembangan juga mengacu pada *Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML)*, yang menekankan prinsip-prinsip seperti *coherence* (penyajian materi yang fokus dan tidak berlebihan), *signaling* (penekanan pada informasi penting), *spatial contiguity* (keterpaduan antara teks dan visual), *temporal contiguity* (kesesuaian waktu antara audio dan visual), serta *modality* (penggunaan kombinasi teks, gambar, dan audio secara efektif).

Tampilan e-modul mencakup kombinasi warna yang kontras, penggunaan tipografi yang jelas, serta tata letak yang memudahkan navigasi. Selain itu, e-modul dilengkapi fitur interaktif seperti kuis, video pembelajaran, dan tautan navigasi untuk meningkatkan keterlibatan murid dalam proses belajar.

1.7.3 Pengoperasian Produk

E-modul dapat diakses di berbagai tempat dan kapan saja karena tidak membutuhkan aplikasi khusus. E-modul dapat dibuka oleh murid melalui *link* yang dibagikan oleh pendidik menggunakan perangkat elektronik seperti laptop, komputer, tablet, maupun telepon. Pada penggunaan melalui tautan, e-modul memerlukan koneksi internet untuk mengakses seluruh konten yang tersedia.

Namun, e-modul juga dapat diunduh dan disimpan pada perangkat sehingga dapat diakses kembali tanpa koneksi internet, dengan catatan beberapa fitur yang terhubung ke sumber eksternal, seperti video daring atau tautan *web*, tetap memerlukan akses internet. Setelah e-modul berhasil dibuka, murid dapat menggunakan berbagai fitur yang tersedia dengan mengklik langsung pada halaman e-modul. E-modul ini dapat dibagikan berulang kali tanpa mengurangi kualitas maupun kuantitasnya. Selain itu, e-modul dapat digunakan dalam pembelajaran baik secara individu maupun kelompok.

1.8 Asumsi Pengembangan

Adapun asumsi pengembangan e-modul ini adalah sebagai berikut.

- a. Murid fase E (kelas X) memiliki akses terhadap perangkat elektronik seperti telepon, laptop, atau komputer, yang memungkinkan mereka menggunakan e-modul secara mandiri.
- b. Sekolah telah menyediakan dukungan infrastruktur dasar, termasuk jaringan internet dan perangkat penunjang pembelajaran digital, yang mendukung implementasi e-modul.
- c. Guru biologi di jenjang SMA terbiasa memanfaatkan media digital dalam proses pembelajaran dan bersedia mengintegrasikan e-modul sebagai bagian dari kegiatan belajar mengajar.
- d. Topik-topik yang dipilih dalam e-modul berbasis SSI relevan dengan konteks kehidupan murid serta sesuai dengan capaian pembelajaran yang tercantum dalam Kurikulum Merdeka.

1.9 Penjelasan Istilah

Untuk menghindari kesalahpahaman, berikut ini dipaparkan istilah-istilah yang digunakan dalam penelitian ini.

- a. E-modul interaktif atau “*Electronic Interactive Module*“ merupakan bahan ajar dalam bentuk digital yang dapat diakses melalui berbagai perangkat elektronik, seperti komputer, laptop, tablet, maupun telepon pintar. E-modul ini dilengkapi dengan berbagai fitur multimedia interaktif, seperti teks, gambar, video, audio, dan animasi yang dirancang untuk mendukung proses pembelajaran. Istilah *interaktif* mengacu pada adanya umpan balik (*feedback*) dan keterlibatan aktif murid selama menggunakan modul, sehingga pembelajaran menjadi lebih menarik, efektif, dan mudah dipahami.
- b. *Collaborative Inquiry Problem Based Learning* (CIPBL) merupakan model pembelajaran yang mengintegrasikan pembelajaran kolaboratif, pendekatan inkuiri, dan pembelajaran berbasis masalah dalam satu kesatuan proses pembelajaran. Model ini mendorong murid untuk bekerja sama dalam menyelidiki suatu permasalahan, menemukan informasi, serta membangun pengetahuan melalui proses bernalar kritis dan pemecahan masalah secara aktif.
- c. *Socio-Scientific Issues* (SSI) merupakan pendekatan pembelajaran yang mengaitkan konsep-konsep sains dengan permasalahan sosial yang nyata dalam kehidupan sehari-hari. Pendekatan ini memungkinkan murid untuk menganalisis isu-isu ilmiah dari berbagai sudut pandang, mengembangkan kemampuan berpikir kritis, serta membangun argumentasi yang didasarkan pada data dan bukti ilmiah.

- d. *Critical reasoning* merupakan kemampuan berpikir secara logis, sistematis, dan reflektif dalam menganalisis informasi untuk mengambil keputusan maupun menyelesaikan suatu permasalahan. Dimensi *critical reasoning* dalam penelitian ini mengacu pada indikator yang dikembangkan oleh Kemendikbudristek, meliputi kemampuan mengidentifikasi dan mengklarifikasi informasi, mengolah informasi dan gagasan, menganalisis serta mengevaluasi penalaran dan prosedurnya, mengajukan pertanyaan, serta merefleksi dan mengevaluasi proses berpikirnya sendiri.

