

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality (AR)

Media pembelajaran pada hakikatnya merupakan segala sesuatu yang dapat digunakan untuk menyalurkan pesan dari pengirim ke penerima, sehingga dapat merangsang pikiran, perasaan, perhatian, dan minat siswa dalam proses belajar demi tercapainya efisiensi instruksional (Arsyad, 2019). *Teknologi Augmented Reality (AR)* didefinisikan sebagai sebuah sistem visual digital yang mampu mengintegrasikan elemen objek maya dua dimensi (2D) maupun tiga dimensi (3D) ke dalam lingkungan nyata secara *real-time* melalui bantuan sensor kamera perangkat pintar seperti smartphone (Azuma dkk., 2001).

Secara teoritis, integrasi AR dalam dunia pendidikan berakar kuat pada Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia (*Cognitive Theory of Multimedia Learning*) yang menyatakan bahwa manusia dapat belajar dengan jauh lebih baik dari kombinasi kata-kata (verbal) dan gambar (visual) yang diselaraskan secara spasial, ketimbang hanya dari teks saja (Mayer, 2021). AR memfasilitasi saluran ganda (*dual-channel*) pemrosesan informasi pada otak siswa. Ketika kelompok siswa berinteraksi dengan media AR, memori kerja (*working memory*) mereka dibantu oleh proyeksi visual 3D yang konkret sebagai alat bantu visual (*scaffolding*), sehingga mampu meminimalkan beban kognitif yang berlebihan (*cognitive overload*) saat mencerna konsep-konsep sains yang mikroskopis (Sweller, 2020).

2.1.2 Platform Assembler Edu dalam Kurikulum Merdeka

Aplikasi Assembler Edu merupakan sebuah platform berbasis web dan aplikasi digital instruksional yang didesain secara khusus untuk memfasilitasi perancangan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality (AR)* secara instan tanpa memerlukan keahlian pemrograman pengodean (*coding*) yang rumit (Assembler, 2023). Melalui pendekatan low-code ini, platform ini berhasil mereduksi hambatan teknis yang dihadapi pendidik. Platform ini

menyediakan ribuan aset gambar tiga dimensi (3D) yang mencakup rumpun disiplin ilmu biologi sel secara komprehensif.

Kajian dari Pradana & Wijaya (2023) membuktikan bahwa efektivitas platform ini sangat tinggi ketika diimplementasikan di sekolah menengah atas karena tidak menuntut spesifikasi smartphone yang terlalu tinggi dari siswa, serta terbukti menghasilkan respon kepraktisan media yang sangat baik dari guru maupun siswa di lapangan. Melalui platform ini, peneliti dapat menyusun rangkaian organel sel, menambahkan anotasi teks penjelasan fungsi, dan mengeksplor hasilnya menjadi sebuah berkas kartu marker fisik kustom berukuran 10 x7 cm yang siap dicetak menggunakan kertas *art paper* 260 gsm untuk dipindai oleh siswa menggunakan gawai di kelas. Fleksibilitas interaktivitas digital ini sangat selaras dengan tuntutan Kurikulum Merdeka yang menekankan eksplorasi mandiri dan pemanfaatan teknologi secara bertanggung jawab di kelas (Sufyadi dkk., 2021).

Pemanfaatan platform *Assembler Edu* sebagai media instruksional berbasis *Augmented Reality* (AR) di dalam kelas XI SMA ARROZQA akan diimplementasikan melalui setting model pembelajaran kooperatif (*cooperative learning*). Melalui pembentukan kelompok kecil, keterbatasan alokasi waktu pembelajaran yang hanya 2 JP per pekan dapat dioptimalisasikan secara efisien. Penggunaan media AR secara berkelompok diharapkan dapat menstimulasi interaksi sosial, memicu diskusi ilmiah antarsiswa, serta berfungsi sebagai *scaffolding visual* untuk mengonstruksi pemahaman mandiri siswa terhadap materi organel sel tanpa membebani kapasitas memori kerja mereka secara berlebihan.

2.1.3 Karakteristik Materi Struktur dan Fungsi Organel Sel

Materi sel merupakan fondasi krusial bagi siswa Kelas XI SMA Fase F Kurikulum Merdeka pada semester ganjil. Karakteristik utama dari materi sel bersifat mikroskopis, abstrak, dan kompleks karena unit fungsional terkecil kehidupan ini tidak dapat diamati secara langsung oleh mata telanjang (Wulan & Sanjaya, 2020). Tuntutan kompetensi mengharuskan siswa mampu

menganalisis keterkaitan antara struktur komponen kimiawi sel, letak anatomi organel, serta bioproses yang terjadi di dalamnya.

Riset dari Wulan & Sanjaya (2020) mempertegas bahwa visualisasi 2D statis pada buku paket sering kali menjadi faktor utama tingginya beban hafalan teks siswa, yang berujung pada potensi miskonsepsi letak ruang anatomi organel sel. Masalah ini diperumit ketika guru menggunakan literatur asing tingkat tinggi seperti buku Biologi karya Campbell & Reece (2021) yang penyajian materi tingkat tingginya terlampau abstrak bagi representasi mental siswa SMA.

Oleh karena itu, guna memberikan visualisasi 3D yang akurat dan mendalam, berikut disajikan kajian komprehensif struktur dan fungsi organel sel penyusun makhluk hidup:

a. Nukleus (Inti Sel)

Nukleus merupakan organel terbesar yang berada di dalam sel dan bertindak sebagai pusat pengendali seluruh aktivitas metabolisme serta pewarisan sifat seluler. Secara struktural, nukleus diselubungi oleh sepasang membran ganda (membran dalam dan membran luar) yang terbuat dari lapisan fosfolipid. Membran ini dilengkapi dengan pori-pori nukleus (*nuclear pores*) yang berfungsi mengatur keluar-masuknya makromolekul, seperti RNA dan protein, dari inti sel menuju sitoplasma (Campbell & Reece, 2021). Di bagian dalam nukleus, terdapat cairan kental khusus yang disebut nukleoplasma (matriks inti) yang mengandung benang-benang kromatin yang akan memadat menjadi kromosom saat pembelahan sel. Fungsi utama nukleus secara keseluruhan adalah menyimpan informasi genetik makhluk hidup (DNA) dan mengontrol proses replikasi serta transkripsi asam nukleat.

b. Mitokondria

Mitokondria merupakan organel sel berbentuk bulat lonjong yang dikenal sebagai pusat pembangkit energi (*powerhouse of cell*). Organel ini memiliki karakteristik unik karena diselubungi oleh struktur membran ganda. Membran luar mitokondria berstruktur

halus dan permeabel, sedangkan membran bagian dalam (*inner membrane*) mengalami pelipatan ke arah dalam membentuk struktur sekat yang disebut kristae (*cristae*). Pelipatan kristae ini berfungsi untuk memperluas permukaan membran, tempat di mana kompleks protein rantai transpor elektron dan enzim ATP sintase melekat (Campbell & Reece, 2021). Bagian dalam mitokondria diisi oleh cairan kental berprotein tinggi yang dinamakan matriks mitokondria yang mengandung DNA sirkular dan ribosom mandiri. Fungsi utama dari mitokondria adalah sebagai tempat berlangsungnya respirasi seluler untuk mengoksidasi glukosa dan menghasilkan energi dalam bentuk molekul Adenosin Trifosfat (ATP).

c. Retikulum Endoplasma (RE)

Retikulum Endoplasma (RE) adalah sistem membran interior sel yang sangat luas, berbentuk jejaring kantung pipih (*cisternae*) dan saluran tubulus yang saling berhubungan, membentang luas dari membran nukleus hingga ke membran plasma. RE terbagi menjadi dua jenis berdasarkan keberadaan ribosom pada permukaannya, yaitu Retikulum Endoplasma Kasar (REK) dan Retikulum Endoplasma Halus (REH) (Campbell & Reece, 2021). Retikulum Endoplasma Kasar memiliki permukaan luar yang ditemplei secara rapat oleh ribosom, berfungsi penuh untuk memproses, memodifikasi (glikosilasi), dan mentranspor protein yang baru disintesis oleh ribosom. Sebaliknya, Retikulum Endoplasma Halus tidak memiliki struktur ribosom pada membrannya, berfungsi sebagai tempat sintesis lipid (termasuk fosfolipid dan steroid), metabolisme karbohidrat, serta detoksifikasi obat-obatan dan zat racun di dalam sel hati.

d. Badan Golgi (*Aparatus Golgi*)

Badan Golgi merupakan organel sel yang tersusun atas tumpukan kantung membran pipih melengkung yang menyerupai cakram, yang dikenal sebagai sisterna (*cisternae*). Organel ini memiliki kutub polaritas yang jelas, terdiri dari sisi cis (sisi penerima

yang letaknya berdekatan dengan RE) dan sisi trans (sisi pengirim atau pengeluaran yang mengarah ke membran plasma melalui vesikel sekresi) (Campbell & Reece, 2021). Fungsi utama Badan Golgi adalah bertindak sebagai pusat penyortiran, modifikasi akhir (seperti pemotongan oligofruktosa), pengemasan (*packaging*), dan distribusi makromolekul organik yang berasal dari RE untuk disekresikan keluar sel atau dialokasikan ke bagian sel yang lain.

e. Kloroplas

Kloroplas merupakan salah satu jenis plastida yang hanya ditemukan pada sel tumbuhan dan sel alga, yang mengandung pigmen hijau daun (klorofil). Kloroplas diselubungi oleh sistem membran ganda (membran luar dan dalam) yang membatasi organel dari sitosol. Di bagian dalam membran dalam, terdapat sistem membran ketiga yang membentuk jaringan kantung pipih tertutup berwujud koin, yang dinamakan tilakoid, di mana tumpukannya membentuk grana (Campbell & Reece, 2021). Cairan di luar membran tilakoid namun masih berada di dalam kloroplas disebut stroma. Fungsi utama kloroplas adalah sebagai tempat berlangsungnya proses fotosintesis yang mengubah energi cahaya menjadi energi kimia (glukosa).

f. Ribosom

Ribosom adalah organel berukuran sangat kecil (diameter sekitar 20-30 nanometer) dan tidak memiliki sistem membran pembatas. Organel ini tersusun atas kompleks protein dan Ribosomal RNA, serta terdiri dari dua subunit, yaitu subunit besar dan subunit kecil. Ribosom dapat ditemukan dalam dua kondisi di dalam sel: tersuspensi bebas di dalam sitosol (ribosom bebas) atau menempel pada permukaan Retikulum Endoplasma (ribosom terikat). Fungsi utama ribosom secara keseluruhan adalah sebagai tempat mengeksekusi sintesis protein melalui proses translasi kode genetik mRNA (Campbell & Reece, 2021).

2.2 Kerangka Berpikir

Penelitian pengembangan ini didasarkan pada alur kerangka berpikir sistematis yang beranjak dari permasalahan nyata (kondisi empiris) di kelas XI SMA ARROZAK hingga ditemukannya solusi akhir berupa produk media pembelajaran yang layak dan praktis. Alur kerangka berpikir tersebut dijabarkan sebagai berikut:



Gambar 2.1 Bagan kerangka berpikir penelitian (Sumber: Peneliti).

2.3 Spesifikasi Produk Pengembangan

Produk yang dihasilkan dari penelitian pengembangan ini memiliki spesifikasi teknis dan karakteristik produk sebagai berikut:

1. Wujud Fisik Produk: Berupa satu set kartu saku fisik kustom (*Printed Card AR*) berukuran 10x7 cm yang berfungsi sebagai kartu penanda (*marker*) berbasis cetak tebal (*art paper 260 gsm*).
2. Konten Digital 3D: Setiap kartu marker jika dipindai akan memproyeksikan aset visual animasi tiga dimensi (3D) melintang dari organel sel secara spesifik (Nukleus, Mitokondria, Retikulum Endoplasma, Badan Golgi, Kloroplas, Ribosom).
3. Fitur Aplikasi: Didukung oleh anotasi teks (*pop-up text*) penjelasan fungsi organel berbahasa Indonesia, tombol interaksi sentuh untuk memutar objek (360°) dan memperbesar gambar (*zoom*).

4. Sistem Operasi *Gawai*: dalam pengimplementasiannya, peserta didik tidak diwajibkan mengunduh aplikasi Assemblr Edu, melainkan cukup memindai QR *Code/marker* menggunakan pemindai QR bawaan *smartphone* atau Google Lens yang akan mengarahkan siswa ke tampilan 3D AR *via web browser*.