

## **BAB II**

### **KAJIAN LITERATUR**

#### **2.1. Konsep Genetika**

Genetika merupakan cabang biologi yang berfokus pada studi mengenai materi genetik, pewarisan sifat, serta regulasi ekspresi gen pada organisme hidup. Ruang lingkupnya mencakup level molekuler (DNA, RNA, dan sintesis protein), seluler (pembelahan dan diferensiasi sel), hingga pola hereditas pada tingkat populasi. Dengan demikian, genetika tidak hanya dipahami sebagai disiplin deskriptif, tetapi juga sebagai kerangka konseptual dan alat analitis untuk menjelaskan mekanisme biologis yang mendasari pertumbuhan, perkembangan, adaptasi, serta evolusi organisme [5].

Materi genetika sering dianggap sulit oleh siswa karena memiliki karakteristik yang kompleks baik dari sisi konsep maupun faktor afektif. Kesulitan ini teridentifikasi dari rendahnya pemahaman konsep, banyaknya kesalahan dalam menyelesaikan soal persilangan, serta hasil evaluasi belajar yang rendah. Siswa cenderung menganggap genetika membosankan dan sulit dipahami karena banyak istilah ilmiah, simbol, serta proses biologis yang abstrak dan saling berkaitan, seperti replikasi DNA, transkripsi RNA, dan translasi protein. Kesulitan siswa dalam memahami genetika tidak hanya dipengaruhi oleh faktor internal seperti kemampuan kognitif, minat, dan motivasi belajar, tetapi juga oleh faktor eksternal berupa metode pembelajaran yang cenderung monoton dan masih didominasi ceramah [6].

Analisis minat belajar penting dilakukan sebagai dasar untuk menyusun pendekatan pembelajaran yang lebih personal. Dengan memahami tingkat minat siswa, guru dapat mengadopsi strategi yang lebih sesuai, misalnya melalui penggunaan media interaktif, sehingga minat belajar meningkat dan kesulitan siswa dalam memahami materi genetika dapat meminimalisir kesulitan dalam pembelajaran [7].

##### **2.1.1. Materi Genetik**

Materi genetik merupakan unit molekuler yang membawa informasi hereditas dari satu generasi ke generasi berikutnya pada seluruh organisme hidup. Komponen utama materi genetik mencakup asam deoksiribonukleat (DNA), asam ribonukleat (RNA), gen, dan kromosom [8]. DNA bertindak sebagai cetak biru molekuler yang tersusun atas rantai

ganda heliks nukleotida (gula deoksiribosa, gugus fosfat, dan basa nitrogen adenin, timin, sitosin, serta guanin), sedangkan RNA umumnya beruntai tunggal dengan gula ribosa dan basa urasil menggantikan timin [8] [9]. Visualisasi molekul DNA dan RNA dalam pembelajaran genetika menghadapi tantangan tingkat abstraksi yang tinggi, sehingga pemahaman struktur nukleotida dan susunan kromosom memerlukan penguatan konsep yang komprehensif [9]. Analisis miskonsepsi menunjukkan bahwa peserta didik sering mengalami kesulitan dalam membedakan letak gen, lokus, serta pemetaan kromosom somatis dan gamet [10]. Penguasaan materi genetik menjadi fondasi utama sebelum mempelajari mekanisme ekspresi gen dan pembelahan sel [8] [10].

### **2.1.2. Sintesis Protein**

Sintesis protein merupakan proses penerjemahan kode genetik yang terkandung dalam DNA menjadi susunan asam amino yang membentuk protein fungsional melalui dua tahapan utama : transkripsi dan translasi [11]. Pada tahap transkripsi, enzim RNA polimerase mentranskripsikan urutan DNA menjadi mRNA di dalam nukleus. Selanjutnya, pada tahap translasi, mRNA ditranslasikan oleh ribosom dengan bantuan tRNA yang membawa asam amino sesuai dengan pasangan kodon-antikodon [11] [12]. Penelitian mengenai pemahaman konsep sintesis protein mengungkapkan bahwa subkonsep seperti peran tRNA, pembacaan kodon, dan mekanisme inisiasi-elongasi-terminasi sering menimbulkan miskonsepsi tingkat tinggi [12]. Pendekatan diagnostik berbasis *multi-tier test* menunjukkan bahwa ketidakpahaman pada mekanisme molekuler sintesis protein berakar dari kesulitan dalam menghubungkan urutan basa nitrogen dengan pembentukan ikatan peptida [13].

### **2.1.3. Pembelahan Sel**

Pembelahan sel merupakan mekanisme fundamental dalam sistem biologis yang bertujuan untuk pertumbuhan, perbaikan jaringan, dan reproduksi organisme [14]. Pembelahan sel terbagi menjadi amitosis (pada organisme prokariotik), mitosis, dan meiosis (pada organisme eukariotik) [14] [15]. Mitosis berlangsung dalam sel somatis dan menghasilkan dua sel anak yang secara genetik identik dengan sel induk ( $2n$ ), melalui tahap profase, metafase, anafase, dan telofase [15]. Sebaliknya, meiosis terjadi pada sel germinal untuk menghasilkan gamet haploid ( $n$ ) melalui dua kali pembelahan berurutan (Meiosis I dan Meiosis II), yang disertai dengan peristiwa pindah silang (*crossing over*) untuk menciptakan variasi genetik [14] [16]. Visualisasi fase-fase pembelahan, seperti

pemisahan kromatid saudara pada metafase dan anafase, sangat menentukan tingkat pemahaman terhadap konsep kontinuitas kromosom [15] [16].

#### **2.1.4. Pewarisan Sifat**

Pewarisan sifat mempelajari pola transmisi karakteristik atau fenotipe dari tetua kepada keturunannya berdasarkan prinsip-prinsip genetik yang dikembangkan oleh Gregor Mendel [17]. Hukum Mendel I (Hukum Segregasi) menyatakan bahwa pasangan alel untuk suatu sifat akan berpisah secara bebas pada saat pembentukan gamet, sedangkan Hukum Mendel II (Hukum Asortasi Bebas) menyatakan bahwa alel dari gen yang berbeda terpisah secara independen satu sama lain selama pembentukan gamet [17] [18]. Pola pewarisan sifat meliputi persilangan monohybrid, dihybrid, dan komplementer [18]. Analisis pola pewarisan pada silsilah keluarga (*pedigree*) membuktikan bahwa ekspresi sifat dominan dan resesif, baik autosom maupun terikat kromosom seks, secara konsisten mengikuti rasio genotipe dan fenotipe Mendel [19].

#### **2.2. Gamifikasi Dalam Pembelajaran**

Gamifikasi adalah penerapan fitur permainan dalam pembelajaran dengan tujuan memotivasi siswa dan meningkatkan partisipasi. Terdapat dua jenis gamifikasi dalam pembelajaran, yaitu gamifikasi konten dan gamifikasi struktural. Gamifikasi konten menerapkan elemen permainan dengan mengubah cara penyampaian materi—misalnya melalui skenario atau alur yang dibuat menyerupai permainan—sedangkan gamifikasi struktural memasukkan elemen permainan ke dalam proses pembelajaran tanpa mengubah bentuk materi itu sendiri. Kedua pendekatan bertujuan meningkatkan hasil belajar siswa, sehingga guru perlu memilih jenis gamifikasi yang paling sesuai agar tujuan pembelajaran tercapai [20].

Gamifikasi dalam pembelajaran terbukti mampu meningkatkan motivasi siswa karena menghadirkan elemen-elemen permainan yang membuat proses belajar lebih menarik, interaktif, dan menyenangkan. Dengan adanya tantangan, penghargaan, umpan balik cepat, serta mekanisme seperti leveling, badge, atau alur cerita yang mendalam, siswa terdorong untuk lebih aktif terlibat dalam kegiatan belajar. Elemen-elemen tersebut menciptakan pengalaman belajar yang menyerupai permainan, sehingga siswa merasa termotivasi ketika berhasil menyelesaikan suatu tantangan atau mencapai level tertentu, meskipun tidak selalu menggunakan sistem poin. Lingkungan belajar yang lebih engaging

ini pada akhirnya meningkatkan keterlibatan siswa dan mendorong mereka untuk lebih bersemangat dalam memahami materi, sehingga gamifikasi efektif dalam mendukung pencapaian tujuan pembelajaran [21].

Gamifikasi mampu menstimulasi motivasi intrinsik melalui rasa ingin tahu sekaligus motivasi ekstrinsik lewat pemberian reward, sehingga tercipta suasana belajar yang kompetitif namun tetap menyenangkan. Kondisi ini mendorong siswa untuk berpartisipasi aktif, meningkatkan rasa percaya diri, serta menumbuhkan inisiatif bertanya yang muncul dari keberhasilan menyelesaikan setiap level tugas. Struktur pembelajaran yang jelas menjadikan setiap aktivitas sebagai misi yang harus dituntaskan, sehingga siswa lebih terarah dalam proses belajar. Secara keseluruhan, peningkatan semangat belajar melalui gamifikasi sejalan dengan teori motivasi dan konstruktivisme yang menekankan pentingnya keterlibatan aktif serta pengalaman bermakna dalam pembelajaran [22].

### **2.3. Unity Engine**

Unity Engine merupakan salah satu platform pengembangan game yang sangat populer dan fleksibel, karena mampu mendukung penciptaan game dengan grafis menarik serta performa yang baik. Keunggulan utama Unity Engine terletak pada ketersediaan berbagai fitur dan plugin yang memudahkan pengembang dalam merancang game berbasis Android [23]. Platform ini mendukung berbagai bahasa pemrograman seperti JavaScript, C#, dan Boo Script, sehingga pengembang dapat memilih bahasa yang paling sesuai dengan kebutuhan proyek mereka [24].

Unity memiliki fitur bawaan yang mendukung proses pengembangan animasi secara langsung tanpa perlu plugin eksternal. Fitur seperti Sprite Editor, jendela Animation dan Animator, serta dukungan inverse kinematics memungkinkan pengembang mengatur gerakan karakter dengan lebih realistis. Selain itu, sistem tambahan seperti Sprite Library dan Animator Override Controllers memberikan fleksibilitas dalam mengelola variasi animasi, sehingga pengembang dapat menciptakan pengalaman visual yang kaya dan interaktif. Dengan adanya fitur-fitur ini, Unity menjadi platform yang sangat efisien untuk mengintegrasikan aset visual dan logika permainan dalam satu ekosistem pengembangan [25].

Salah satu keunggulan utama Unity adalah kemampuannya mengembangkan game lintas platform, sehingga game yang dibuat dapat dengan mudah di-porting ke berbagai perangkat seperti iOS, Android, Windows, MacOS, konsol, hingga VR/AR. Selain itu, Unity

didukung oleh komunitas pengembang yang sangat aktif dengan forum, dokumentasi, dan beragam tutorial yang tersedia secara online, sehingga memudahkan pengembang pemula maupun profesional dalam menyelesaikan kendala teknis. Unity Asset Store juga menyediakan berbagai aset seperti model 3D, skrip, dan plugin yang dapat mempercepat proses pengembangan, menjadikan Unity sebagai platform yang efisien sekaligus fleksibel untuk menciptakan game berkualitas tinggi [26].

#### 2.4. Metode Pengembangan Agile

Metode Pengembangan Agile merupakan metodologi pengembangan perangkat lunak yang dilakukan secara iteratif dan incremental, di mana proses pengembangan berlangsung secara berulang dalam siklus yang terstruktur. Pendekatan ini menekankan kolaborasi tim, fleksibilitas terhadap perubahan kebutuhan, serta keterlibatan aktif pengguna dalam setiap tahapan pengembangan. Agile berfokus pada penyampaian perangkat lunak secara bertahap dengan kualitas yang tinggi, sehingga mampu meningkatkan efektivitas pengembangan, khususnya pada tim berskala kecil hingga menengah [27].

Dalam implementasinya, metode Agile memiliki tahapan umum yang dapat diadaptasi dalam proses pengembangan perangkat lunak. Tahapan tersebut meliputi :

1. *Requirement gathering*, yaitu proses identifikasi dan pengumpulan kebutuhan sistem bersama pengguna.
2. *Planning*, yaitu penyusunan rencana pengembangan berdasarkan prioritas kebutuhan.
3. *Design*, yaitu perancangan arsitektur dan antarmuka sistem.
4. *Development*, yaitu proses implementasi kode program.
5. *Testing*, yaitu pengujian terhadap fungsi yang telah dikembangkan
6. *Evaluation*, evaluasi hasil pengembangan untuk menentukan perbaikan pada iterasi berikutnya.

Tahapan ini dilakukan secara berulang sehingga memungkinkan adanya peningkatan sistem secara berkelanjutan sesuai dengan kebutuhan pengguna [27].

Seiring dengan perkembangannya, Agile menjadi pendekatan utama dalam rekayasa perangkat lunak modern karena mampu mengatasi keterbatasan metode tradisional yang kurang fleksibel terhadap perubahan kebutuhan. Agile berorientasi pada kepuasan

pengguna, kolaborasi tim, serta kemampuan adaptasi yang tinggi, sehingga relevan dalam lingkungan pengembangan yang dinamis. Pendekatan ini juga memungkinkan proses pengembangan dilakukan secara berkelanjutan melalui iterasi yang terstruktur, sehingga hasil pengembangan dapat terus disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. [28].

Salah satu implementasi Agile yang paling banyak digunakan adalah *Scrum*. *Scrum* merupakan kerangka kerja yang membagi proses pengembangan ke dalam iterasi singkat yang disebut *sprint*. Tahapan dalam *Scrum* terdiri dari [29]:

1. *Product Backlog*, yaitu daftar kebutuhan sistem yang telah diprioritaskan.
2. *Sprint Planning*, yaitu perencanaan pekerjaan yang akan dilakukan dalam satu *sprint*.
3. *Sprint Execution*, yaitu proses pengembangan sistem.
4. *Daily Scrum*, yaitu pertemuan harian untuk memantau perkembangan.
5. *Sprint Review*, yaitu evaluasi hasil pengembangan bersama pemangku kepentingan.
6. *Sprint Retrospective*, yaitu refleksi tim untuk meningkatkan kinerja pada iterasi berikutnya. Selain itu, *scrum* juga melibatkan peran utama seperti *product owner*, *scrum master*, dan *development team* yang bekerja secara kolaboratif.

## 2.5. Metode Pengujian Black Box

Pengujian *Black Box* merupakan metode evaluasi perangkat lunak yang berfokus pada fungsi eksternal sistem dengan tujuan memverifikasi kesesuaian perilaku aplikasi terhadap spesifikasi yang telah ditentukan. Proses pengujian dilakukan dari perspektif pengguna dengan menganalisis hubungan antara *input* dan *output* tanpa memperhatikan struktur internal kode program. Validasi dilakukan berdasarkan respon sistem terhadap masukan yang diberikan, sehingga penguji dapat menilai apakah sistem telah berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional. Pendekatan ini efektif dalam mengidentifikasi kesalahan seperti fungsi yang tidak berjalan, kesalahan antarmuka, maupun ketidaksesuaian hasil keluaran [30].

Dalam implementasinya, pengujian *Black Box* memiliki tahapan yang sistematis, yaitu [30] :

1. Identifikasi kebutuhan pengujian, yaitu menentukan fungsi atau fitur yang akan diuji berdasarkan spesifikasi sistem.
2. Perancangan test case, yaitu menyusun skenario pengujian yang mencakup data input, proses yang diharapkan dan output yang dihasilkan.

3. Pelaksanaan pengujian, yaitu menjalankan sistem sesuai dengan test case yang telah dirancang.
4. Pencatatan hasil pengujian, yaitu mendokumentasikan hasil aktual dari sistem.
5. Evaluasi dan analisis, yaitu membandingkan hasil yang diperoleh dengan hasil yang diharapkan untuk menentukan keberhasilan pengujian.

Dalam praktiknya, teknik *Black Box* yang umum digunakan adalah *Equivalence Partitioning* (EP) dan *Boundary Value Analysis* (BVA). Teknik EP dilakukan dengan membagi data input ke dalam kelompok nilai valid dan tidak valid berdasarkan spesifikasi sistem, sehingga dapat mengurangi jumlah kasus uji tanpa mengurangi cakupan pengujian. Sementara itu, teknik BVA digunakan untuk menguji nilai batas dari suatu *input*, seperti nilai minimum, maksimum serta nilai di sekitar batas tersebut, guna mendeteksi kesalahan yang sering terjadi pada kondisi ekstrem [30]. Kombinasi kedua teknik ini mampu meningkatkan efektivitas pengujian dalam menemukan kesalahan fungsional sistem. Selain itu, dalam konteks aplikasi berbasis edukasi atau game, pengujian fungsional yang baik juga berperan penting dalam memastikan pengalaman pengguna yang optimal dan mendukung tujuan pembelajaran yang ingin dicapai [31].

## **2.6. User Acceptance Testing (UAT)**

*User Acceptance Testing* (UAT) merupakan metode pengujian yang dilakukan dengan melibatkan pengguna akhir (end-user) untuk mengetahui apakah sistem yang dikembangkan telah sesuai dengan kebutuhan serta harapan pengguna. Pengujian ini dilakukan setelah proses pengembangan sistem selesai dan bertujuan untuk memastikan bahwa aplikasi dapat diterima serta layak digunakan oleh target pengguna [32].

Pada proses pelaksanaannya, pengguna diberikan kesempatan untuk menggunakan sistem secara langsung dan memberikan penilaian berdasarkan pengalaman mereka selama interaksi dengan aplikasi. Hasil dari pengujian ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan tingkat penerimaan pengguna terhadap sistem yang telah dikembangkan. Secara umum, aspek yang dievaluasi dalam *User Acceptance Testing* meliputi fungsi sistem, kemudahan penggunaan, tampilan antarmuka, efisiensi penggunaan, serta tingkat kepuasan pengguna [32]. Adapun tahapan pelaksanaan *User Acceptance Testing* terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut [33]:

### **1. Perencanaan (*Planning*)**

Tahap awal yang dilakukan untuk menentukan tujuan, metode, jadwal

pelaksanaan, serta kriteria keberhasilan pengujian. Pada tahap ini juga dilakukan penentuan responden yang akan terlibat dalam proses pengujian.

## 2. Persiapan (*Preparation*)

Tahap penyusunan instrumen pengujian, seperti skenario penggunaan sistem dan kuesioner penilaian. Selain itu, lingkungan pengujian dipersiapkan agar mendekati kondisi penggunaan sebenarnya.

## 3. Pelaksanaan dan Evaluasi (*Execution and Evaluation*)

Pengguna mencoba seluruh fitur yang tersedia pada sistem dan selanjutnya memberikan penilaian melalui instrumen yang telah disediakan. Apabila ditemukan kesalahan atau kendala selama penggunaan, maka hasil tersebut dicatat sebagai bahan evaluasi dan perbaikan sistem.

Dalam penelitian ini, *User Acceptance Testing* dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada siswa setelah menggunakan game edukasi genetika. Penilaian dilakukan menggunakan skala Likert dengan bobot sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Bobot Penilaian Kuesioner

| Pilihan             | Bobot |
|---------------------|-------|
| Sangat Setuju       | 5     |
| Setuju              | 4     |
| Netral              | 3     |
| Tidak Setuju        | 2     |
| Sangat Tidak Setuju | 1     |

Hasil pengujian kemudian direkapitulasi dalam bentuk tabel penilaian untuk mengetahui tingkat penerimaan pengguna terhadap beberapa aspek, seperti kemudahan penggunaan, tampilan permainan, materi pembelajaran, dan kepuasan pengguna. Nilai akhir pengujian diperoleh dengan menghitung total skor jawaban responden dan membandingkannya dengan skor maksimum yang mungkin diperoleh. Persentase tingkat penerimaan pengguna dihitung menggunakan persamaan (1).

Persentase Kelayakan :

$$\text{Persentase} = \frac{\text{TTTTTTTTT ssssTTss ppppsTTTTpphTTaa}}{\text{TTTTTTTTT ssssTTss mmTTssssmmTTTT}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :

1. Total skor perolehan = jumlah keseluruhan skor yang diperoleh dari jawaban responden.

2. Total skor maksimum = bobot tertinggi x jumlah pertanyaan x jumlah responden.

Persentase yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menentukan tingkat kelayakan dan penerimaan pengguna terhadap game edukasi yang dikembangkan. Semakin tinggi nilai persentase yang diperoleh, maka semakin baik tingkat penerimaan pengguna terhadap sistem. Hasil dari pengujian ini dapat dijadikan sebagai dasar untuk menyimpulkan apakah game edukasi genetika yang dikembangkan telah memenuhi kebutuhan pengguna dan layak digunakan sebagai media pembelajaran.

