

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Biokimia merupakan salah satu cabang ilmu yang mempelajari struktur kimiawi, komposisi, serta proses metabolisme yang terjadi dalam tubuh makhluk hidup (Butnariu dkk., 2018). Salah satu topik fundamental di dalamnya adalah metabolisme karbohidrat, yang mencakup jalur glikolisis, siklus Krebs, dan rantai transpor elektron sebagai penghasil energi utama dalam bentuk Adenosin Trifosfat (ATP). Energi ini dibutuhkan oleh sel untuk menjaga fungsi vital organisme. Jalur-jalur tersebut terdiri atas banyak tahapan enzimatik, molekul perantara, serta mekanisme pengaturan yang kompleks. Kompleksitas inilah yang membuat materi metabolisme karbohidrat seringkali menjadi salah satu bagian tersulit bagi mahasiswa untuk dipahami secara mendalam (Mathews dkk., 2015; Salame dkk., 2022).

Kesulitan mahasiswa tidak hanya terletak pada banyaknya reaksi kimia yang harus dipelajari, tetapi juga karena sifat materi yang abstrak. Mereka harus mampu memahami bagaimana perubahan pada satu tahap metabolisme dapat memengaruhi tahap lain, misalnya bagaimana hasil glikolisis digunakan dalam siklus Krebs dan selanjutnya menghasilkan NADH serta FADH_2 untuk proses fosforilasi oksidatif. Tantangan kognitif ini sering kali tidak dapat diatasi dengan cara belajar yang hanya menekankan pada hafalan. Mahasiswa cenderung mengandalkan metode pasif seperti membaca catatan, menyalin diagram dari buku, atau menghafal flowchart tanpa menguasai konsep inti yang menjelaskan hubungan antarproses metabolik (Booth dkk., 2021; Yang & Wang, 2023). Kondisi ini mengakibatkan pemahaman mereka bersifat jangka pendek dan mudah hilang ketika dihadapkan pada soal analisis atau aplikasi.

Dalam konteks pendidikan abad ke-21, mahasiswa tidak cukup hanya menguasai konsep secara teoritis, melainkan juga dituntut untuk memiliki kemampuan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills/HOTS*). HOTS mencakup keterampilan analisis, sintesis, evaluasi, dan kreativitas dalam

memecahkan masalah (Retnawati dkk., 2018). Dengan demikian, mahasiswa tidak hanya dituntut memahami konsep dan mekanisme suatu proses, tetapi juga menguasai alasan terjadinya suatu fenomena serta mampu mengevaluasi konsekuensi jika terdapat perubahan dalam sistem. Pada kajian biokimia, khususnya metabolisme karbohidrat, keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) sangat diperlukan untuk mengaitkan berbagai jalur metabolik, menganalisis dampak yang muncul akibat perubahan aktivitas enzim, serta menilai implikasi fisiologis yang ditimbulkannya. Oleh karena itu, penelitian ini memfokuskan diri pada peningkatan kemampuan berpikir tingkat tinggi, bukan hanya sekadar pemahaman konseptual, karena HOTS merupakan kompetensi kunci dalam menghadapi tantangan pembelajaran abad ke-21.

Sayangnya, implementasi HOTS dalam pembelajaran biokimia masih menghadapi kendala. Banyak pendidik masih menggunakan metode konvensional yang lebih fokus pada penyampaian informasi dan hafalan teori (Heru & Suparno, 2019). Siswa hanya diminta mengingat nama enzim, tahapan reaksi, atau struktur molekul, tanpa diarahkan untuk menghubungkan konsep tersebut dengan masalah nyata. Instrumen pembelajaran yang digunakan pun sering bersifat tradisional, sehingga tidak mampu mengukur kemampuan analisis dan evaluasi mahasiswa secara mendalam (Syahfitri dkk., 2019). Akibatnya, mahasiswa cenderung menghafal informasi tanpa memahami aplikasinya, yang membatasi kemampuan mereka untuk berpikir mandiri dan inovatif.

Penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa mahasiswa sangat menginginkan sumber pembelajaran tambahan yang lebih mendukung pemahaman konsep biokimia secara interaktif. Misalnya, penelitian Eli & Sari melaporkan bahwa 99% mahasiswa berharap adanya media pembelajaran baru seperti video animasi untuk membantu memahami metabolisme karbohidrat (Eli & Sari, 2018). Penggunaan animasi terbukti efektif meningkatkan pemahaman, terutama bagi peserta didik yang kesulitan dengan metode pembelajaran konvensional (Sari & Samawi, 2014). Namun, sebagian besar media yang dikembangkan sebelumnya masih bersifat pasif, sehingga belum mampu mendorong keterampilan berpikir tingkat tinggi.

Beberapa media alternatif memang sudah pernah diuji, seperti *game puzzle* (Surapaneni, 2023), kartu permainan (Terrell dkk., 2021), video animasi (Long dkk., 2021), hingga aplikasi Kahoot (Rahmahani dkk., 2020). Namun, *puzzle* dan kartu hanya cocok untuk materi sederhana, video animasi tidak memberi ruang interaksi, sedangkan Kahoot lebih fokus pada pertanyaan singkat dan belum mampu menjangkau analisis mendalam. Dengan kata lain, solusi yang sudah ada masih terbatas pada peningkatan pemahaman dasar, belum menyentuh pada pengembangan keterampilan analisis, evaluasi, dan kreasi mahasiswa dalam memahami konsep biokimia yang kompleks.

Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan *Sweetieland*, media visual interaktif berbasis semi game, yang dipadukan dengan lembar kerja mahasiswa (LKM) berlandaskan sintaks *Problem Based Learning* (PBL) dalam pembelajaran biokimia dengan fokus pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS). *Sweetieland* menghadirkan animasi, simulasi, manga, serta latihan berbasis interaksi, sementara LKM berfungsi sebagai panduan sistematis bagi mahasiswa untuk mengeksplorasi permasalahan, melakukan investigasi, dan menyusun solusi melalui tahapan PBL. Kombinasi ini menjadikan pembelajaran biokimia tidak sekadar menekankan pada penguasaan konsep, melainkan juga keterampilan analisis, evaluasi, dan sintesis terhadap jalur metabolisme (Holly dkk., 2021).

Problem Based Learning (PBL) menekankan pada proses eksplorasi materi dengan cara menyelesaikan suatu permasalahan, di mana peserta didik berperan aktif dalam mencari informasi serta melakukan penyelidikan (inquiry) untuk menemukan jawaban yang tepat (Aisyah dkk., 2017). Penerapan model ini dinilai efektif dalam pembelajaran kimia, karena mampu mengaitkan konsep-konsep yang dipelajari di kelas dengan situasi nyata dalam kehidupan sehari-hari (Fauziah dkk., 2019).

Penerapan *Sweetieland* yang diintegrasikan dengan PBL memberikan pengalaman belajar yang lebih aktif, kontekstual, dan bermakna. Mahasiswa diarahkan untuk mengaitkan dinamika metabolisme dengan situasi nyata, mengevaluasi konsekuensi biokimia dari suatu kondisi, serta mengembangkan

solusi ilmiah melalui diskusi kelompok. Proses ini memperkuat kemampuan berpikir kritis, analitis, dan kreatif sebagai bagian dari HOTS. Dengan demikian, kebaruan penelitian ini bukan hanya pada pengembangan media, melainkan pada implementasi integratif yang memadukan media interaktif berbasis game dengan perangkat pembelajaran berbasis PBL, sehingga menciptakan strategi pembelajaran biokimia yang aplikatif, inovatif, dan selaras dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21.

Selain itu, *Sweetieland* menggunakan pendekatan *bite-sized learning*, yaitu membagi materi kompleks menjadi bagian-bagian kecil yang bisa dipelajari dalam waktu singkat (Romati, 2018). Hal ini tidak hanya memudahkan mahasiswa dalam memahami konsep, tetapi juga memungkinkan mereka untuk mengintegrasikan pengetahuan secara bertahap. Kelebihan lainnya adalah sifat media yang mandiri dan fleksibel, sehingga mahasiswa dapat belajar sesuai ritme mereka sendiri.

Dengan demikian, *Sweetieland* tidak hanya membantu mahasiswa mengingat jalur metabolisme, tetapi juga melatih kemampuan berpikir tingkat tinggi yang sangat dibutuhkan di era Revolusi Industri 4.0, di mana keterampilan analitis, evaluatif, dan inovatif sangat dihargai. Hingga saat ini, belum ada penelitian yang secara khusus meneliti efektivitas media visual interaktif berbasis game dalam meningkatkan HOTS mahasiswa pada konsep metabolisme karbohidrat. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki kebaruan yang signifikan, sekaligus berpotensi memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan kualitas pembelajaran biokimia di perguruan tinggi.

Sampai saat ini, belum ditemukan penelitian yang membahas apakah penerapan pembelajaran menggunakan visual interaktif *Sweetieland* dapat meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi mahasiswa pada konsep metabolisme karbohidrat serta dipadukan dengan lembar kerja yang berlandaskan sintaks PBL. Oleh karena itu, peneliti bermaksud melakukan penelitian dengan judul **"Penerapan Pembelajaran Menggunakan Visual Interaktif *Sweetieland* untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Mahasiswa pada Konsep Metabolisme Karbohidrat"**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini diantaranya:

1. Bagaimana aktivitas penerapan pembelajaran menggunakan visual interaktif *Sweetieland* dapat meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi mahasiswa terhadap konsep metabolisme karbohidrat?
2. Bagaimana peningkatan kemampuan berpikir tingkat tinggi mahasiswa terhadap konsep metabolisme karbohidrat melalui penerapan pembelajaran menggunakan visual interaktif *Sweetieland*?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan pada penelitian ini diantaranya:

1. Mendeskripsikan aktivitas penerapan pembelajaran menggunakan visual interaktif *Sweetieland* dalam meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi mahasiswa terhadap konsep metabolisme karbohidrat.
2. Menganalisis peningkatan kemampuan berpikir tingkat tinggi mahasiswa terhadap konsep metabolisme karbohidrat setelah menerapkan pembelajaran menggunakan visual interaktif *Sweetieland*.

D. Manfaat Penelitian

1. Memberikan alternatif media pembelajaran interaktif berbasis Visual Interaktif *Sweetieland* untuk memudahkan pemahaman mahasiswa pada materi metabolisme karbohidrat yang bersifat kompleks.
2. Meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS) mahasiswa melalui pembelajaran yang lebih menarik, kontekstual, dan aplikatif.
3. Menjadi referensi bagi dosen dalam mengembangkan strategi pembelajaran biokimia yang inovatif dan efektif.
4. Memberikan kontribusi bagi institusi pendidikan dalam penyediaan media digital yang mendukung pembelajaran kimia di era digital.

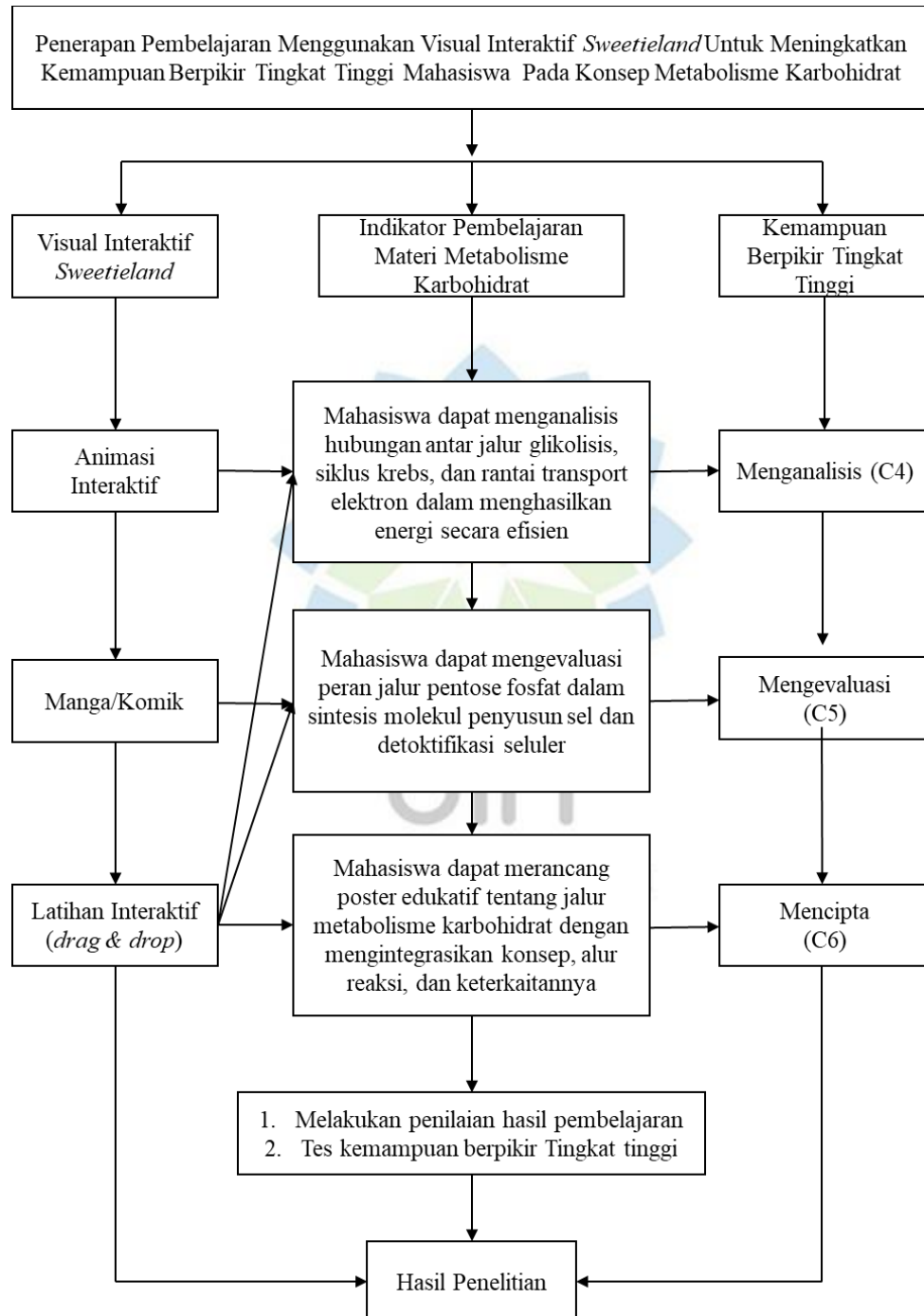
E. Kerangka Berpikir

Pembelajaran biokimia, khususnya materi metabolisme karbohidrat, selama ini sering dianggap sulit dipahami oleh mahasiswa karena konsepnya yang bersifat abstrak, kompleks, serta memerlukan kemampuan mengintegrasikan berbagai jalur metabolik. Kesulitan ini berdampak pada rendahnya keterampilan berpikir tingkat tinggi mahasiswa, seperti menganalisis hubungan antarjalur, mengevaluasi fungsi fisiologis, dan merancang konsep metabolisme secara komprehensif. Padahal, penguasaan keterampilan tersebut sangat penting agar mahasiswa mampu memahami biologi molekuler dan aplikasinya dalam kehidupan nyata (Nurjanah, 2020).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini menawarkan solusi berupa penggunaan Visual Interaktif *Sweetieland* yang disajikan melalui animasi interaktif, manga atau komik, serta latihan interaktif berbasis *drag and drop*. Media ini dirancang untuk menjadikan konsep yang abstrak lebih mudah dipahami, menyenangkan, dan aplikatif. Melalui media ini, mahasiswa diarahkan untuk mencapai indikator pembelajaran metabolisme karbohidrat, yaitu menganalisis hubungan antara jalur glikolisis, siklus Krebs, dan rantai transpor elektron dalam menghasilkan energi; mengevaluasi peran jalur pentosa fosfat dalam sintesis molekul penyusun sel dan detoksifikasi; serta merancang jalur metabolik yang menggambarkan konversi akhir glukosa menjadi energi atau senyawa cadangan sesuai kondisi fisiologis tertentu. Indikator tersebut selaras dengan kemampuan berpikir tingkat tinggi berdasarkan *Taksonomi Bloom* revisi, yakni menganalisis (C4), mengevaluasi (C5), dan mencipta (C6).

Untuk menguji efektivitas penggunaan Visual Interaktif *Sweetieland* terhadap peningkatan kemampuan berpikir tingkat tinggi, dilakukan penilaian hasil belajar mahasiswa melalui tes *pretest* dan *posttest* dengan desain *one group pre-test post-test*. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan *software SPSS*, sehingga dapat diketahui perbedaan signifikan kemampuan berpikir tingkat tinggi mahasiswa sebelum dan sesudah perlakuan. Lembar kerja mahasiswa, tes HOTS, observasi, dan analisis *N-Gain Score* digunakan untuk mengevaluasi peningkatan kemampuan mahasiswa. Hasil penelitian ini diharapkan dapat

memberikan kontribusi terhadap pengembangan model pembelajaran biokimia yang lebih inovatif dan efektif. Kerangka pemikiran dapat diilustrasikan dalam Gambar 1.1



Gambar 1.1 Kerangka Pemikiran

F. Hasil Penelitian Terdahulu

Dalam dunia pendidikan tinggi, kebutuhan untuk menghadirkan pembelajaran yang mendorong kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS) semakin mendesak, terutama dalam pembelajaran biokimia yang sarat dengan konsep abstrak dan proses yang kompleks seperti metabolisme karbohidrat. Dalam beberapa tahun terakhir, berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa pendekatan berbasis media visual interaktif memiliki dampak positif yang signifikan terhadap pengembangan kognitif mahasiswa, terutama dalam memahami proses metabolik serta meningkatkan keterampilan berpikir kritis, analitis, dan evaluatif.

Pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS) melalui media interaktif dalam pembelajaran biokimia telah banyak diteliti dalam satu dekade terakhir. Beberapa penelitian menemukan bahwa integrasi media digital, simulasi, maupun modul visual interaktif mampu memfasilitasi mahasiswa untuk tidak hanya menghafal jalur metabolisme, tetapi juga mengembangkan keterampilan analisis, sintesis, dan evaluasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Booth, Williard, dan Lassetter (2021) menunjukkan bahwa penggunaan model komputasional berbasis *predict observe explain* dalam pembelajaran metabolisme menghasilkan peningkatan signifikan pada performa mahasiswa biokimia tingkat lanjut. Mahasiswa tidak hanya mampu memahami alur reaksi metabolik, tetapi juga dapat menganalisis konsekuensi dari perubahan parameter enzimatik. Hasil ini menegaskan bahwa pembelajaran berbasis simulasi komputasional efektif dalam melatih HOTS, khususnya keterampilan analitis dan evaluatif.

Sejalan dengan itu, Marques dkk. (2021) mengembangkan kegiatan kelas berupa penggambaran diagram metabolisme secara integratif. Aktivitas ini membuat mahasiswa terlibat aktif dalam membangun jalur metabolik sekaligus menghubungkan antarjalur. Hasil penelitian memperlihatkan peningkatan *learning gains* terutama pada mahasiswa dengan kemampuan awal rendah. Temuan ini menegaskan bahwa pembelajaran berbasis visual interaktif dapat menjadi strategi yang inklusif untuk mengembangkan HOTS, khususnya dalam aspek sintesis dan integrasi konsep.

Hasil serupa dilaporkan oleh França dan Campos (2021) yang memperkenalkan *Interactive Metabolism* (iM-tool) berupa media manipulatif fisik. Melalui kegiatan merakit ulang jalur metabolisme, mahasiswa menunjukkan peningkatan performa yang signifikan dibandingkan dengan kelas konvensional. Penelitian ini juga melaporkan bahwa mahasiswa lebih mampu menyusun keterkaitan antarreaksi dan menjelaskan hubungan sistemik antarjalur metabolik. Hal ini menunjukkan bahwa media manipulatif interaktif berperan besar dalam pengembangan keterampilan berpikir sistemik, analitis, dan kreatif.

Roesler dan Dreaver-Charles (2018) menekankan bahwa penggunaan *responsive e-learning* berbasis latihan interaktif seperti *drag and drop* dan klik regulasi glikolisis meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap prinsip metabolisme. Mahasiswa juga mendapatkan umpan balik langsung dari sistem, yang memungkinkan mereka merefleksi keputusan dan memperbaiki pemahamannya. Pemberian umpan balik secara cepat ini terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan evaluasi logis, bagian penting dari HOTS.

Selain itu, penelitian Lee, dkk. (2023) mengembangkan modul visual interaktif dalam bentuk *bite-sized learning* dengan integrasi animasi, desain manga, dan metro map jalur metabolik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 95% mahasiswa merasa lebih mudah memahami konsep-konsep utama metabolisme karbohidrat dengan media ini. Dampaknya tidak hanya pada retensi konsep, tetapi juga kemampuan untuk melakukan analisis lintas jalur metabolik, sebuah keterampilan yang menjadi inti dari HOTS.

Nowak, dkk. (2023) memperluas temuan ini melalui pendekatan *microlearning* berbasis *active recall*. Aktivitas singkat berbasis visual meningkatkan kinerja mahasiswa dalam ujian biokimia, terutama pada konsep sulit seperti respirasi seluler dan metabolisme glikogen. Penelitian ini membuktikan bahwa pembelajaran berbasis *microlearning* yang interaktif tidak hanya efektif meningkatkan pemahaman dasar, tetapi juga mendukung keterampilan analitis dan evaluatif mahasiswa.

Dari perspektif kontekstual, Ge dkk. (2024) menggunakan simulasi klinis berbasis PET/CT untuk mengajarkan glikolisis. Penelitian ini menemukan bahwa mahasiswa yang belajar dengan simulasi berbasis kasus menunjukkan peningkatan skor teori yang signifikan dibanding kelompok kontrol. Sebanyak 88,2% mahasiswa juga melaporkan peningkatan pemahaman terhadap metabolisme glukosa dalam konteks klinis. Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi media interaktif dengan konteks nyata mampu meningkatkan keterampilan aplikatif mahasiswa, sebuah dimensi penting dari HOTS.

Di sisi lain, penelitian Bruna dkk. (2019) melalui *penerapan problem based learning* (PBL) dalam analisis artikel kesehatan menemukan bahwa mahasiswa mampu mengaitkan konsep metabolisme dengan kasus nutrisi nyata. PBL terbukti mendorong mahasiswa untuk melakukan evaluasi kritis terhadap informasi dan mengembangkan sintesis pengetahuan yang lebih luas. Hasil ini sejalan dengan karakteristik HOTS yang menekankan keterampilan berpikir kritis, reflektif, dan kreatif. Lebih lanjut, Pramesti, Sajidan, dan Dwiastuti (2018) menemukan bahwa penerapan modul biokimia berbasis sintaks Stim-HOTS di tingkat SMA meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada topik metabolisme. Hasil post-test siswa yang menggunakan modul menunjukkan peningkatan signifikan dibandingkan kelompok kontrol. Penelitian ini memperkuat bukti bahwa media pembelajaran yang dirancang khusus untuk menstimulasi HOTS efektif diterapkan bahkan di tingkat pendidikan menengah.

Penelitian sebelumnya yang melibatkan mahasiswa semester VI dari program studi pendidikan kimia dan kimia di Universitas Negeri Jakarta, dengan partisipasi 59 responden melalui formulir *Google*, mengungkapkan bahwa hampir seluruhnya, yakni 99%, mengungkapkan keinginan mereka untuk memiliki sumber pembelajaran tambahan selain dari buku kuliah. Selain itu, mayoritas responden, juga sebanyak 99%, menyatakan harapan mereka terhadap tersedianya materi video pembelajaran khususnya untuk mata kuliah Biokimia, terutama yang berfokus pada konsep metabolisme karbohidrat (Eli & Sari, 2018). Penemuan ini diperkuat oleh hasil penelitian sebelumnya yang menginvestigasi dampak penggunaan media animasi terhadap prestasi belajar dalam Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Hasil studi

ini menunjukkan peserta didik dengan tingkat pembelajaran yang cenderung lambat mengalami peningkatan pemahaman yang signifikan terhadap mata pelajaran IPA setelah mengkonsumsi materi pembelajaran yang disajikan melalui media animasi (Sari & Samawi, 2014).

Penelitian-penelitian sebelumnya telah melakukan berbagai alternatif media pembelajaran untuk mengatasi kendala dalam pengajaran, terutama dalam materi metabolisme karbohidrat, seperti penggunaan media *game puzzle* konvensional (Surapaneni, 2023), media game kartu (Terrell dkk., 2021), video animasi (Long dkk., 2021), dan aplikasi *Kahoot* (Rahmahani dkk., 2020). Namun, masing-masing media ini memiliki keterbatasan. Misalnya, media *game puzzle* dan kartu tidak dapat menyampaikan informasi secara rinci, terutama untuk materi yang kompleks (Surapaneni, 2023; Terrell dkk., 2021). Video animasi cenderung bersifat satu arah, hanya menyampaikan informasi tanpa memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk berinteraksi atau berpikir kritis (Long dkk., 2021). Sementara itu, *Kahoot* tidak efektif untuk materi yang sangat kompleks atau abstrak, karena lebih berfokus pada pertanyaan sederhana dan langsung, yang membatasi kemampuannya untuk menyampaikan konsep-konsep yang rumit dengan baik (Rahmahani dkk., 2020). Meskipun menggunakan berbagai media pembelajaran, masih terdapat kendala dan keterbatasan dalam penerapannya. Namun, meskipun ada banyak kajian tentang pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran, belum ada penelitian yang secara khusus mengkaji penggunaan media visual interaktif berbasis animasi untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi pada konsep metabolisme karbohidrat.

Secara keseluruhan, hasil penelitian terdahulu menegaskan bahwa penerapan media pembelajaran visual dan interaktif dalam biokimia, khususnya metabolisme karbohidrat, memiliki dampak signifikan terhadap pengembangan HOTS mahasiswa. Media interaktif terbukti membantu mahasiswa memahami hubungan lintas jalur, menganalisis dinamika metabolik, mengevaluasi implikasi perubahan sistem, dan menyusun sintesis konseptual yang lebih mendalam. Dengan demikian, pendekatan ini relevan untuk mendukung pendidikan abad ke-21 yang menuntut lulusan dengan kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan aplikatif.