

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Biokimia merupakan cabang ilmu kimia yang memberikan landasan penting dalam memahami bagaimana reaksi-reaksi kimia berlangsung dalam tubuh makhluk hidup dan mempengaruhi kehidupan pada tingkat seluler. Reaksi-reaksi tersebut dikenal dengan proses metabolisme, yang mencakup serangkaian jalur biokimia untuk menghasilkan energi dan menyusun komponen seluler. Metabolisme secara keseluruhan terdiri atas metabolisme karbohidrat, protein, dan lipid, di mana masing-masing memiliki jalur metabolik unik yang saling terintegrasi. Metabolisme karbohidrat melalui jalur seperti glikolisis, siklus Krebs, dan rantai transpor elektron untuk menghasilkan Adenosin Trifosfat (ATP). Protein dipecah melalui proses deaminasi, sementara lipid mengalami beta-oksidasi untuk menghasilkan asetil-KoA yang masuk ke siklus Krebs. Secara umum, metabolisme terbagi menjadi dua kategori utama: anabolisme, yaitu pembentukan molekul kompleks yang membutuhkan energi, dan katabolisme, yaitu pemecahan molekul kompleks menjadi molekul sederhana yang menghasilkan energi.

Katabolisme karbohidrat, sebagai bagian utama dari metabolisme, memainkan peran sentral dalam konversi energi kimia. Jalur-jalur metabolik seperti glikolisis, siklus Krebs, dan rantai transpor elektron memungkinkan pemecahan molekul glukosa menjadi energi yang diperlukan oleh organisme hidup untuk mempertahankan fungsinya (Mathews *et al.*, 2015). Di tingkat molekuler, katabolisme karbohidrat menghasilkan ATP, molekul energi utama dalam sel, melalui tahapan yang sangat kompleks. Misalnya, glikolisis melibatkan sepuluh langkah enzimatik untuk mengubah glukosa menjadi piruvat, yang kemudian memasuki siklus Krebs untuk menghasilkan donor elektron seperti *Nicotinamide Adenine Dinucleotide* (NADH) dan *Flavin Adenine Dinucleotide* (FADH₂). Donor elektron ini digunakan dalam rantai transpor elektron untuk menghasilkan ATP secara efisien. Kompleksitas jalur ini menuntut pemahaman yang mendalam bagi

mahasiswa, karena jalur ini menjadi dasar untuk memahami metabolisme lain seperti lipid dan protein. Namun, kompleksitas ini juga menjadi tantangan besar bagi mahasiswa, yang sering kali kesulitan memahami abstraksi konsep-konsep seperti reaksi kimia, peran enzim, dan mekanisme pengaturannya (Salame *et al.*, 2022). Proses yang melibatkan banyak tahapan ini sering kali membingungkan, karena setiap perubahan kecil dalam enzim atau substrat dapat menghasilkan dampak signifikan pada produk akhir. Hal ini menjadikan katabolisme karbohidrat salah satu topik menantang dalam biokimia.

Tantangan dalam memahami jalur yang kompleks ini dapat meningkatkan risiko kebingungan dan pengurangan penguasaan terhadap konsep. Bagi sebagian besar mahasiswa, konsep-konsep ini dianggap sulit diakses karena kurangnya pemahaman awal atau keterbatasan metode pembelajaran konvensional yang digunakan. Sebagai contoh, mahasiswa sering kali dihadapkan dengan model visual yang statis dalam buku teks atau penjelasan lisan yang tidak mencerminkan dinamika sebenarnya dari proses ini (Yang & Wang, 2023). Kesulitan belajar mahasiswa biasanya dalam ranah submikroskopik dan simbolik dari materi pembelajaran terutama metabolisme. Kesulitan mahasiswa mempelajari jalur metabolisme yakni mengandalkan kemampuan hafalan untuk mengingat jalur metabolisme, perubahan struktur yang terjadi, enzim yang terlibat dalam reaksi serta representasi visual mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan (Arneson & Offerdahl, 2023; Salame *et al.*, 2022; Villafañe *et al.*, 2021). Oleh karena itu, diperlukan metode pembelajaran yang tidak hanya menarik, tetapi juga memungkinkan penguasaan konsep yang lebih intuitif terhadap materi ini.

Tantangan tidak hanya berupa penguasaan terhadap konsep, di era pendidikan abad ke-21, keterampilan berpikir kritis dan kreatif sebagai bagian dari *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) juga menjadi semakin penting dalam menghadapi tantangan konsep ilmiah yang kompleks, seperti jalur metabolik dalam biokimia. Keterampilan ini tidak hanya membantu mahasiswa memahami materi secara mendalam tetapi juga mempersiapkan mereka untuk berpikir analitis dan adaptif dalam menyelesaikan masalah dunia nyata (Patel *et al.*, 2024). Dalam pembelajaran sains, keterampilan berpikir kritis dan kreatif sangat penting untuk mengembangkan penguasaan yang mendalam terhadap konsep-konsep yang

diajarkan. Berpikir kritis memungkinkan mahasiswa untuk menganalisis informasi, mengidentifikasi pola, serta membuat hubungan antar konsep yang berbeda (Akpur, 2020). Sementara itu, berpikir kreatif membantu mahasiswa dalam menemukan solusi inovatif untuk masalah kompleks yang mungkin dihadapi dalam pembelajaran atau dalam penerapan konsep-konsep tersebut di kehidupan nyata (Tang *et al.*, 2020).

Pengembangan keterampilan berpikir kritis dalam pendidikan sains dapat membantu mahasiswa menjadi lebih analitis dan mampu mengevaluasi informasi dengan cara yang lebih terstruktur (Chang & Yeh, 2021). Dalam konteks katabolisme karbohidrat, keterampilan ini sangat diperlukan karena mahasiswa tidak hanya perlu menghafal jalur metabolik, tetapi juga memahami alasan di balik proses-proses tersebut. Dengan berpikir kritis, mahasiswa mampu menghubungkan setiap langkah dalam jalur katabolisme karbohidrat dengan dampaknya terhadap produksi energi atau efek pada homeostasis tubuh. Sementara itu, berpikir kreatif memungkinkan mahasiswa untuk mengeksplorasi jalur katabolisme, misalnya dengan simulasi atau visualisasi yang kreatif.

Dalam mengatasi kendala pembelajaran, beberapa penelitian terdahulu telah melakukan beberapa alternatif pengajaran dengan menggunakan beberapa media pembelajaran. Penelitian terdahulu telah menunjukkan beberapa penggunaan media dalam mengajarkan materi metabolisme karbohidrat diantaranya menggunakan media *game puzzel* konvensional (Surapaneni, 2023), media game kartu (Terrell *et al.*, 2021), video animasi (Long *et al.*, 2021), dan game menggunakan aplikasi Kahoot (Rahmahani *et al.*, 2020). Media-media tersebut masih memiliki keterbatasan diantaranya, media *game puzzel* dan kartu tidak cukup untuk menyampaikan informasi yang lengkap atau rinci, terutama jika materi pelajaran kompleks (Surapaeni, 2023; Terrel *et al.*, 2021). Media video animasi cenderung bersifat satu arah, di mana mahasiswa hanya menerima informasi tanpa dapat berinteraksi langsung dengan konten. Tidak secara efektif mengajak mahasiswa untuk berpikir kritis dan kreatif atau berpartisipasi secara aktif dalam proses pembelajaran (Long *et al.*, 2021). Adapun Kahoot, pada materi yang sangat kompleks atau abstrak tidak cocok untuk format permainan ini, yang cenderung berfokus pada pertanyaan sederhana dan langsung. Hal ini bisa membatasi

kemampuan untuk menyampaikan materi yang rumit dengan baik. Dari beberapa media pembelajaran, tentunya masih ditemukan kendala dan kekurangan dalam pengaplikasiannya (Rahmahani *et al.*, 2020).

Seiring dengan berkembangnya teknologi informasi, banyak pendekatan baru dalam pembelajaran berbasis teknologi mulai diperkenalkan untuk mengatasi berbagai kendala tersebut. Salah satu inovasi yang kini semakin populer adalah penggunaan multimedia interaktif dalam proses pembelajaran. Multimedia interaktif menggabungkan elemen visual, audio, teks, animasi, dan simulasi untuk menyampaikan materi secara menarik dan mudah dipahami (Mayer, 2014). Pendekatan berbasis multimedia interaktif tentunya relevan dalam meningkatkan motivasi belajar mahasiswa. Generasi mahasiswa saat ini, yang dikenal sebagai *digital natives*, cenderung memiliki preferensi terhadap pembelajaran yang menggunakan teknologi digital (Elaoufy, 2023). Multimedia interaktif mampu menciptakan lingkungan belajar yang menarik dan menyenangkan, sehingga mahasiswa lebih termotivasi untuk terlibat aktif dalam proses pembelajaran (Alzubi, 2023).

Penelitian sebelumnya juga telah mengembangkan pembelajaran katabolisme karbohidrat berbasis multimedia interaktif pada calon guru biologi (Rahmatan *et al.*, 2013). Pengembangan yang telah dilakukan menggunakan model latihan dan praktek. Program perkuliahan yang dikembangkan dengan memberikan pertanyaan, menyediakan struktur senyawa yang terpisah kemudian disusun atau memasang senyawa monosakarida dan membentuk ikatan glikosida, memasang senyawa reaktan dan produk, serta menempatkan enzim dan koenzim yang terlibat. Namun, program ini masih memiliki keterbatasan, terutama dalam hal visualisasi reaksi molekuler. Proses-proses enzimatik yang kompleks belum divisualisasikan secara dinamis guna memahami hubungan antar reaksi secara menyeluruh. Keterbatasan ini mengindikasikan perlunya pembaruan dalam pendekatan pembelajaran untuk memberikan penggambaran yang lebih intuitif dan interaktif terkait reaksi kimia yang terjadi.

Dalam pembelajaran kimia, media interaktif tidak hanya membuat proses belajar menjadi lebih menarik, tetapi juga membantu mahasiswa dalam memahami konsep-konsep molekuler. Konsep pada kimia seperti reaksi-reaksi serta perubahan

molekul tentunya memerlukan strategi dalam penyampaian materi pada proses pembelajaran. Oleh karena itu, multimedia interaktif tidak hanya mampu meningkatkan motivasi, tetapi juga memperkuat pemahaman mahasiswa melalui visualisasi proses yang kompleks (Aysolmaz & Reijers, 2021). Dengan bantuan animasi dan simulasi, mahasiswa dapat melihat bagaimana reaksi enzimatik terjadi secara dinamis, yang sulit dijelaskan hanya melalui teks atau gambar statis. Selain itu, media ini memungkinkan mahasiswa untuk berinteraksi langsung dengan materi, seperti mengamati dampak perubahan parameter tertentu pada reaksi kimia. Hal ini mendorong keterlibatan aktif dan penemuan konsep secara mandiri, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna. Dengan demikian, Pembelajaran berbasis teknologi dapat membantu menjembatani kesenjangan pemahaman dengan menyediakan visualisasi yang mendalam dan aksesibilitas yang lebih baik terhadap materi (Ghanbaripour, 2024). Multimedia interaktif berperan sebagai alat penting dalam menjembatani abstraksi konsep biokimia menjadi lebih konkret dan mudah dipahami.

Dalam konteks biokimia, multimedia interaktif memiliki manfaat khusus dalam menyampaikan konsep-konsep molekuler yang kompleks, seperti jalur metabolisme katabolisme karbohidrat. Proses katabolisme karbohidrat mencakup jalur metabolik utama, seperti glikolisis, siklus Krebs, dan rantai transport elektron, yang melibatkan banyak reaksi enzimatik dan perubahan molekuler secara berurutan. Jalur ini menjadi dasar bagi mahasiswa untuk memahami produksi energi di tingkat seluler, yaitu melalui sintesis Adenosin Trifosfat (ATP), yang menjadi sumber energi utama bagi sel.

Dengan menggunakan multimedia interaktif, mahasiswa dapat mengamati proses-proses ini secara visual dan dinamis, seperti bagaimana molekul glukosa dipecah, bagaimana siklus Krebs berlangsung, atau bagaimana elektron bergerak melalui rantai transport elektron. Animasi dan simulasi memungkinkan mahasiswa untuk melihat bagaimana perubahan parameter (Holly *et al.*, 2021), seperti penghambatan enzim atau kekurangan substrat, dapat memengaruhi keseluruhan jalur metabolisme. Fitur ini tidak hanya mempermudah pemahaman konsep tetapi juga membantu mahasiswa mengembangkan keterampilan berpikir kritis dengan menganalisis hubungan sebab-akibat dalam proses metabolik.

Manfaat lain dari multimedia interaktif adalah kemampuannya untuk mendorong keterlibatan aktif mahasiswa dalam pembelajaran (Abdulrahman *et al.*, 2020). Dalam pendekatan ini, mahasiswa tidak hanya menjadi penerima informasi pasif tetapi juga berperan sebagai penemu konsep (Kuchai *et al.*, 2022; Vagg *et al.*, 2020). Sebagai contoh, mahasiswa dapat menggunakan simulasi interaktif untuk mengamati dampak penggunaan enzim tertentu pada produksi ATP atau susunan alur dari katabolisme karbohidrat seperti glikolisis, siklus Krebs, dan transport elektron. Interaksi semacam ini tidak hanya memperkuat penguasaan konsep mereka tentang materi tetapi juga melatih kemampuan mereka untuk memecahkan masalah secara mandiri. Penemuan konsep ini merupakan inti dari pembelajaran bermakna, di mana mahasiswa memahami bukan hanya apa yang terjadi, tetapi juga mengapa dan bagaimana proses tersebut berlangsung (Rapanta *et al.*, 2021).

Pemanfaatan multimedia interaktif dalam pembelajaran biokimia, khususnya pada materi katabolisme karbohidrat, juga relevan dengan tujuan pendidikan abad ke-21 yang menuntut pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Dengan menggunakan multimedia, mahasiswa dapat mengasah keterampilan berpikir kritis dan kreatif (Febliza *et al.*, 2023; Yılmaz, 2021). Berpikir kritis memungkinkan mahasiswa untuk mengevaluasi informasi, mengidentifikasi pola, dan membuat hubungan antar konsep yang berbeda. Di sisi lain, berpikir kreatif memungkinkan mereka untuk menemukan solusi inovatif atau menjelaskan skenario yang relevan dengan jalur metabolisme. Kedua keterampilan ini menjadi semakin penting di era digital, di mana mahasiswa dituntut untuk siap menghadapi tantangan kompleks baik dalam konteks akademik maupun profesional (Thornhill-Miller *et al.*, 2023).

Meski penelitian mengenai efektivitas media interaktif dalam pendidikan telah banyak dilakukan, masih terdapat keterbatasan dalam penerapannya khusus untuk pembelajaran katabolisme karbohidrat. Kebanyakan multimedia interaktif dalam pendidikan sains juga lebih berfokus pada aspek kognitif dan kurang mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif (Tsai & Tsai, 2020). Gap ini menunjukkan bahwa diperlukan pengembangan media pembelajaran berbasis multimedia interaktif yang tidak hanya memperkenalkan konsep dasar, tetapi juga

melibatkan mahasiswa dalam kegiatan analisis dan evaluasi. Dengan demikian, pengembangan multimedia interaktif yang spesifik untuk materi katabolisme karbohidrat dapat menjadi solusi untuk mengisi gap ini. Melalui pendekatan ini, mahasiswa dapat dilatih untuk berpikir kritis dan kreatif dalam memecahkan masalah yang diberikan dalam skenario yang dianimasikan atau disimulasikan, yakni bagaimana menentukan enzim dan koenzim yang sesuai dengan tahapan untuk menyelesaikan keseluruhan proses katabolisme karbohidrat hingga menghasilkan energi.

Penelitian ini akan menjadi solusi dalam mengatasi berbagai tantangan tersebut dengan mengembangkan pembelajaran katabolisme karbohidrat berbasis multimedia interaktif yang dirancang untuk meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan berpikir tingkat tinggi mahasiswa. Model pembelajaran ini akan mengintegrasikan elemen visualisasi dinamis, simulasi interaktif, dan aktivitas yang dirancang untuk menciptakan pengalaman belajar yang mendalam dan bermakna. Selain itu, media ini akan dilengkapi dengan fitur umpan balik otomatis yang memungkinkan mahasiswa untuk mengukur dan memperbaiki pemahaman mereka secara mandiri. Dengan pendekatan ini, mahasiswa tidak hanya akan lebih memahami materi yang diajarkan tetapi juga akan terlatih untuk berpikir analitis dan kreatif dalam menghadapi berbagai tantangan biokimia.

Pengembangan pembelajaran katabolisme karbohidrat berbasis multimedia interaktif bertujuan untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa dan menciptakan lingkungan belajar yang menarik. Dengan teknologi modern, mahasiswa dapat berinteraksi langsung melalui visualisasi dinamis dan simulasi interaktif, yang mendorong partisipasi aktif serta meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif. Pengembangan pembelajaran katabolisme karbohidrat berbasis multimedia interaktif merupakan langkah strategis untuk meningkatkan kualitas pendidikan dan pengajaran, khususnya dalam bidang biokimia. Dengan mengintegrasikan teknologi modern dan pendekatan pedagogis yang inovatif, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan pemahaman mahasiswa serta pengembangan keterampilan berpikir kritis dan kreatif mahasiswa.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, rumusan masalah pada penelitian ini adalah “Bagaimanakah desain pembelajaran katabolisme karbohidrat berbasis multimedia interaktif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif mahasiswa?”. Rumusan masalah tersebut dapat dijabarkan dalam pertanyaan penelitian sebagai berikut

1. Bagaimana karakteristik pembelajaran katabolisme karbohidrat berbasis multimedia interaktif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif mahasiswa?
2. Bagaimana prototipe multimedia pembelajaran katabolisme karbohidrat yang dikembangkan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif mahasiswa?
3. Bagaimana profil peningkatan berpikir kritis mahasiswa menggunakan pembelajaran katabolisme karbohidrat berbasis multimedia interaktif?
4. Bagaimana profil peningkatan berpikir kreatif mahasiswa menggunakan pembelajaran katabolisme karbohidrat berbasis multimedia interaktif?
5. Bagaimana penguasaan konsep mahasiswa tentang katabolisme karbohidrat menggunakan pembelajaran katabolisme karbohidrat berbasis multimedia interaktif?
6. Apa kelebihan dan keterbatasan pembelajaran katabolisme karbohidrat berbasis multimedia interaktif yang dikembangkan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif mahasiswa?

C. Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah penelitian ini sebagai berikut

1. Multimedia interaktif pada pembelajaran katabolisme karbohidrat berbantuan perangkat komputer/laptop.
2. Keterampilan berpikir kritis memuat lima indikator yang dikemukakan oleh Ennis (1985). Indikator yang digunakan pada penelitian ini yaitu membangun keterampilan dasar, memberikan penjelasan sederhana, dan membuat penjelasan lanjutan.

3. Keterampilan berpikir kreatif memuat empat indikator yang dikemukakan oleh Torrance (1988). Indikator yang digunakan pada penelitian ini yaitu *fluency* dan *elaboration*.
4. Penguasaan konsep merujuk pada taksonomi Bloom revisi Anderson (2001). Indikator yang digunakan pada penelitian ini yaitu C4-C6.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan program pembelajaran katabolisme karbohidat berbasis multimedia interaktif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif mahasiswa.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut

1. Manfaat Teoretik

Memberikan gagasan kepada peneliti selanjutnya mengenai pembelajaran metabolisme biokimia lain berbantuan multimedia interaktif untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif mahasiswa.

2. Manfaat Praktis

- a. Menyediakan multimedia pembelajaran yang dapat digunakan mahasiswa dalam meningkatkan pemahaman dan keterampilan berpikir kritis dan kreatif pada materi katabolisme karbohidrat.
- b. Menyediakan alternatif desain dan media pembelajaran yang dapat digunakan dosen dalam perkuliahan materi katabolisme karbohidrat yang dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif mahasiswa.

F. Definisi Operasional

1. KarboQuest adalah multimedia interaktif yang menggabungkan elemen visual, audio, dan simulasi interaktif untuk memfasilitasi mahasiswa dalam mengeksplorasi mekanisme reaksi biokimia, memahami kerja enzim, dan menganalisis perubahan struktur molekul secara mandiri pada materi katabolisme karbohidrat. Efektivitasnya diukur berdasarkan peningkatan penguasaan konsep, keterampilan berpikir kritis, dan kreatif mahasiswa.

2. Keterampilan berpikir kritis pada penelitian ini memuat tiga indikator dari Ennis (1985) yaitu memberi penjelasan sederhana (*elementary clarification*), membangun keterampilan dasar (*basic support*), membuat penjelasan lebih lanjut (*advance clarification*), yang diukur melalui tes tentang konsep katabolisme karbohidrat.
3. Keterampilan berpikir kreatif pada penelitian ini memuat dua indikator dari Torrance (1988) yaitu *fluency* (berpikir lancar), *elaboration* (elaborasi/menjelaskan), yang diukur melalui tes tentang konsep katabolisme karbohidrat.