BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pendidikan sains khususnya biologi memiliki peran strategis dalam pembentukan literasi ilmiah siswa serta dalam membangun kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah yang dibutuhkan untuk menghadapi tantangan kompleks di era abad ke-21, yang tidak hanya menuntut penguasaan konsep tetapi juga keterampilan dalam menyusun keterkaitan antarberbagai fenomena biologis yang saling terkait secara sistemik. Namun dalam praktiknya, pembelajaran biologi di sekolahan masih banyak menggunakan strategi konvensional seperti ceramah, buku teks, dan gambar dua dimensi statis yang bersifat linier sehingga cenderung menempatkan siswa sebagai penerima pasif daripada pembelajar aktif yang terlibat dalam proses konstruk pengetahuan secara bermakna.

Karakteristik materi biologi yang abstrak, kompleks, dan prosesnya sering tidak dapat diamati secara langsung semakin memperburuk kesenjangan antara representasi pembelajaran dan kemampuan kognitif siswa, terutama ketika materi yang dipelajari mensyaratkan integrasi spasial dan temporal, seperti mekanisme kerja organ tubuh dalam sistem pernapasan. Menurut Sweller, Van Merriënboer, dan Paas (2019), apabila desain pembelajaran tidak mempertimbangkan keterbatasan memori kerja manusia, maka siswa akan mengalami beban kognitif yang tinggi sehingga mempengaruhi efektivitas pembelajaran. Hal ini diperkuat oleh Mayer (2021) yang menyatakan bahwa pemrosesan informasi dalam bentuk multimedia perlu dirancang dengan prinsip yang tepat agar tidak menimbulkan *extraneous load* yang justru menghambat pemahaman. Selanjutnya, Ayres dan Sweller (2021) menegaskan bahwa media pembelajaran yang memaksa siswa menggabungkan sumber informasi terpisah secara mandiri akan memicu *split-attention effect* dan memperberat beban kognitif tanpa meningkatkan pemahaman mendalam. Kondisi ini menunjukkan bahwa inovasi media pembelajaran yang memperhatikan teori belajar kognitif

menjadi kebutuhan yang mendesak dalam konteks pembelajaran biologi masa kini.

Pada Fase D (kelas VII-IX SMP), Capaian Pembelajaran (CP) IPA elemen Pemahaman IPA menuntut peserta didik mengidentifikasi sistem organisasi kehidupan serta menganalisis keterkaitan sistem organ dengan fungsinya, termasuk kelainan atau gangguan yang muncul pada sistem pernapasan (Kemendikbudristek BSKAP, 2022). Pada materi sistem pernapasan, CP tersebut dijabarkan menjadi tujuan pembelajaran yang menggunakan kata kerja operasional (KKO) pada ranah kognitif Taksonomi Bloom revisi, yaitu *menjelaskan* mekanisme inspirasi dan ekspirasi serta pertukaran gas di alveolus (C2), dan *menganalisis* hubungan struktur organ dengan fungsinya (C4) (Anderson & Krathwohl, 2001). Kedua KKO ini tidak dapat dicapai melalui hafalan istilah, karena siswa harus memahami perubahan volume dan tekanan rongga dada, aliran udara, dan difusi gas yang berlangsung bersamaan. Kenyataannya, siswa sering mengalami miskonsepsi pada materi sistem organ karena cenderung menghafal istilah tanpa memahami mekanisme kerja sistem secara utuh (Çimer, 2012). Miskonsepsi yang khas pada topik ini antara lain keliru membedakan pernapasan (*breathing*) dengan respirasi seluler dan keliru memahami pertukaran gas (Mann & Treagust, 1998). Di Indonesia, Hidayat, Susilaningsih, dan Yulianto (2020) menemukan bahwa media dua dimensi belum mampu membantu siswa memahami konsep dinamis, sehingga pemahaman terhadap sistem organ masih rendah. Kondisi ini selaras dengan capaian literasi sains siswa Indonesia yang masih di bawah rerata negara OECD (OECD, 2023). Dengan demikian, ada kesenjangan antara tuntutan CP, yang menekankan kemampuan menjelaskan dan menganalisis, dan pemahaman siswa yang masih bersifat permukaan.

Kesenjangan tersebut dapat dijelaskan melalui *Cognitive Load Theory* (CLT), yang berangkat dari keterbatasan kapasitas memori kerja dalam memproses informasi baru sebelum disimpan ke memori jangka panjang (Sweller et al., 2019). CLT membedakan tiga jenis beban kognitif: *intrinsic load*, yang berasal dari kompleksitas materi; *extraneous load*, yang muncul

akibat desain instruksional yang tidak efektif; dan *germane load*, yang mendukung pembentukan skema pengetahuan. Materi sistem pernapasan memiliki *intrinsic load* tinggi karena banyak elemen yang saling berinteraksi dan harus diproses bersamaan, seperti kontraksi otot, perubahan volume rongga dada, perubahan tekanan udara, dan difusi gas (Sweller, 2010). Jika media tidak dirancang dengan baik, *extraneous load* akan menambah beban tersebut dan menghambat pemahaman (Mayer & Moreno, 2003). Sebaliknya, representasi visual dinamis yang dirancang dengan memperhatikan prinsip CLT dan pembelajaran multimedia dapat membantu siswa membangun model mental proses yang bergerak dan berubah (Mayer, 2021). Tinjauan meta-analisis pun menunjukkan bahwa animasi cenderung lebih unggul daripada gambar statis untuk materi yang prosesnya berubah menurut waktu, asalkan desainnya tepat (Höffler & Leutner, 2007; Berney & Bétrancourt, 2016). Oleh karena itu, pengembangan media pembelajaran sistem pernapasan yang berbasis prinsip CLT diperlukan agar siswa kelas VIII mencapai tujuan pembelajaran pada level C2 dan C4 sesuai CP.

Selain CLT, *Cognitive Theory of Multimedia Learning* yang dikembangkan oleh Mayer (2021) menekankan pentingnya penyajian informasi visual dan verbal yang terintegrasi secara koheren bagi siswa agar dapat mendorong mereka untuk memilih, mengorganisasi, dan mengintegrasikan elemen-elemen informasi tersebut secara aktif ke dalam struktur kognitif mereka. Mayer mengemukakan bahwa prinsip-prinsip seperti *segmenting, modality, dan contiguity* sangat penting dalam desain media multimedia agar tidak memicu *split-attention effect* atau pemrosesan redundan yang dapat meningkatkan *extraneous load.* Teori ini relevan dalam konteks pemanfaatan teknologi karena media digital yang tidak dirancang berdasarkan prinsip tersebut justru dapat menambah beban perseptual dan kognitif siswa, terutama jika konten terlalu kompleks atau elemen audiovisualnya tidak selaras. Kombinasi ini menjadi kerangka teoritis yang kuat dalam merancang media pembelajaran yang tidak hanya menarik secara visual tetapi juga efektif secara kognitif dalam membantu siswa memproses informasi kompleks. Studi

internasional menunjukkan bahwa media pembelajaran yang mengadopsi prinsip multimedia mampu meningkatkan pemahaman konseptual dan retensi belajar (de Jong, 2010). Dengan demikian, pengembangan media yang mempertimbangkan prinsip desain kognitif merupakan langkah strategis dalam mengatasi hambatan pembelajaran biologi.

Perkembangan teknologi pendidikan yang pesat memberikan peluang untuk menghadirkan media pembelajaran yang lebih representatif, interaktif, dan bermakna, salah satunya melalui teknologi *Augmented Reality* (AR) yang menggabungkan objek virtual tiga dimensi ke dalam lingkungan nyata secara real-time sehingga memberikan pengalaman belajar yang lebih imersif dan konkret bagi siswa. AR dalam konteks pembelajaran biologi memungkinkan siswa mengamati model organ pernapasan secara mendalam, memutar objek tiga dimensi, serta melihat proses kerja sistem secara lebih jelas dan mendekati realitas alami dibandingkan gambar dua dimensi statis yang selama ini digunakan. Meta-analisis pendidikan STEM oleh Ibáñez dan Delgado-Kloos (2018) menunjukkan bahwa penggunaan AR mampu meningkatkan keterlibatan, motivasi belajar, serta pencapaian hasil belajar siswa secara signifikan dibandingkan media tradisional. Akçayır (2017) juga menegaskan bahwa AR dapat mendukung pembelajaran konsep yang membutuhkan visualisasi spasial tinggi, meskipun perlu dirancang berdasarkan teori belajar agar tidak menghadirkan beban kognitif yang berlebihan. Di Indonesia, beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan teknologi *Augmented Reality* dalam pembelajaran IPA dapat meningkatkan keterlibatan siswa karena mampu menyajikan visualisasi konsep secara lebih nyata dan interaktif. Media AR memungkinkan siswa berinteraksi langsung dengan objek pembelajaran sehingga proses belajar menjadi lebih menarik dan bermakna (Syawaludin et al., 2019). Oleh karena itu, teknologi AR memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas pembelajaran biologi, khususnya pada materi yang memerlukan visualisasi dinamis seperti sistem pernapasan.

Meskipun AR memiliki potensi yang besar, sejumlah studi internasional mengingatkan bahwa penggunaan teknologi tanpa desain

pedagogis yang matang justru dapat memperbesar beban kognitif siswa jika konten dipenuhi oleh elemen visual dan interaksi yang tidak relevan. Radu (2014) menjelaskan bahwa teknologi imersif seperti AR dapat memicu peningkatan *perceptual load* dan *extraneous load* apabila tidak dirancang berdasarkan prinsip-prinsip desain pembelajaran yang memperhatikan keterbatasan kognitif manusia. Penelitian menunjukkan bahwa teknologi imersif seperti VR dan AR mampu meningkatkan motivasi serta keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Namun, peningkatan tersebut tidak selalu diikuti oleh peningkatan pemahaman konseptual apabila desain media tidak memperhatikan prinsip multimedia dan pengelolaan beban kognitif (Makransky et al., 2019). Temuan ini membuat jelas bahwa walaupun teknologi AR menarik dan inovatif, keberhasilannya dalam konteks pendidikan sangat bergantung pada sejauh mana media tersebut dirancang berdasarkan teori belajar kognitif yang kuat. Dengan demikian, pengembangan media pembelajaran berbasis AR harus terintegrasi dengan prinsip-prinsip *Cognitive Load Theory* dan *Multimedia Learning Theory* agar efektivitasnya dalam proses belajar siswa dapat dimaksimalkan.

Analisis awal yang dilakukan melalui survei terhadap 44 siswa kelas VIII di salahsatu sekolah di Kabupaten Tasikmalaya menunjukkan bahwa sebagian besar siswa mengalami kesulitan dalam menghubungkan mekanisme struktur organ pernapasan dengan fungsi biologis mereka, terutama dalam menjelaskan perubahan tekanan udara dan distribusi gas dalam alveolus secara simultan. Hasil observasi dan wawancara juga menunjukkan bahwa siswa cenderung mengalami kesulitan ketika diminta menjelaskan proses inspirasi dan ekspirasi secara rinci karena gambar dua dimensi yang tersedia tidak memadai untuk menggambarkan fenomena spasial tersebut secara keseluruhan. Selain itu, proses pembelajaran pada materi sistem pernapasan maupun materi biologi lainnya di sekolah tersebut umumnya masih menggunakan media konvensional berupa presentasi PowerPoint yang menampilkan teks dan gambar statis, sehingga visualisasi proses biologis yang kompleks belum dapat disajikan secara optimal. Sebanyak 34,1% siswa menyatakan bahwa media

pembelajaran yang digunakan selama ini kurang membantu mereka dalam membangun representasi mental yang kuat tentang proses yang terjadi dalam sistem pernapasan, sehingga siswa sering kali hanya mampu menghafal istilah saja. Temuan ini konsisten dengan indikator beban kognitif *intrinsic load* yang tinggi akibat kompleksnya materi, dikombinasikan *extraneous load* yang belum dikelola dengan baik dan rendahnya *germane load* dalam proses pembelajaran. Kondisi ini menunjukkan bahwa desain media yang baru harus mempertimbangkan prinsip cognitive load secara eksplisit agar pembelajaran menjadi lebih efektif dan bermakna. Temuan empiris ini menguatkan urgensi pengembangan media pembelajaran yang dirancang tidak hanya berdasarkan teknologi tetapi juga landasan teori kognitif yang kuat.

Selain itu, analisis hasil belajar awal menunjukkan bahwa siswa yang dibelajarkan dengan media konvensional memiliki skor pemahaman yang lebih rendah dibandingkan dengan siswa yang mendapatkan dukungan media interaktif dalam bentuk sederhana, meskipun belum AR, sehingga ada indikasi bahwa representasi multimedia dapat meningkatkan pemahaman siswa. Hasil ini konsisten dengan hasil penelitian Maryanti (2021) yang menemukan bahwa media pembelajaran biologi berbasis teknologi digital yang dirancang dengan prinsip pedagogis mampu meningkatkan keterlibatan aktif dan pemahaman konseptual siswa. Penelitian Maryanti (2023) juga menunjukkan bahwa desain media yang mempertimbangkan konteks lokal dan kebutuhan siswa dapat menghasilkan media yang efektif dalam meningkatkan motivasi belajar IPA. Temuan-temuan ini menunjukkan bahwa pengembangan media berbasis AR perlu mempertimbangkan konteks pembelajaran siswa, keterbatasan kognitif, serta prinsip teori belajar yang matang agar media yang dihasilkan benar-benar mampu membantu proses belajar siswa.

Dengan permasalahan umum yang terjadi dalam pembelajaran biologi serta temuan khusus dari analisis kondisi siswa di lapangan, terlihat bahwa masih terdapat kesenjangan antara kebutuhan pembelajaran yang ideal dengan praktik yang ada saat ini, terutama dalam hal mediasi visualisasi konsep yang kompleks. Pengembangan media pembelajaran berbasis AR yang didesain

dengan memperhatikan prinsip *Cognitive Load Theory* dan prinsip multimedia mampu menjawab kebutuhan tersebut karena media yang terstruktur secara kognitif dapat membantu mengurangi beban kognitif yang tidak relevan (*extraneous load*), mengelola kompleksitas materi (*intrinsic load*), dan mendukung pemrosesan generatif (*germane load*) siswa (Sweller et al., 2011; Mayer, 2019; Gonnermann-Müller et al., 2025). Dengan demikian, kapasitas memori kerja siswa dapat dioptimalkan untuk membangun skema pengetahuan yang lebih efektif dan tahan lama serta membantu mereka memahami hubungan antar konsep dengan lebih bermakna (Sweller et al., 2011). Karena itu, pengembangan media pembelajaran berbasis AR untuk materi sistem pernapasan yang mengintegrasikan teori pembelajaran kognitif menjadi solusi strategis yang layak untuk dikembangkan dalam konteks pembelajaran biologi SMP.

Berdasarkan uraian tersebut maka penelitian ini dilaksanakan dengan judul: "Pengembangan Media Pembelajaran *Augmented Reality* Sistem Pernapasan terhadap Beban Kognitif Siswa" Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi teoretis berupa model desain media pembelajaran berbasis AR yang terintegrasi dengan pengelolaan beban kognitif, serta kontribusi praktis berupa produk media yang valid, praktis, dan efektif digunakan dalam pembelajaran biologi materi sistem pernapasan di kelas VIII SMP.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut : "Bagaimana pengembangan media *Augmented Reality* sistem pernapasan terhadap beban kognitif?"

Adapun pertanyaan penelitian berdasarkan rumusan masalah, Adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengembangan media pembelajaran berbasis media *Augmented Reality* sistem pernapasan?

2. Bagaimana tingkat validitas media pembelajaran *Augmented Reality* sistem pernapasan berdasarkan penilaian para ahli?
3. Bagaimana profil beban kognitif siswa setelah menggunakan media pembelajaran *Augmented Reality* sistem pernapasan?

C. Tujuan Penelitian

Dengan rumusan masalah diatas, maka tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan pengembangan pengembangan media pembelajaran berbasis media *Augmented Reality* sistem pernapasan.
2. Menguji tingkat validitas media pembelajaran *Augmented Reality* sistem pernapasan berdasarkan penilaian para ahli.
3. Mengetahui profil beban kognitif siswa setelah menggunakan media pembelajaran *Augmented Reality* sistem pernapasan

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian pengembangan yang telah dirumuskan, maka penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baik secara teoretis maupun praktis. Manfaat teoretis berkaitan dengan pengayaan kajian keilmuan di bidang pendidikan, khususnya dalam pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi, sedangkan manfaat praktis diharapkan dapat dirasakan secara langsung oleh siswa, guru, dan peneliti selanjutnya dalam mendukung proses pembelajaran biologi yang lebih efektif dan bermakna.

E. Manfaat Teoritis

Secara teoretis, penelitian pengembangan ini diharapkan dapat memperkaya kajian keilmuan di bidang pendidikan biologi, khususnya terkait pengembangan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) yang berlandaskan *Cognitive Load Theory* (CLT)**.** Penelitian ini memberikan kontribusi dalam memahami bagaimana prinsip-prinsip pengelolaan beban kognitif dapat diintegrasikan dengan teknologi visual interaktif untuk memfasilitasi pemahaman konsep biologis yang bersifat abstrak dan

mikroskopis. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi konseptual bagi penelitian selanjutnya yang mengkaji efektivitas media pembelajaran berbasis teknologi dalam meningkatkan kualitas proses dan hasil belajar.

F. Manfaat Praktis

Secara praktis, penelitian ini diharapkan memberikan manfaat langsung bagi berbagai pihak, yaitu:

1. Bagi Siswa

   Memberikan pengalaman belajar yang lebih konkret melalui visualisasi objek 3D yang interaktif, sehingga memudahkan siswa dalam memahami proses biologis yang abstrak dan mikroskopis. Selain itu, penggunaan media yang ramah kognitif dapat membantu mengurangi kelelahan mental (*cognitive fatigue*) dan beban belajar yang tidak perlu, sehingga retensi pengetahuan siswa menjadi lebih optimal.

2. Bagi Guru

   Menyediakan alternatif media pembelajaran inovatif yang praktis dan efektif untuk mengatasi keterbatasan alat peraga di sekolah. Media ini juga dapat menjadi referensi bagi guru dalam merancang instruksi pembelajaran yang sistematis sesuai dengan kapasitas memori kerja siswa, guna meminimalisir miskonsepsi pada materi yang kompleks.

3. Bagi Peneliti

   Memberikan kontribusi ilmiah dan pengalaman praktis dalam mengintegrasikan teknologi *Augmented Reality* dengan teori psikologi kognitif *(Cognitive Load Theory).* Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi atau dasar bagi peneliti lain untuk mengembangkan media pembelajaran berbasis teknologi serupa pada materi biologi lainnya.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

G. Batasan Masalah

Untuk menjaga agar penelitian tetap terfokus dan mendalam, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Aspek Teknologi

   Pengembangan produk dibatasi pada media pembelajaran berbasis *markerless* atau *marker-based Augmented Reality* yang dapat dioperasikan pada perangkat seluler dengan sistem operasi Android atau iOS. Media pembelajaran AR berorientasi *Cognitive Load Theory* (CLT) ini dikembangkan menggunakan *Assemblr Edu* sebagai platform utama dalam pembuatan dan penyajian objek tiga dimensi.

2. Aspek Materi

   Materi pembelajaran yang dikembangkan terbatas pada materi Sistem Pernapasan untuk kelas VIII SMP yang disesuaikan dengan kurikulum yang digunakan di sekolah.. Fokus materi mencakup struktur dan fungsi organ-organ penyusun sistem pernapasan manusia. Selain itu, media memuat mekanisme pernapasan dada dan pernapasan perut yang disajikan melalui visualisasi tiga dimensi untuk membantu siswa memahami konsep yang bersifat abstrak.

3. Aspek Desain Instruksional

   Implementasi *Cognitive Load Theory* (CLT) dalam media pembelajaran difokuskan pada tiga prinsip utama, yaitu *spatial contiguity*, *segmenting*, dan *modality*. Prinsip *spatial contiguity* diterapkan dengan mengintegrasikan teks atau keterangan pada objek tiga dimensi yang relevan. Prinsip *segmenting* diterapkan dengan membagi materi menjadi unit-unit kecil yang dapat dikontrol oleh pengguna, sedangkan prinsip *modality* diterapkan melalui penggunaan narasi audio untuk mendampingi visualisasi guna mengurangi beban pada kanal visual.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

H. Kerangka Berfikir

Capaian Pembelajaran (CP) elemen Pemahaman IPA pada Fase D menuntut peserta didik mampu mengidentifikasi sistem organisasi kehidupan serta menganalisis keterkaitan sistem organ dengan fungsinya, termasuk kelainan atau gangguan yang muncul pada sistem organ, salah satunya sistem pernapasan (Kemendikbudristek BSKAP, 2022). Tuntutan tersebut mengharuskan siswa tidak hanya mengenali nama dan letak organ, tetapi juga memahami proses yang berlangsung di dalamnya serta menghubungkan struktur dengan fungsinya. Oleh karena CP bersifat umum dan dicapai pada akhir fase, CP perlu dijabarkan secara operasional menjadi Tujuan Pembelajaran (TP) dan Indikator Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (IKTP). Penjabaran ini sejalan dengan prinsip *backward design*, yaitu hasil belajar yang diharapkan dirumuskan terlebih dahulu, kemudian bukti ketercapaiannya, dan terakhir pengalaman belajar serta media yang mendukungnya (Wiggins & McTighe, 2005).

Berdasarkan CP tersebut, TP penelitian ini dirumuskan agar melalui pembelajaran menggunakan media *Augmented Reality* (AR), siswa mampu mengidentifikasi organ dan fungsinya, menjelaskan mekanisme inspirasi dan ekspirasi serta pertukaran gas di alveolus, dan menganalisis keterkaitan struktur-fungsi organ serta gangguan pada sistem pernapasan manusia. TP tersebut dijabarkan ke dalam empat IKTP, yaitu mengidentifikasi organ penyusun sistem pernapasan beserta fungsinya, menjelaskan mekanisme inspirasi dan ekspirasi, menjelaskan proses pertukaran oksigen (O_2) dan karbon dioksida (CO_2) di alveolus, serta menganalisis keterkaitan struktur dan fungsi organ pernapasan serta gangguan yang dapat terjadi. Keempat indikator itu berada pada dimensi proses kognitif mengidentifikasi dan menjelaskan (C1-C2) hingga menganalisis (C4) (Anderson & Krathwohl, 2001), sehingga siswa dituntut memahami proses dan hubungan antarkonsep, bukan sekadar mengingat istilah.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

Karakteristik materi yang dituntut oleh IKTP tersebut bersifat abstrak dan dinamis. Siswa perlu membayangkan struktur organ secara tiga dimensi dan memahami proses yang tidak dapat diamati secara langsung, seperti perubahan volume dan tekanan rongga dada serta difusi gas di alveolus. Media konvensional seperti buku teks dan gambar dua dimensi cenderung statis sehingga kurang mampu menggambarkan proses yang berubah menurut waktu, dan akibatnya siswa cenderung menghafal tanpa pemahaman yang utuh (Mayer, 2021). Kesenjangan antara tuntutan IKTP dan keterbatasan media ini menunjukkan perlunya media yang mampu merepresentasikan struktur dan proses secara lebih konkret dan interaktif. AR merupakan teknologi yang menggabungkan objek virtual dengan lingkungan nyata secara *real-time* dan interaktif (Azuma, 1997). Kajian sistematis dan meta-review melaporkan bahwa AR berpotensi meningkatkan pemahaman konsep pada materi sains yang membutuhkan visualisasi spasial, serta meningkatkan motivasi belajar (Radu, 2014; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018).

Pemanfaatan AR dalam pembelajaran perlu didukung oleh model pembelajaran yang mengarahkan aktivitas siswa. Penelitian ini menggunakan model *discovery learning* karena model tersebut mendorong siswa menemukan sendiri konsep melalui keterlibatan aktif dengan objek yang dipelajari (Bruner, 1961). Model ini terdiri atas enam tahap, yaitu *stimulation* (pemberian rangsangan), *problem statement* (identifikasi masalah), *data collection* (pengumpulan data), *data processing* (pengolahan data), *verification* (pembuktian), dan *generalization* (penarikan kesimpulan) (Hosnan, 2014). Tahapan tersebut selaras dengan IKTP dan karakteristik AR: siswa mengamati organ dan proses pernapasan dalam bentuk tiga dimensi, mengumpulkan dan mengolah informasi melalui manipulasi objek, kemudian membuktikan dan menyimpulkan keterkaitan antara struktur dan fungsi. Meskipun demikian, penemuan tanpa bimbingan dapat membebani memori kerja siswa (Kirschner et al., 2006). Oleh karena itu, *discovery learning* dalam penelitian ini dirancang

sebagai penemuan terbimbing, yang menurut hasil meta-analisis lebih efektif dibandingkan penemuan tanpa bantuan (Alfieri et al., 2011).

Di sisi lain, penggunaan AR berpotensi menimbulkan beban kognitif berlebih (*cognitive overload*) akibat banyaknya informasi visual, kompleksitas tugas, dan kesulitan penggunaan teknologi (Akçayır & Akçayır, 2017). Karena itu, perancangan media perlu berlandaskan *Cognitive Load Theory* (CLT) yang berangkat dari keterbatasan kapasitas memori kerja dalam memproses informasi. CLT membedakan tiga jenis beban kognitif, yaitu *intrinsic load* yang berasal dari kompleksitas materi, *extraneous load* yang timbul dari desain instruksional yang kurang efektif, dan *germane load* yang mendukung pembentukan skema (Sweller et al., 2011). Dalam penelitian ini, *intrinsic load* ditentukan oleh kompleksitas materi yang dituntut IKTP dan dikelola dengan menyajikan materi secara bertahap sesuai urutan indikator. *Extraneous load* dan *germane load* dipengaruhi oleh cara tahapan *discovery learning* disajikan dalam media. *Extraneous load* ditekan dengan desain visual dan interaksi yang sederhana serta relevan sesuai prinsip pembelajaran multimedia (Mayer, 2021), sedangkan *germane load* dioptimalkan melalui aktivitas eksploratif yang mendorong siswa membangun skema pemahaman.

Berbagai pertimbangan tersebut diwujudkan melalui pengembangan media pembelajaran AR dengan metode *Design and Development Research* (D&D), yang menempatkan teori pembelajaran, analisis konteks, dan kebutuhan siswa sebagai dasar keputusan desain, kemudian mengevaluasinya secara iteratif (Richey & Klein, 2007). Pengembangan mengikuti model PPE yang terdiri atas tiga tahap, yaitu *planning*, *production*, dan *evaluation* (Richey & Klein, 2007). Pada setiap tahap, keputusan pengembangan ditelusuri kembali pada TP, IKTP, tahapan *discovery learning*, dan pertimbangan beban kognitif, sehingga media yang dihasilkan tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga selaras dengan tujuan belajar yang hendak dicapai.

Tahap *planning* merupakan landasan seluruh pengembangan. Pada tahap ini dilakukan telaah literatur dan kurikulum untuk memastikan kesesuaian

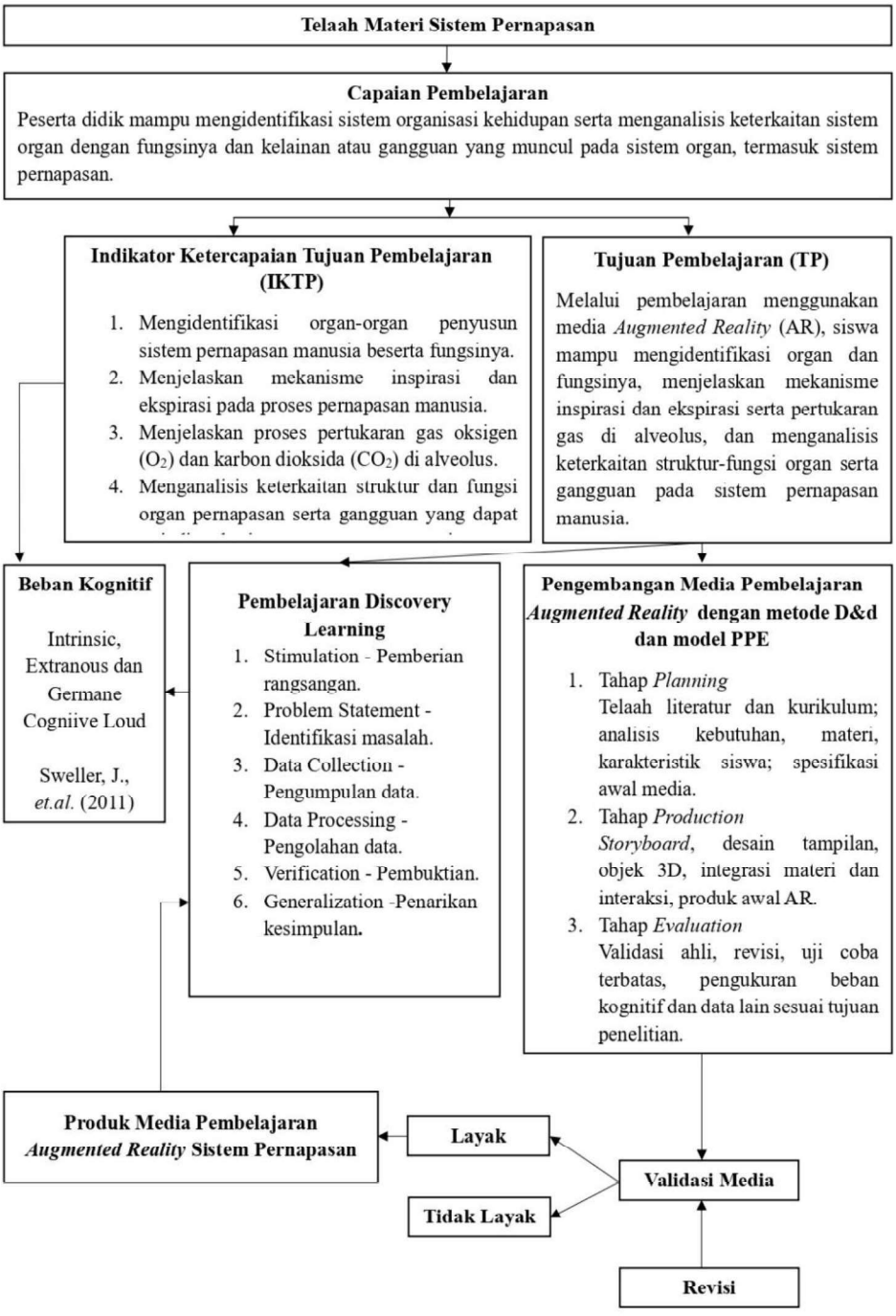
media dengan CP, TP, dan IKTP, analisis kebutuhan untuk mengidentifikasi kesulitan siswa dalam memahami sistem pernapasan, analisis materi untuk menentukan cakupan dan urutan konsep, serta analisis karakteristik siswa. Analisis karakteristik siswa, khususnya pengetahuan awal, penting karena memengaruhi besarnya *intrinsic load* yang dialami siswa saat mempelajari materi (Sweller et al., 2011). Keluaran tahap ini berupa spesifikasi awal media yang memuat rumusan kebutuhan, urutan materi, serta rancangan pengintegrasian tahapan *discovery learning* ke dalam media.

Tahap *production* menerjemahkan spesifikasi tersebut menjadi produk awal AR. Kegiatan diawali dengan penyusunan *storyboard* yang memetakan alur penyajian materi sesuai urutan IKTP dan tahapan *discovery learning*. Selanjutnya dirancang desain tampilan dan objek tiga dimensi organ pernapasan, kemudian materi dan interaksi diintegrasikan ke dalam media. Pada tahap inilah pertimbangan CLT diterapkan secara konkret. Materi disajikan secara bertahap dan terbagi dalam segmen yang singkat untuk mengelola *intrinsic load*, elemen visual yang tidak relevan dihilangkan dan informasi penting diberi penanda untuk menekan *extraneous load* (Mayer, 2021), serta interaksi eksploratif seperti memanipulasi objek tiga dimensi disediakan untuk mendorong *germane load*.

Tahap *evaluation* bertujuan memastikan produk awal layak digunakan sebelum diterapkan secara lebih luas. Evaluasi dimulai dengan validasi ahli untuk menilai kelayakan materi dan media, dilanjutkan dengan revisi berdasarkan masukan ahli. Produk yang telah direvisi kemudian diujicobakan secara terbatas kepada siswa untuk memperoleh data kepraktisan. Evaluasi formatif secara bertahap seperti ini lazim dilakukan untuk menyempurnakan produk sebelum implementasi yang lebih luas (Tessmer, 1993). Pada tahap ini juga dilakukan pengukuran beban kognitif siswa menggunakan skala usaha mental (Paas, 1992) dan kuesioner beban kognitif tiga komponen (Leppink et al., 2013), serta pengumpulan data lain sesuai tujuan penelitian. Dengan demikian, efektivitas media dapat diketahui dari sisi pemahaman konsep maupun beban kognitif yang dialami siswa.

Hasil evaluasi bermuara pada validasi media. Apabila media dinyatakan layak, media tersebut menjadi produk akhir berupa media pembelajaran AR sistem pernapasan. Apabila dinyatakan tidak layak, media direvisi dan divalidasi kembali hingga memenuhi kriteria. Siklus ini sejalan dengan karakter D&D yang iteratif serta kriteria kualitas produk yang mencakup validitas, kepraktisan, dan efektivitas (Nieveen, 1999). Dengan demikian, penelitian ini bergerak dari CP yang dijabarkan menjadi TP dan IKTP, melahirkan pilihan model *discovery learning* dan pertimbangan beban kognitif, diwujudkan melalui tahap *planning*, *production*, dan *evaluation*, serta diharapkan menghasilkan media AR yang layak untuk mendukung pemahaman konsep siswa kelas VIII. Kerangka berpikir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.1.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG



Gambar 1. 1. Kerangka Berpikir Penelitian