

BAB 2

TINJAUAN TEORITIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Media Pembelajaran

2.1.1.1 Definisi Media Pembelajaran

Berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia, media diartikan sebagai alat atau bahan yang berfungsi untuk menyampaikan pesan dalam komunikasi atau interaksi, sehingga mendukung hubungan antara satu individu dengan individu lainnya. Istilah media pembelajaran berasal dari bahasa latin “*medius*” yang memiliki arti “tengah”, pengantar, dan perantara. Rizal et al., (2016) media adalah saluran komunikasi, berasal dari kata Latin yang berarti "di antara", istilah ini merujuk pada segala sesuatu yang membawa informasi antara sumber dan penerima.

Media dalam konteks pendidikan merupakan instrumen atau jembatan yang dapat mempengaruhi keberhasilan pada proses pembelajaran (Yusup et al., 2023). Media pembelajaran berperan sebagai sarana yang menjembatani interaksi antara guru dan peserta didik dalam kegiatan pembelajaran, berfungsi sebagai bahan belajar, sebagai motivasi, media merupakan alat bantu yang efisien dalam mencapai tujuan secara menyeluruh, bermakna, dan dapat meningkatkan keterampilan peserta didik (Hasan et al., 2021). Definisi lain dari media berperan sebagai sarana yang menghubungkan penyampaian materi dan informasi, bagian sumber belajar yang dapat merangsang minat, efisien untuk mencapai pembelajaran bermakna dan menyeluruh, serta dapat menyempurnakan pemahaman serta keterampilan guru dan peserta didik (Sudriman et al., 2020). Sejalan dengan pendapat Sahib et al. (2023) media untuk pembelajaran merupakan sarana untuk menyampaikan informasi dari guru terhadap peserta didik yang telah dirancang secara sistematis, dapat mencapai tujuan dalam pembelajaran. Dari beberapa pendapat tersebut, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran mencakup segala sesuatu hal yang dimanfaatkan untuk menyampaikan informasi secara efektif dalam proses pembelajaran guna mencapai yang diinginkan. Media pembelajaran tidak hanya menyampaikan informasi dan materi, tetapi juga merangsang minat,

meningkatkan keterampilan, dan membantu proses pembelajaran menjadi lebih optimal melalui perancangan yang sistematis.

2.1.1.2 Ciri- Ciri Media Pembelajaran

Berdasarkan pendapat Azhar Arsyad (dalam Sukiman, 2012) karakteristik umum dari media pembelajaran adalah sebagai berikut:

- 1) Media dalam bentuk fisik atau perangkat keras, merupakan objek yang dapat dilihat, didengar dan diraba melalui pancaindra.
- 2) Perangkat lunak atau *software* dalam media pendidikan adalah isi atau informasi yang ingin disampaikan kepada peserta didik menggunakan perangkat keras.
- 3) Media pembelajaran 3D lebih menekankan pada aspek penglihatan (visual) dan pendengaran (audio).
- 4) Media pembelajaran adalah alat bantu yang membantu dalam pembelajaran, dapat digunakan di dalam kelas maupun digunakan di luar kelas
- 5) Media pembelajaran dimanfaatkan sebagai sarana komunikasi dan interaksi antara guru dengan peserta didik selama pembelajaran berlangsung.
- 6) Media pembelajaran dapat diaplikasikan secara bersamaan/massal, secara kelompok serta secara individu.

Adapun ciri- ciri media pembelajaran menurut Gerlach dan Ely (1971) terdapat tiga karakteristik media yang menunjukkan bahwa guru mungkin kurang efisien dalam melakukannya secara langsung dapat dilihat dari karakteristik berikut :

1) Fiksatif (*Fixsative Property*)

Salah satu ciri media adalah kemampuannya untuk merekam, menyimpan, dan memutar kembali peristiwa atau objek kapan saja diperlukan. Misalnya, dengan menggunakan media seperti foto, video, atau rekaman suara, suatu peristiwa atau objek dapat diatur ulang. Ciri ini, memungkinkan media untuk merekam kejadian atau objek pada waktu tertentu dan menyimpannya tanpa terpengaruh oleh waktu. Ciri fiksatif ini sangat penting bagi pendidik karena objek atau peristiwa yang telah terekam dapat digunakan kembali kapanpun dibutuhkan.

2) Manipulatif (*Manipulative Property*)

Salah satu keunggulan media dalam proses pembelajaran adalah kemampuannya dalam memanipulasi. Kejadian yang berlangsung dalam waktu yang lama dapat dipercepat, sebaliknya peristiwa yang berlangsung sangat cepat dapat diperlambat. Contohnya, proses pertumbuhan manusia sejak pembuahan hingga kelahiran yang memakan waktu berbulan-bulan dapat dijadikan dalam bentuk video berdurasi singkat.

3) Distributif (*Distributive Property*)

Salah satu ciri khas media adalah kemampuannya untuk mendistribusikan informasi secara luas dan efisien. Melalui sifat distributif suatu kejadian atau objek dapat diakses oleh individu, sejumlah kelompok tanpa batasan ruang dan waktu serta dapat digunakan secara bersamaan di mana saja dan dapat digunakan berulang-ulang.

Berdasarkan penjelasan di atas terdapat beberapa ciri-ciri dari media pembelajaran yaitu, (1) memiliki bentuk *hardware* atau *software*, (2) dapat digunakan secara individu, kelompok, dan secara massal, (3) ciri fiksatif, (4) ciri manipulatif, (5) ciri distributif.

2.1.1.3 Fungsi Dan Manfaat Media Pembelajaran

Media pembelajaran berperan penting untuk menyampaikan informasi yang memperjelas konsep dan memudahkan pemahaman. Media dapat digunakan secara individual untuk menyesuaikan kebutuhan belajar atau dalam kelompok untuk mendorong interaksi dan kolaborasi. Fungsi media pembelajaran menurut Rowntree (dalam Fadilah et al., 2023) dikemukakan terdapat 6 fungsi media pembelajaran yaitu yang pertama meningkatkan semangat dalam belajar karena peserta didik menjadi lebih tertarik yang semula jenuh dengan pembelajaran monoton menjadi pembelajaran yang menyenangkan karena menggunakan media pembelajarannya. Yang kedua, media berfungsi sebagai penguat ingatan dengan cara mengulang materi yang telah dipelajari. Ketiga, media berperan sebagai stimulator pemicu rangsangan sehingga memiliki rasa ingin tahu tinggi. Keempat, media mampu meningkatkan partisipasi aktif peserta didik dalam pembelajaran. Kelima, media menyediakan umpan balik secara langsung, sehingga peserta

mengetahui sejauh mana pemahamannya. Keenam, media menyediakan sarana latihan dan evaluasi untuk mengukur tingkat pencapaian peserta didik.

Sanjaya (2016) menjelaskan fungsi media pembelajaran dibagi menjadi lima yaitu pertama, fungsi komunikatif dalam proses pembelajaran dapat memudahkan penyampaian materi dari guru dan peserta didik secara verbal. Kedua, fungsi motivasi merupakan bentuk peningkatan motivasi peserta didik dalam semangat belajar untuk memahami pembelajaran. Ketiga, fungsi kebermanaknaan menunjukkan bahwa peserta didik dapat menerima informasi secara aktif tidak hanya secara pasif dalam mencari dan menganalisis informasi baru. Keempat, fungsi penyamaan persepsi untuk menghindari kesalahpahaman dan memastikan bahwa peserta didik memahami konsep yang sama. Kelima, fungsi individual setiap peserta didik memiliki perbedaan individu mulai dari pengalaman, kemampuan dan gaya belajar.

Fungsi media pembelajar terdapat banyak sekali manfaat media pembelajar ketika pembelajaran. Media pembelajaran memiliki peran yang krusial ketika pembelajaran, media tidak hanya memfasilitasi transfer ilmu, tetapi juga mampu meningkatkan motivasi, pemahaman dan keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran (Fadilah et al., 2023a). Media pembelajaran berperan sebagai salah satu sumber belajar bagi peserta didik dalam proses pembelajaran, membantu mereka memperoleh informasi terkini baik melalui pendidik maupun media yang digunakan (Kaniawati et al., 2023).

Berdasarkan pernyataan para ahli di atas, dapat disimpulkan peran krusial dimiliki oleh media pembelajaran karena dapat meningkatkan efektivitas ketika pembelajaran berlangsung. Fungsi media pembelajaran beragam, mulai dari meningkatkan motivasi, pemahaman hingga memfasilitasi pembelajaran individu, dapat dikatakan bahwa media pembelajaran merupakan komponen yang sangat penting dalam membantu tujuan belajar yang efektif. Media pembelajaran juga dapat membuat pembelajaran yang menyenangkan. Karena itu, guru harus memiliki keterampilan dalam memilih dan menggunakan media pembelajaran secara efektif.

2.1.2 Pengembangan Media Pembelajaran

2.1.2.1 Definisi Pengembangan Media Pembelajaran

Penelitian pengembangan merupakan metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan sebuah produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut (Sugiyono, 2013). Penelitian dan pengembangan merupakan proses untuk merancang produk baru atau meningkatkan produk yang sudah ada agar menjadi lebih baik (Mesra et al., 2023). Penelitian pengembangan berfokus pada hasil berupa produk, untuk itu penelitian ini membutuhkan model yang dapat digunakan.

2.1.2.2 Jenis-Jenis Penelitian dan Pengembangan

Berikut adalah jenis-jenis dari model penelitian pengembangan sebagai berikut:

1) ADDIE

Menurut Branch (2009) ADDIE merupakan sebuah model yang mengonsep pengembangan sebuah produk, Model ADDIE terbagi menjadi lima tahap yaitu:

1) Analisis (*Analyze*)

Tahap ini bertujuan untuk mencari informasi mengenai kesenjangan dan pemicu kesenjangan, baik yang berasal dari kurangnya pengetahuan dan keterampilan, maupun faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil pembelajaran. Dilakukan validasi apakah instruksi yang direncanakan dapat menutup kesenjangan tersebut. Selain itu dilakukan analisis terhadap tujuan instruksional, serta sumber daya yang dibutuhkan untuk mendukung penelitian ini.

2) Desain (*Design*)

Pada tahap ini memiliki tujuan untuk merancang segala kebutuhan konsep dan konten produk dalam *storyboard*, yang kemudian digunakan sebagai panduan untuk pengembangan produk selanjutnya. Setiap elemen konten dirancang dengan rinci, termasuk tujuan pembelajaran, bahan ajar serta metode pengujian. Desain ini bersifat konseptual tetapi mencakup petunjuk yang jelas dan rinci agar memudahkan di tahap selanjutnya.

3) Pengembangan (*Develop*)

Tahap pengembangan adalah proses mewujudkan rancangan produk yang telah dibuat pada tahap perencanaan. Proses pengembangan ini mencakup

pembuatan dan penyempurnaan media pembelajaran, serta pembuatan instrumen yang akan digunakan untuk mengukur produk. Selanjutnya, produk divalidasi oleh ahli media dan ahli materi guna memastikan bahwa produk memenuhi standar untuk meningkatkan kualitas produk dengan melakukan evaluasi formatif.

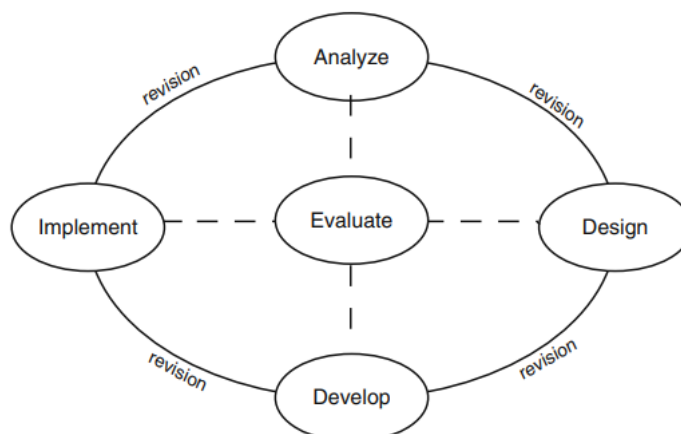
4) Implementasi (*Implement*)

Tahap implementasi bertujuan untuk menggunakan produk yang telah dibuat dalam lingkungan belajar mengajar sesungguhnya. Sehingga produk dapat dilihat keefektifitasannya dalam tahap ini.

5) Evaluasi (*Evaluate*)

Tahap evaluasi bertujuan untuk memberikan umpan balik yang berguna untuk memperbaiki produk. Guna memastikan bahwa produk sudah memenuhi kebutuhan yang diharapkan. Evaluasi dilakukan di seluruh tahapan model ini, mencakup penilaian terhadap kualitas produk pembelajaran serta proses pengembangannya. Umpan balik dari evaluasi ini digunakan untuk melakukan revisi pada produk jika diperlukan, sehingga produk yang dapat diperbaiki dan disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. Tahap ini bertujuan untuk menilai sejauh mana tujuan pengembangan telah terpenuhi dan memastikan bahwa produk beroperasi dengan efektif sesuai yang diharapkan.

Model ADDIE mencakup lima tahapan utama yaitu analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi dapat dilihat pada (Gambar 2.1). Analisis tahap awal berfokus pada identifikasi kesenjangan. Tahap desain mencakup perancangan produk sesuai hasil identifikasi. Tahap pengembangan pembuatan produk, diuji dan dievaluasi. Tahap implementasi melibatkan penerapan produk yang dikembangkan ke pembelajaran sesungguhnya dan evaluasi menilai efektivitas dan memastikan tujuan pembelajaran tercapai. Model ADDIE dianggap sistematis dan interaktif karena setiap hasil terdapat evaluasi yang mengarah kepada revisi tahap sebelumnya. Kelebihan model ini adalah terstruktur, sistematis dan fleksibel. Namun kekurangannya dalam penerapannya bisa memakan waktu yang lama.



Gambar 2.1
Tahapan Model ADDIE
 Sumber: (Branch, 2009)

2.1.3 Aplikasi CellulaversAR

2.1.3.1 *Augmented Reality*

Perkembangan *Augmented Reality* berawal pada tahun 1960-an ketika Sutherland menciptakan “*The sword of damocles*” sebuah perangkat headset yang memproyeksikan grafik komputer (Mahartika et al., 2023). Penemuan ini membuka jalan bagi perkembangan *Augmented Reality* yang dikenal sekarang dalam berbagai bidang. Pada tahun 1975, Myron Krueger menciptakan *videoplasce* yang memungkinkan interaksi pertama antara pengguna dan objek, pada tahun 1989 Jaron Lanier mulai memperkenalkan VR (*virtual reality*), pada tahun 1992 Jaron Lanier mengembangkan AR untuk memperbaiki pesawat Boeing (Pramono, 2013).

Augmented Reality merupakan teknologi yang mengintegrasikan objek virtual dengan dunia secara langsung dan waktu nyata, teknologi ini memungkinkan pengguna melihat objek 2D atau 3D seolah-olah di lingkungan nyata (Yusup et al., 2023). Pengguna biasanya mengakses AR menggunakan *smartphone*, *tablet* atau perangkat khusus *headset* AR. Dalam AR, terdapat elemen-elemen digital seperti Gambar, video atau model 3D diproyeksikan ke dalam dunia nyata, memberikan pengalaman interaktif dan imersif. Sejalan dengan yang dikatakan Azuma (dalam Bower et al., 2014) AR merupakan teknologi yang menggabungkan objek nyata dengan objek-objek digital, sehingga keduanya tampak seolah-olah berada di tempat dan waktu yang sama. Sejalan dengan Kania (2024) *Augmented Reality*

merupakan teknologi yang memadukan unsur digital kedalam dunia nyata melalui *smartphone* dan perangkat lainnya.

2.1.3.2 Aplikasi *Blender*

Blender adalah sebuah aplikasi *open source* dapat digunakan untuk mendesain objek 3 dimensi secara gratis. Menurut Pratama (2022) blender merupakan perangkat lunak yang digunakan dalam membuat efek visual, model cetak 3 dimensi, serta aplikasi 3 dimensi interaktif, pemodelan digital hingga proses *rendering*, menjadikan alat yang komprehensif untuk kebutuhan desain 3D. Menurut Prameswari (2019) aplikasi blender merupakan perangkat lunak gratis yang ditujukan untuk para profesional desain dan individu lainya agar termotivasi menjadi seniman 3D, blender menghasilkan model 3 dimensi, animasi, dan video. Menurut Rinaldi (dalam Prameswari et al., 2019) meskipun merupakan perangkat lunak *open source*, memiliki kualitas grafis yang baik dan didukung oleh fitur-fitur lengkap sehingga dapat memudahkan animator dalam berkreasi.

2.1.3.3 *Unity Game Engine*

Unity merupakan *game engine* atau kerangka perangkat lunak yang berfungsi memfasilitasi *rendering* dan input para pengembang, memungkinkan mereka membangun dunia virtual tanpa membuatnya dari awal serta *unity* menawarkan alat yang diperlukan untuk pembuatan media 2D dan 3D dan mempermudah proses pembuatan *game*, aplikasi interaktif dan teknologi VR/AR (Foxman, 2019). *Unity Engine* merupakan *game engine* yang dibuat oleh *unity technologies*, perangkat *unity engine* dirilis tahun 2005 sebagai platform pengembangan game dengan kemampuan rendering yang terintegrasi (Wellson & Atmojo, 2024). *Unity* adalah *game engine* yang sering digunakan oleh pengembangan *game* profesional di seluruh dunia karena memiliki fitur-fitur canggih dan efisiensi kerjanya yang tinggi untuk pembuatan program interaktif baik dalam format 2D maupun 3D.

2.1.3.4 *Vuforia*

Vuforia merupakan *software development kit* (SDK) yang digunakan untuk pengembangan aplikasi berbasis *Augmented Reality* yang mendukung pengenalan dan pelacakan objek dalam format 2D maupun 3D (Tongprasom et al., 2020).

Sejalan dengan Dharmalau et al. (2022) *vuforia* merupakan *software* SDK untuk *Augmented Reality* yang dirancang untuk perangkat *mobile*. *Vuforia* juga terintegrasi dengan *unity*.

2.1.3.5 CellulaversAR

CellulaversAR adalah aplikasi berbasis *Augmented Reality* (AR) yang akan dikembangkan yang dirancang khusus untuk mempelajari biologi sel dengan cara interaktif dan mendalam. CellulaversAR adalah nama yang diambil dari gabungan kata "cellula," yang merujuk pada fokus pembelajaran tentang sel, "universe," yang menggambarkan lingkungan belajar menyeluruh dan imersif seperti menjelajahi semesta kehidupan, serta "AR" (*Augmented Reality*), teknologi yang digunakan untuk menciptakan visualisasi tiga dimensi interaktif guna memudahkan peserta didik memahami struktur dan fungsi sel secara lebih menarik dan nyata. Aplikasi ini memungkinkan peserta didik untuk mengeksplorasi struktur tiga dimensi dari sel prokariotik dan eukariotik, termasuk organel-organelnya seperti nukleus, mitokondria, ribosom, dan lainnya. Dengan menggunakan teknologi AR, CellulaversAR menghadirkan pengalaman belajar yang imersif, dimana pengguna dapat memperbesar, mengeluarkan *voice over*, dan memahami setiap bagian sel secara lebih nyata.

2.1.4 Materi Sel

2.1.4.1 Definisi Sel

Sel adalah kumpulan materi paling sederhana yang dapat hidup (Campbell & Reece, 2009). Sel adalah unit struktural dan fungsional sebagai dasar kehidupan yang dibatasi oleh membran plasma dan dapat bereproduksi secara mandiri, semua makhluk hidup terdiri atas unit-unit struktural dan fungsional (Gupta, 2019). Sel merupakan unit terkecil yang memiliki fungsi penting dalam kehidupan, semua makhluk hidup mulai dari yang sederhana sampai yang paling kompleks, dibangun oleh sel-sel (Nendissa et al., 2023). Berdasarkan jumlah dari sel penyusunnya, sel makhluk hidup terbagi menjadi dua jenis ialah (satu sel) dan *multiseluler* (banyak sel). Bakteri, protozoa, dan ganggang biru-hijau merupakan contoh dari *uniseluler* sedangkan tumbuhan, jamur dan hewan adalah organisme *multiseluler* (Purwaningsih, 2022). Setiap makhluk hidup dalam tubuhnya terdiri dari jutaan sel,

tubuh manusia terdiri dari hampir satu triliun sel. Sel dapat diukur dalam mikron (μm) sehingga untuk dapat melihat sel membutuhkan bantuan mikroskop, tetapi terdapat satu sel tunggal yang bisa dilihat tanpa menggunakan bantuan mikroskop atau hanya menggunakan mata telanjang ialah telur ayam (Campbell & Reece, 2009).

2.1.4.2 Teori Sel

Beberapa pakar telah berusaha meneliti mengenai sel, sehingga terdapat beberapa teori mengenai sel. Sel bersifat mikroskopis sehingga membutuhkan bantuan untuk melihatnya, sejarah ditemukannya sel berawal dari penemuan mikroskop menjadi alat penting dalam penelitian sel. Berikut merupakan hasil penelitian dari para ahli mengenai sel (Ribatti, 2018) yaitu:

- 1) Robert Hooke tahun (1635-1703), orang pertama dalam penggunaan istilah sel setelah mengamati rongga kecil dalam potongan tipis gabus menggunakan mikroskop sederhana. Ia mencatat bahwa struktur ini menyerupai ruang kecil seperti sarang lebah dan menamakannya “sel”
- 2) Anton Van Leeuwenhoek (1673-1674), menyempurnakan mikroskop dan menjadi salah satu ilmuwan pertama yang mengamati sel hidup, Ia menemukan organisme bersel tunggal yang ia sebut “animalcules” dalam air kolam, serta mengamati sel darah merah dan spermatozoa
- 3) Matthias Schleiden tahun (1804-1881) dan Theodor Schwann tahun (1810-1882), Matthias Schleiden merupakan seorang pakar dalam bidang botani, mengemukakan bahwa semua tumbuhan tersusun dari sel-sel. Schwann memperluas teori Schleiden ke dunia hewan dengan menyatakan bahwa seluruh makhluk hidup terdiri dari sel. Dari kedua penelitian tersebut dapat disimpulkan sel adalah unit terkecil membentuk makhluk hidup serta mereka dianggap sebagai pencetus teori sel.
- 4) Robert Brown (1831), melalui pengamatan mendalam terhadap jaringan tumbuhan anggrek, Robert Brown menemukan struktur kecil melayang-layang yang berada dalam sel, kemudian dinamakan nukleus atau inti sel. *Nukleus* sebagai komponen penting sel hidup. Dari penemuannya mengungkapkan bahwa inti sel merupakan komponen vital dalam setiap sel hidup. Keberadaan

inti sel sangat krusial dalam mengatur segala aktivitas seluler, termasuk pembelahan dan pertumbuhan sel.

- 5) Rudolf Virchow (1855), Ia mengemukakan bahwa "*omnis cellula e cellula*" yang memiliki arti semua sel berasal dari sel sebelumnya.

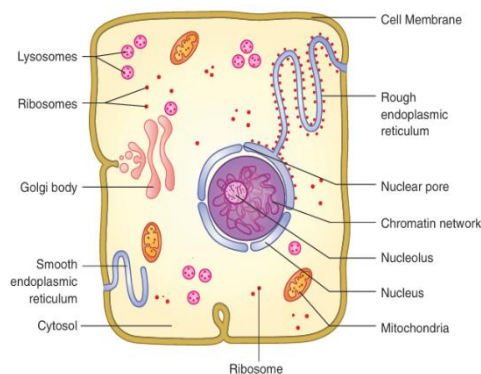
Dari hasil penelitian dan pendapat para pakar biologi tersebut menciptakan beberapa teori sel yaitu:

- 1) Matthias Schleiden dan Theodor Schwann mengemukakan sel merupakan struktural dari makhluk hidup dan Sel merupakan unit fungsional dari makhluk hidup.
- 2) Rudolf Virchow mengemukakan sel berasal dari sel sebelumnya
- 3) Robert Brown mengemukakan sel merupakan unit hereditas

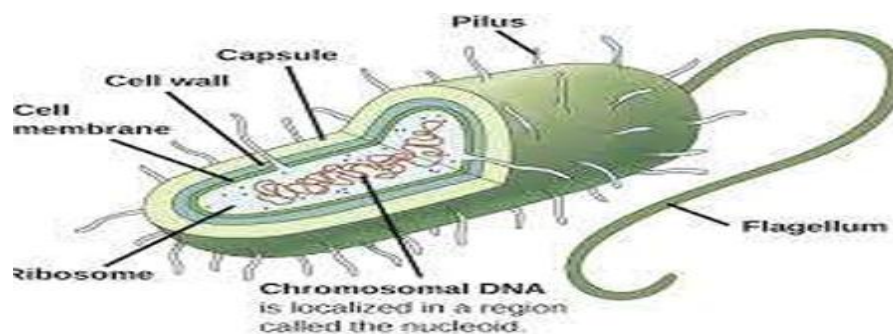
2.1.4.3 Struktur Sel *Prokariot* dan Sel *Eukariot*

Dalam struktural, sel terbagi menjadi dua kategori utama yaitu sel *prokariot* dan sel *eukariot*. Semua sel memiliki beberapa fitur dasar yang sama: semuanya dibatasi oleh penghalang selektif yang disebut membran plasma (Campbell & Reece, 2009). Organisme yang tidak memiliki membran inti disebut *prokariot*, sedangkan organisme yang memiliki membran inti disebut *eukariot* (Bakhtiar, 2011). Istilah *prokariot* berasal dari bahasa Yunani, di mana "pro" memiliki arti sebelum sedangkan "karyon" memiliki arti inti sel sementara itu *eukariot* berasal dari "eu" memiliki arti sesungguhnya dan "karyon" memiliki arti yang sama yaitu inti sel (Campbell & Reece, 2009).

Sel *eukariot* terdapat membran inti, yang memisahkan cairan di dalam inti dari cairan luar inti (sitoplasma). Dapat dilihat lebih jelas perbandingan sel *eukariot* dan *prokariot* pada (Gambar 2.2 dan 2.3).



Gambar 2.2
Sel Eukariotik
 Sumber: (Gupta, 2019)



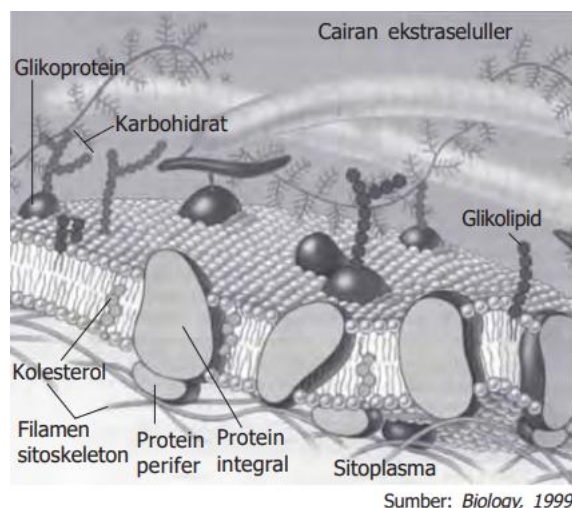
Gambar 2.3
Sel Prokariotik
 Sumber: (Kumar, 2021)

2.1.4.4 Organel Sel dan Fungsinya

2.1.4.4.1 Membran Sel

Membran plasma, atau membran sel adalah lapisan terluar sel. Membran ini terbagi menjadi tiga lapis (*trilaminer*), yaitu terdiri dari dua lapisan lipid (*lipid bilayer*) dan ditengah-tengah terdapat protein intrinsik (protein integral) serta di permukaan terdapat protein ekstrinsik (protein perifer) (Purwaningsih, 2022). Struktur membran ini dapat dilihat pada (Gambar 2.4). Membran sel memiliki fungsi untuk mengendalikan keluar masuknya zat/ion dan sebagai pembatas antara sel satu dengan lainnya (Gupta, 2019). Prokariotik tidak memiliki nukleus sejati dan organel lain yang dibatasi membran seperti pada sel eukariotik, sel prokariotik memiliki struktur yang jauh lebih sederhana. Hanya bakteri dan archaea yang termasuk dalam kelompok prokariotik (Campbell & Reece, 2009). Teori yang

menjelaskan struktur membran sel secara ilmiah adalah Model Mosaik Cair (*Fluid Mosaic Model*) yang dikemukakan oleh Singer dan Nicolson (1972). Model ini menyatakan bahwa membran sel terdiri atas dua lapisan fosfolipid dengan protein-protein yang tertanam (protein integral) maupun menempel di permukaan (protein perifer). Susunan ini membentuk struktur seperti mosaik karena tersusun dari berbagai jenis molekul, dan disebut “cair” karena komponen-komponen tersebut dapat bergerak bebas secara lateral dalam membran. Sifat dinamis ini memungkinkan membran berperan aktif dalam pengaturan lalu lintas molekul, komunikasi antar sel, serta mempertahankan integritas sel.



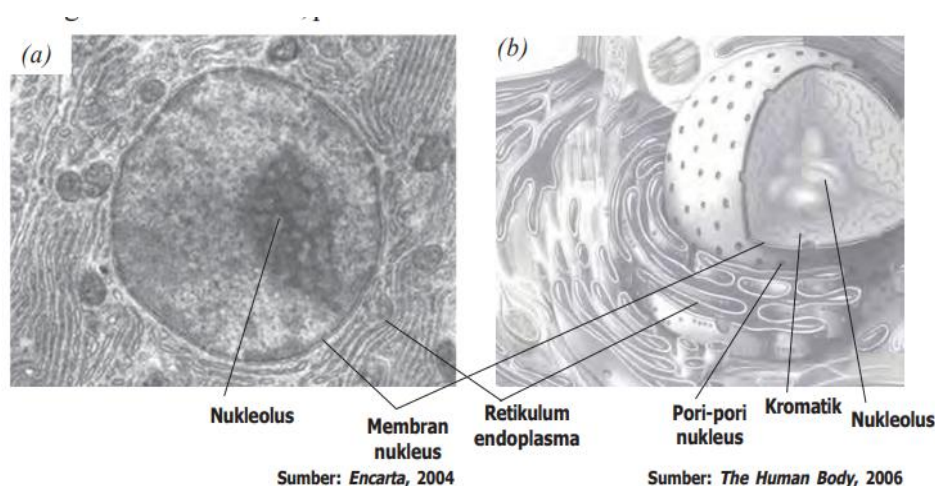
Sumber: *Biology*, 1999

Gambar 2.4
struktur membran sel
Sumber: (Bakhtiar, 2011)

2.1.4.4.2 Nukleus (Inti Sel)

Nukleus biasanya memiliki bentuk oval atau bulat dan terdapat pada tengah sel, berperan sebagai pusat kendali utama aktivitas seluler. Inti sel adalah organel memiliki ukuran terbesar antara 10-20 nm yang memiliki banyak fungsi seperti mengendalikan proses metabolisme, menyimpan materi genetik dalam bentuk DNA/RNA serta menjadi lokasi terjadinya transkripsi dan replikasi DNA (Purwaningsih, 2022). Inti sel dilapisi oleh dua lapisan membran yang memisahkan dari sitoplasma dan memiliki pori-pori yang memungkinkan pertukaran material antara nukleus dan sitoplasma. Membran ini tersusun dari lipoprotein. Nukleus memiliki matriks di dalamnya disebut nukleoplasma, terdapat kandungan

berbagai enzim, kromosom serta nukleoid (Campbell & Reece, 2009). (Gambar 2.5) menunjukkan bentuk nukleus.



Gambar 2.5
(a) foto mikroskop elektron dan (b) model nukleus
 Sumber: (Bakhtiar, 2011)

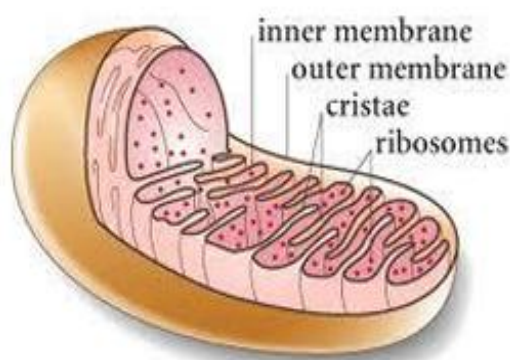
Fungsi utama nukleus adalah menjaga keutuhan gen dan mengontrol kegiatan sel dengan mengatur ekspresi gen. nukleus juga mengatur pembelahan sel, sintesis ribosom, produksi mRNA, replikasi dan transkripsi DNA, mengelola kapan dan bagaimana ekspresi gen harus berlangsung, menjadikannya komponen penting dalam regulasi (Gupta, 2019).

2.1.4.4.3 Sitoplasma

Sitoplasma merupakan bagian sel yang berada di luar nukleus, terdiri dari sitosol dan berbagai organel yang memiliki membran pemisah (Gupta, 2019). Sitosol adalah massa semi-cair transparan yang berfungsi sebagai medium bagi berbagai makromolekul, mikromolekul, ion dan organel sel, serta mengandung komponen utama berupa air dan zat organik seperti karbohidrat, lemak dan protein (Samo et al., 2022). Sitoplasma berperan dalam mendukung struktur sel melalui sitoskeleton, Sitoskeleton merupakan jaringan serat protein yang menyusun kerangka internal sel eukariotik. Struktur ini terdiri atas mikrofilamen, mikrotubulus, dan filamen intermediet yang bekerja bersama untuk mempertahankan bentuk sel dan mengatur pergerakan organel di dalam sitoplasma (Samo et al., 2022).

2.1.4.4.4 Mitokondrina

Mitokondria adalah organel semi-otonom yang berperan penting dalam menghasilkan energi melalui respirasi seluler, struktur mitokondria dengan dua membran, lipatan krista, dan matriks yang berisi enzim, DNA, serta ribosom dirancang untuk memaksimalkan efisiensi produksi ATP (Campbell & Reece, 2009). Jumlah mitokondria dalam sel bervariasi tergantung pada kebutuhan energi sel tersebut. Selain memproduksi energi, mitokondria juga dinamis dalam bentuk dan pergerakannya, menyesuaikan dengan kebutuhan seluler. Struktur yang kompleks ini memungkinkan mitokondria untuk secara optimal mendukung aktivitas metabolisme dan memenuhi kebutuhan energi sel (Campbell & Reece, 2009). Mitokondria memiliki matriks yang mengandung DNA dan ribosom sehingga memungkinkan sintesis protein di dalamnya. Tetapi fungsi mitokondria adalah sebagai tempat respirasi sel, dimana enzim-enzim dalam matriks mengendalikan proses ini (Gupta, 2019). Dapat dilihat pada (Gambar 2.6).

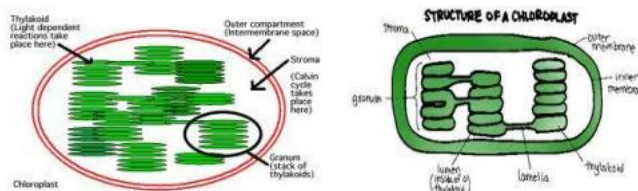


Gambar 2.6
Struktur mitokondrina
Sumber: (Purwaningsih, 2022)

2.1.4.4.5 Kloroplas

Kloroplas dapat ditemukan hanya di sel tumbuhan dan beberapa ganggang. Pada tumbuhan, bentuk kloroplas berupa cakram berukuran 5-8 μm dengan tebal 2-4 μm , yang dibatasi oleh dua lapisan membran luar yang tidak kasar, terdapat cairan di luar disebut stroma (Campbell & Reece, 2009). Membran yang menyatu atau berpasangan disebut lamela, yang secara berkala lamela membesar dan membentuk gelembung pipih yang dikelilingi membran dikenal sebagai tilakoid (Purwaningsih,

2022). Struktur kloroplas tersusun dalam bentuk tumpukan yang disebut, seperti terlihat lebih jelas pada (Gambar 2.7).



Gambar 2.7
Struktur Kloroplas

Sumber: (Purwaningsih, 2022)

Di dalam kloroplas mengandung pigmen-pigmen yang paling banyak adalah klorofil dan juga mengandung beberapa karotenoid, kloroplas berwarna hijau karena diberikan warna oleh klorofil dan kloroplas merupakan tempat fotosintesis (Purwaningsih, 2022).

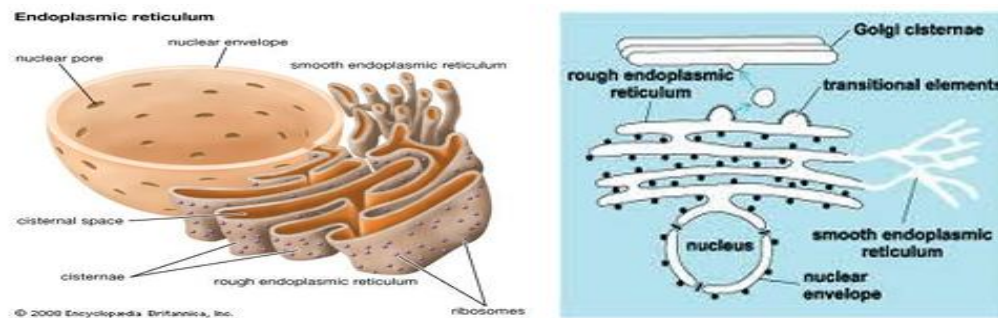
2.1.4.4.6 Ribosom

Ribosom adalah partikel nukleoprotein, yang merupakan gabungan antara protein dan molekul asam ribonukleat (RNA)(Campbell & Reece, 2009). Pada sel eukariotik, ribosom berdiameter sekitar 20 nm dan menempel pada retikulum endoplasmik granuler sedangkan sel prokariotik ukurannya lebih kecil dan letak ribosom tersebar di dalam sitoplasma. Beberapa ribosom menempel pada membran retikulum endoplasma membentuk sebuah kelompok yang disebut pilisom, sementara yang lain tersebar bebas di dalam sitosol atau berapa di organel lainnya(Campbell & Reece, 2009). Fungsi utama ribosom adalah berperan dalam sintesis protein serta mengatur tahap-tahap proses tersebut (Gupta, 2019).

2.1.4.4.7 Retikulum Endoplasma

Retikulum endoplasma merupakan sistem membran kompleks yang membentang luas di dalam sel, organel ini tampak sebagai jaringan tabung pipih dan kantung yang saling berhubungan, RE terdapat dua jenis ialah retikulum endoplasma kasar dan retikulum endoplasma halus(Campbell & Reece, 2009). RE kasar permukaannya dilapisi dengan ribosom yang mengikat secara teratur dan berfungsi berperan utama dalam sintesis protein. RE tidak terdapat ribosom yang terikat pada permukaannya dan memiliki fungsi terlibat dalam berbagai fungsi

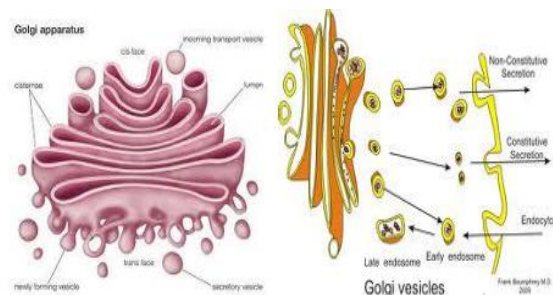
seluler, termasuk sintesis lipid, metabolisme karbohidrat, dan detoksifikasi zat-zat berbahaya. Dari kedua retikulum endoplasma dapat diperhatikan pada (Gambar 2.8).



Gambar 2.8
Retikulum endoplasma
Sumber: (Purwaningsih, 2022)

2.1.4.4.8 Badan Golgi

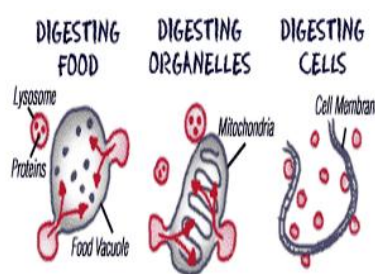
Badan golgi dapat ditemukan pada hampir semua sel hewan maupun tumbuhan, badan golgi memiliki bentuk polimorf atau berupa kantong-kantong pipih terkadang dapat berbentuk vesikula kecil atau besar dapat dilihat pada (Gambar 2.9) (Purwaningsih, 2022). Badan golgi sebagai pusat produksi, penyimpanan, modifikasi dan distribusi molekul di dalam sel, produk yang dihasilkan oleh retikulum endoplasma akan diangkut dan dimodifikasi di dalam golgi, seperti penambahan gugus gula (glikosilasi) pada protein (Campbell & Reece, 2009). Badan golgi juga berperan dalam sintesis berbagai macam molekul termasuk karbohidrat dan lipid.



Gambar 2.9
Struktur Badan Golgi
Sumber: (Purwaningsih, 2022)

2.1.4.4.9 Lisosom

Lisosom memiliki ukuran diameter berkisar antara 0,2 hingga 0,5 μm yang memiliki bentuk sedikit bulat sampai polimorf dapat dilihat pada (Gambar 2.10) (Purwaningsih, 2022). Lisosom diproduksi oleh badan golgi, dapat ditemukan dalam sitoplasma sel hewan, sel kelenjar dan sel darah putih yang memiliki kemampuan fagosit, jamur dan protista dan sejauh ini lisosom belum ada bukti bahwa ada di sel tumbuhan, di dalam lisosom terkandung berbagai enzim hidrolitik yang berfungsi dalam proses pencernaan intraseluler untuk menguraikan zat-zat di dalam sel (Campbell & Reece, 2009). Zat-zat ini bisa berasal dari luar, seperti lemak, protein, dan bakteri yang ditangkap melalui proses fagositosis. Lisosom juga mencerna organel yang sudah tidak berfungsi, serta sel yang sudah rusak atau mati, sehingga bahan-bahan tersebut dapat didaur ulang untuk mendukung pertumbuhan sel-sel baru (Bakhtiar, 2011).



Gambar 2.10
Lisosom

Sumber: (Bakhtiar, 2011)

2.1.4.4.10 Peroxisom

Peroxisom adalah organel bermembran tunggal yang berperan dalam metabolisme sel, ditemukan pada jaringan fotosintesis tumbuhan yang berhubungan langsung dengan kloroplas, serta pada sel hati dan ginjal pada hewan (Bakhtiar, 2011). Organel ini mengandung enzim metabolik, seperti enzim asam glikosilat dan hidrogen peroksida (H_2O_2), yang terlibat dalam proses fotorespirasi tumbuhan dan detoksifikasi senyawa berbahaya pada hewan. Selain itu, peroksisom memecah asam lemak menjadi molekul kecil untuk respirasi seluler, dengan menghasilkan

H₂O₂ sebagai produk sampingan, yang kemudian diubah menjadi air oleh enzim lain untuk mencegah kerusakan sel (Campbell & Reece, 2009). Tidak berasal dari sistem endomembran, peroksisom tumbuh dengan menggabungkan protein dan lipid dari sitosol, retikulum endoplasma, atau sintesis internal, serta dapat membelah diri untuk memperbanyak jumlahnya (Campbell & Reece, 2009).

2.1.4.4.11 Vakuola

Vakuola adalah organel yang dibungkus oleh membran tonoplas pada sel tumbuhan, yang berfungsi mengatur keluar masuknya zat. Pada sel tumbuhan dewasa, vakuola sentral biasanya besar dan mengandung berbagai senyawa seperti garam mineral, karbohidrat, asam amino, produk sampingan metabolisme, dan pigmen seperti antosianin yang memberi warna pada bunga (Bakhtiar, 2011). Vakuola juga berperan dalam menyimpan zat yang tidak diperlukan dan membuang limbah berbahaya, pada sel hewan, vakuola lebih kecil dan tidak memiliki tonoplas, sementara pada beberapa protozoa terdapat vakuola makanan untuk pencernaan intraseluler dan vakuola berdenyut yang berperan dalam osmoregulasi, mengatur keseimbangan cairan sel (Campbell & Reece, 2009).

2.1.4.6 Perbedaan *prokariot* dan *eukariot*

Sel *prokariot* dan *eukariot* merupakan dua jenis sel dasar yang menyusun seluruh bentuk kehidupan di bumi. Meskipun keduanya sama-sama merupakan untuk dasar kehidupan, terdapat perbedaan mendasar dari keduanya. Sel *prokariot* biasanya umumnya berukuran lebih kecil serta memiliki struktur yang lebih sederhana dibandingkan dengan *eukariot* (Purwaningsih, 2022). Ciri khas *prokariot* adalah tidak adanya membran inti yang membungkus genetiknya (Rahmadina et al., 2024) DNA pada sel *prokariot* berbentuk sirkular dan terletak bebas di dalam sitoplasma, daerah yang disebut nukleoid (Nendissa et al., 2023). Membran seperti retikulum endoplasma, mitokondria, ribosom pada sel *prokariot* lebih kecil dan tersebar di dalam sitoplasma (Purwaningsih, 2022). Sel *eukariot* memiliki struktur yang lebih kompleks. Dengan membran inti yang memisahkan DNA dari sitoplasma. DNA pada sel *eukariot* terorganisir dalam kromosom linear yang terletak di dalam nukleus (Rahmadina et al., 2024). Sel *eukariot* juga memiliki

berbagai organel membran seperti retikulum endoplasma, mitokondria, badan golgi, dan vakuola, organel-organel tersebut memiliki fungsi khusus dalam menjalankan berbagai aktivitas seluler (Nendissa et al., 2023). Ribosom pada sel *eukariot* umumnya melekat pada retikulum endoplasma kasar (Purwaningsih, 2022). Lebih jelas dapat dilihat pada (Tabel 2.1) berikut.

Tabel 2. 1
Perbedaan sel prokariotik dan eukariotik

No	Sel Prokariotik	Sel Eukariotik
1.	Memiliki ukuran 1-10 μm dan berbentuk lebih sederhana	Memiliki ukuran 10-100 μm dan berbentuk lebih kompleks
2.	Tidak terdapat membran inti dan anak inti	Terdapat membran inti dan anak inti
3.	Tidak terdapat retikulum endoplasma	Terdapat retikulum endoplasma
4.	Tidak terdapat mitokondria	Terdapat mitokondria
5.	Ribosom berada bebas di sitoplasma	Ribosom sebagian besar menempel pada retikulum endoplasma
6.	DNA berada bebas di sitoplasma dan tidak terikat dengan histon	DNA berada di nukleus dan terikat dengan histon
7.	DNA memiliki struktur strain tunggal, berbentuk lingkaran	DNA memiliki struktur <i>double helix</i> atau untai ganda
8.	Alat gerak berupa flagel	Alat gerak dapat berupa flagel dan silia
9.	Tidak membentuk sebuah jaringan	Sebagian besar membentuk sebuah jaringan

Sumber: (Purwaningsih, 2022)

2.2 Hasil Penelitian yang Relevan

Hasil dari penelitian Angga et al, (2022) dengan judul "Pembuatan *Augmented Reality* (AR) untuk Pembelajaran Organel Sel pada Tumbuhan dan Hewan" berhasil menghasilkan aplikasi AR berbasis Android yang dirancang untuk meningkatkan pembelajaran biologi di SMA Negeri 1 Dlingo. Aplikasi ini menampilkan visualisasi organel sel dalam bentuk 3D yang interaktif, dapat diakses melalui *marker* pada buku pelajaran, serta dilengkapi dengan kuis dan informasi tambahan mengenai bagian-bagian sel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi ini berhasil meningkatkan minat peserta didik terhadap materi organel sel, dengan 60% responden menyatakan "Sangat Setuju" bahwa aplikasi ini membantu pemahaman, dan 40% lainnya "Setuju." Secara keseluruhan, aplikasi ini

memberikan dampak positif terhadap proses pembelajaran yang lebih menarik dan interaktif.

Penelitian ini relevan dengan penelitian Angga et al, (2022), yang juga mengembangkan aplikasi AR untuk pembelajaran biologi, khususnya dalam konteks struktur dan fungsi sel. Meskipun aplikasi yang dikembangkan dalam jurnal ini berfokus pada visualisasi organel sel tumbuhan dan hewan, penelitian Anda menambahkan kebaruan dengan menampilkan organel sel secara lebih rinci, mulai dari struktur terkecil hingga membentuk keseluruhan sel (prokariotik dan eukariotik). Data hasil kuesioner dalam penelitian ini menunjukkan skor 92% dalam kategori "Sangat Setuju" yang mengindikasikan bahwa AR efektif meningkatkan pemahaman dan minat belajar peserta didik.

Hasil penelitian dari Muriyatmoko et al. (2024) Penelitian ini menghasilkan aplikasi Biolens, sebuah aplikasi *Augmented Reality* berbasis android yang digunakan untuk pembelajaran materi sel pada mata pelajaran biologi di SMA. Aplikasi ini dikembangkan menggunakan *unity*, *visual studio code* dan *blender*. Validasi aplikasi dilakukan oleh ahli media dan ahli materi, dapat hasil persentase kelayakan masing-masing sebesar 96% dan 85% sehingga dikategorikan sangat layak dan layak. Uji coba aplikasi dilakukan kepada 12 peserta didik, dan hasilnya menunjukkan peningkatan pemahaman peserta didik dengan rata-rata jawaban benar sebesar 93% setelah menggunakan aplikasi. Aplikasi ini terbukti efektif karena terdapat aspek yang ditingkatkan.

Berdasarkan penelitian oleh Khanan & Wardhani, (2024) pengembangan aplikasi berbasis *Augmented Reality* (AR) seperti BIOSAR menunjukkan bahwa penggunaan media digital yang memanfaatkan teknologi AR dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi abstrak dalam pelajaran biologi, terutama konsep sel prokariotik dan eukariotik. Validasi dari ahli materi dan media menunjukkan tingkat kevalidan yang sangat tinggi dengan skor di atas 92%, sementara kepraktisan aplikasi dinilai sangat praktis oleh guru dan siswa dengan persentase hampir mencapai 88%. Hasil ini mengindikasikan bahwa media pembelajaran berbasis AR tidak hanya layak digunakan secara akademik, tetapi juga mampu meningkatkan keterlibatan dan pemahaman peserta didik secara

efektif. Oleh karena itu, pengintegrasian teknologi AR dalam pengembangan media pembelajaran dapat menjadi solusi inovatif untuk mengatasi kesulitan pemahaman konsep-konsep abstrak dalam mata pelajaran biologi, yang relevan dengan kebutuhan penelitian saya dalam meningkatkan kualitas pembelajaran melalui inovasi teknologi edukatif.

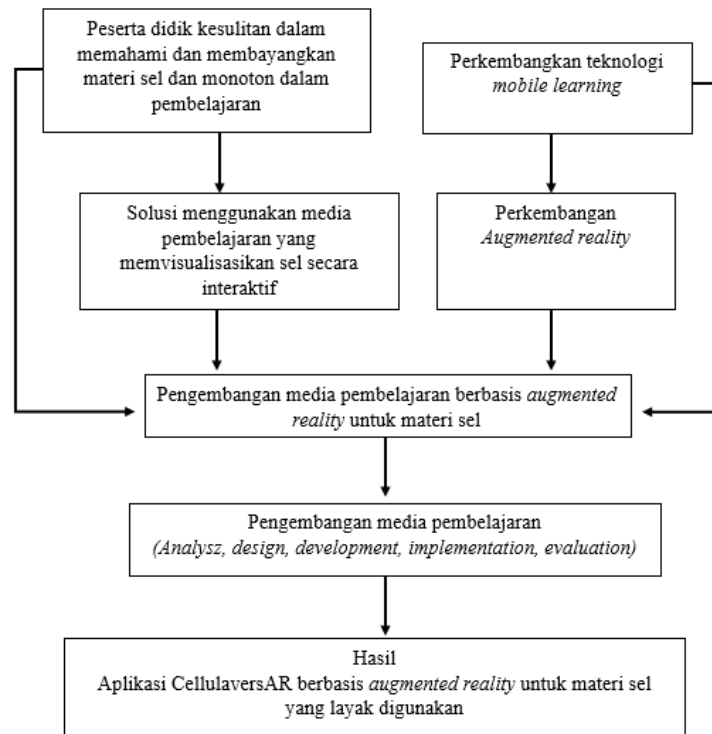
Berdasarkan penelitian Nurhuda & Hasanah, (2024) pengembangan media pembelajaran berbasis augmented reality (AR) telah terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep yang bersifat abstrak, seperti fotosintesis, pada siswa sekolah dasar. Media ini mampu menjadikan proses pembelajaran lebih menarik, interaktif, dan mampu meningkatkan minat serta keterlibatan siswa dalam mengikuti pembelajaran. Selain itu, media AR mampu menyampaikan materi secara visual tiga dimensi yang dapat diamati dari berbagai sudut pandang, sehingga memudahkan siswa memahami proses yang tidak dapat diamati secara langsung. Hasil validasi dan uji coba menunjukkan bahwa media ini mendapatkan tingkat kelayakan yang tinggi dari praktisi maupun responden siswa, dengan presentase keberhasilan mencapai lebih dari 80%. Berdasarkan keberhasilan tersebut, pengembangan media pembelajaran berbasis AR untuk materi sel di tingkat pendidikan menengah diharapkan dapat meningkatkan pemahaman konseptual, memperkaya pengalaman belajar, serta mendorong penerapan inovasi teknologi dalam pembelajaran biologi. Penggunaan media ini juga diharapkan mampu mengatasi kendala dalam menyampaikan materi yang bersifat mikroskopis dan tidak dapat diamati langsung, sehingga proses belajar menjadi lebih efektif dan menyenangkan.

2.3 Kerangka Konseptual

Pengembangan aplikasi *CellulaversAR* berbasis *Augmented Reality* untuk materi sel didasari oleh beberapa permasalahan dan potensi dalam pembelajaran biologi. Beberapa permasalahan utama meliputi kebutuhan akan media pembelajaran alternatif berbasis teknologi yang lebih interaktif, serta tantangan dalam memahami materi sel yang dianggap kompleks dan abstrak oleh peserta didik. Selain itu, banyak peserta didik mengalami kesulitan dalam membayangkan struktur sel yang biasanya hanya bisa dilihat melalui mikroskop, sehingga

diperlukan media baru yang dapat memvisualisasikan sel secara lebih nyata. Potensi yang mendukung pengembangan ini adalah ketersediaan gadget di kalangan peserta didik yang sudah terbiasa menggunakan teknologi dalam keseharian mereka, serta kemampuan visualisasi 3D yang dapat dimanfaatkan untuk menghadirkan pengalaman belajar yang lebih konkret dan menyeluruh.

Diharapkan dengan adanya pengembangan aplikasi *CellulaversAR*, peserta didik akan memiliki daya tarik yang lebih tinggi terhadap pembelajaran biologi, khususnya materi sel, dan dapat belajar secara mandiri dengan cara yang menyenangkan. Proses pengembangan aplikasi ini menggunakan model ADDIE, yang meliputi tahap analisis untuk memahami kebutuhan peserta didik, tahap desain untuk merancang fitur-fitur yang relevan, tahap pengembangan aplikasi berbasis *Augmented Reality* yang interaktif, tahap implementasi untuk menguji penggunaan aplikasi oleh peserta didik, dan tahap evaluasi untuk menyempurnakan aplikasi berdasarkan umpan balik yang diperoleh. Kerangka konseptual penelitian ini dapat dilihat pada diagram yang menggambarkan alur proses pengembangan dari identifikasi permasalahan hingga hasil akhir berupa aplikasi *CellulaversAR* yang layak digunakan sebagai media pembelajaran biologi untuk materi sel, dengan harapan mampu meningkatkan pemahaman dan minat belajar peserta didik secara signifikan. Kerangka konseptual penelitian ini dapat dilihat pada (Gambar 2.11).



Gambar 2. 11
Kerangka Konseptual
 Sumber: Data Pribadi