Computing and Education Technology Journal (CETJ) **e-ISSN : 2830-1706**
https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/cetj/index **p-ISSN : 2830-1692**
Volume 6 Nomor 1 Tahun 2026
Hal 52-67

Implementasi Media Pembelajaran Berbasis Web pada Materi Sistem Imun melalui Model *Discovery Learning* di Kelas XI SMA

Tio Ezekiel[1,*], Andi Ichsan Mahardika[2], Rizky Pamuji[3]
[1,2,3] Pendidikan Komputer, Universitas Lambung Mangkurat, Indonesia
E-mail: tioezekiel7@gmail.com, ichsan_pfis@ulm.ac.id, rizky.pamuji@ulm.ac.id
Email Korespondensi: tioezekiel7@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.20527/cetj.v6i1.18696

Abstrak

Media pembelajaran interaktif berbasis web dengan pendekatan *discovery learning* merupakan sarana pembelajaran digital yang dirancang untuk mendorong eksplorasi dan penemuan konsep secara mandiri oleh peserta didik. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran interaktif berbasis web pada materi Sistem Pertahanan Tubuh terhadap Penyakit untuk siswa kelas XI SMA menggunakan model *discovery learning*. Penelitian ini menerapkan metode *Research and Development* (R&D) dengan mengadopsi model ADDIE yang dibatasi pada tahap: analisis kebutuhan, perancangan sistem, pengembangan produk, dan evaluasi akhir. Dalam proses pembuatannya, media ini dibangun menggunakan kombinasi teknologi web yang meliputi HTML, CSS, JavaScript, dan Bootstrap untuk tampilan, serta PHP dengan *framework* Laravel dan basis data MySQL untuk sistem backend., serta didukung oleh alat bantu untuk desain seperti Figma, Lucidchart dan Canva. Media ini juga telah menerapkan enam tahapan model *discovery learning* dan dapat diakses melalui perangkat digital oleh guru dan siswa. Hasil validasi yang diperoleh berdasarkan dari penilaian para ahli mencatatkan media pembelajaran yang dikembangkan mendapatkan persentase validitas materi sebesar 92,27% yang tergolong dalam kategori 'sangat tinggi'. Sementara itu, dari segi aspek media, diperoleh skor 78,75% yang masuk dalam kriteria 'tinggi'. Data ini mengindikasikan bahwa media dinyatakan valid digunakan dengan beberapa revisi.

Kata Kunci: ADDIE; *Discovery Learning;* Media Pembelajaran Interaktif; Sistem Pertahanan Tubuh;

Abstract

Interactive web-based learning media utilizing the discovery learning approach is a digital learning tool designed to encourage students' independent exploration and conceptual discovery. This research aimed to develop an interactive web-based learning medium on the topic of the Body's Defense System Against Disease for 11th-grade high school students using the discovery learning model. This study employed the Research and Development (R&D) method by adopting the ADDIE model, which was limited to the stages of needs analysis, system design, product development, and final evaluation. In the development process, the media was constructed using a combination of web technologies including HTML, CSS, JavaScript, and Bootstrap for the interface, as well as PHP with the Laravel framework and MySQL database for the backend system, supported by design tools such as Figma, Lucidchart, and Canva. This medium also implemented the six stages of the discovery learning model and can be accessed via digital devices by teachers and students. The validation results obtained from expert assessment showed that the developed learning medium achieved a material validity percentage of 92.27% (very high category). Meanwhile, the media aspect obtained a score of 78.75% (high criteria). These data indicated that the media was declared valid for use with some revisions.

Keywords: ADDIE; Body's Defense System; Discovery Learning; Interactive Learning Media;

How to cite: Ezekiel, T., Mahardika, A. I., Pamuji, R. (2026). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Web pada Materi Sistem Pertahanan Tubuh terhadap Penyakit Kelas XI SMA dengan Model *Discovery Learning*. *Computing and Education Technology Journal* (CETJ), 6(1), 52-67. https://doi.org/10.20527/cetj.v6i1.18696

© 2026 Computing and Education Technology Journal (CETJ)

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan proses dinamis yang terus mengalami transformasi mengikuti perkembangan zaman. Hadirnya Revolusi Industri 4.0 memicu transformasi besar di berbagai sektor, tidak terkecuali pada sektor pendidikan yang kini semakin lekat dengan integrasi TIK. Transformasi metode pengajaran dari gaya konvensional ke arah digital kini menjadi sebuah kebutuhan mendesak. Karakteristik Generasi Z sebagai digital native menuntut penyesuaian pendekatan pembelajaran yang lebih responsif terhadap media interaktif dan visual untuk mengakomodasi preferensi belajar mereka yang beragam (Damayanti, 2020; Muhazaroh, 2023). Penggunaan media pembelajaran web materi biologi berpotensi besar untuk menjadi sumber pembelajaran optimal untuk siswa, menunjukkan potensi besar media digital dalam pembelajaran biologi. Pentingnya menekankan kreativitas dalam pembelajaran juga tersorot dalam penelitian oleh (Jufri & Srimadona, 2022), yang menemukan bahwa keberhasilan model *discovery learning* berhubungan erat dengan kreativitas siswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ini tidak hanya membangun pengetahuan akademis, tetapi juga membantu siswa dalam memperkuat sikap kreatif mereka saat menghadapi tantangan pembelajaran. Dengan demikian, model ini memperkuat keterikatan antara penemuan pengetahuan dan pengembangan karakter siswa.

Namun, realitas di lapangan menunjukkan bahwa penyampaian materi sistem pertahanan tubuh masih didominasi metode ceramah dan penggunaan buku teks yang cenderung monoton. Penggunaan media yang hanya berupa lembar kerja siswa (LKS) menyebabkan suasana belajar menjadi kurang interaktif dan sulit mengikutsertakan siswa secara aktif dalam proses penemuan konsep. Hal ini mengakibatkan peserta didik kesulitan memvisualisasikan proses-proses mikroskopis yang kompleks dan abstrak yang terjadi dalam sistem imun. Untuk mengatasi kerenggangan ini, dibutuhkan inovasi media yang mampu menyajikan visualisasi interaktif sekaligus memfasilitasi kemandirian belajar di era digital. Sehingga, penulis yakin bahwa dibutuhkan sebuah media inovatif yang secara khusus mengintegrasikan enam tahapan *discovery learning* utuh ke dalam fitur-fitur interaktif seperti simulasi, *drag-and-drop*, dan eksplorasi mandiri untuk materi sistem pertahanan tubuh yang mendasari tujuan dari penelitian ini.

Media pembelajaran berbasis web menawarkan berbagai keunggulan dalam mendukung proses pembelajaran, seperti bisa menyajikan materi multimedia yang menarik, dapat diakses kapan saja dan di mana saja, dan menyediakan sumber belajar tambahan yang dapat memperkaya materi (Kuswanto, 2018). Fleksibilitas akses ini sangat mendukung konsep pembelajaran mandiri dan sesuai dengan karakteristik peserta didik era digital yang menginginkan pembelajaran tanpa batasan ruang dan waktu. Media pembelajaran berbasis web ini diharapkan dapat menjadi media pembelajaran mata pelajaran biologi serta dapat bermanfaat bagi guru, siswa, dan peneliti lanjutan. Multimedia interaktif sebagai inovasi media pembelajaran berbasis teknologi memiliki karakteristik khusus dalam memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran melalui pengintegrasian teknologi yang adaptif dengan kebutuhan siswa (Fitriya et al., 2024). Pengembangan multimedia pembelajaran interaktif dapat mencakup animasi, gambar menarik, materi, contoh soal, dan kuis interaktif yang dirancang untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran di era digital (Dwiqi et al., 2020). Implementasi media pembelajaran interaktif telah terbukti memberikan dampak positif terhadap proses pembelajaran. Penggunaan media pembelajaran interaktif dapat meningkatkan minat belajar siswa dan menciptakan pembelajaran yang lebih menarik serta efektif (Yoseptry et al., 2025). Media pembelajaran interaktif berbasis digital memungkinkan guru untuk memberikan pembelajaran yang menarik dan membantu meningkatkan keterampilan literasi digital siswa, meskipun memerlukan adaptasi dan peningkatan kompetensi teknologi dari tenaga pendidik (Rahmawati et al., 2023).

Pengembangan media pembelajaran berbasis web dengan model *discovery learning* untuk materi sistem pertahanan tubuh bertujuan untuk menciptakan pengalaman belajar yang bermakna dan mendalam. Media ini dirancang untuk memfasilitasi tahapan-tahapan *discovery learning* mulai dari *stimulation* (stimulasi), *problem statement* (identifikasi masalah), *data collection* (pengolahan data), *data processing* (pemrosesan data), *verification* (verifikasi), hingga *generalization* (penarikan kesimpulan).

Tujuan utama dari pendekatan *discovery learning* adalah membentuk peserta didik yang memiliki kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan mampu memecahkan masalah secara mandiri melalui proses penemuan (Prasetyo & Abduh, 2021). Melalui fitur-fitur interaktif, peserta didik dapat melakukan eksplorasi mandiri, mengamati simulasi proses imunitas, dan menemukan konsep-konsep penting secara aktif. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan motivasi belajar dan pemahaman konseptual peserta didik. Mengingat pentingnya materi sistem pertahanan tubuh dalam kurikulum Biologi SMA, masih terbatasnya media pembelajaran interaktif yang mengintegrasikan model *discovery learning*, serta potensi besar

teknologi web dalam mendukung pembelajaran, maka penelitian ini menjadi sangat relevan dan mendesak untuk dilakukan. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk mengembangkan media pembelajaran interaktif berbasis web pada materi sistem pertahanan tubuh terhadap penyakit untuk siswa kelas XI SMA dengan model *discovery learning*, sebagai upaya menciptakan inovasi pembelajaran yang menarik, dan sesuai dengan tuntutan pembelajaran abad 21.

Pentingnya pengembangan media ini juga didukung oleh kebutuhan akan sumber belajar yang dapat mengakomodasi berbagai gaya belajar peserta didik. Pentingnya pelaksanaan pembelajaran berdiferensiasi dapat mengakomodir keberagaman kemampuan dan karakteristik peserta didik (Adiniyah & Utomo, 2023).

METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D). R&D bertujuan untuk mengembangkan media yang bertujuan untuk mengembangkan media pembelajaran interaktif berbasis web pada pembelajaran sistem pertahanan tubuh terhadap penyakit dengan model *discovery learning*. *Research and Development* (R&D) merupakan metode penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut. Metode R&D digunakan karena orientasinya yang spesifik, yakni tidak hanya untuk merancang sebuah produk baru, tetapi juga untuk memverifikasi tingkat kelayakan dan efektivitas produk tersebut saat diterapkan, yang dalam konteks pendidikan digital dapat berupa media pembelajaran berbasis web, aplikasi pembelajaran, atau platform *e-learning*. Dalam pengembangan media pembelajaran digital. R&D menjadi pilihan utama karena karakteristiknya yang sistematis dan berorientasi pada produk yang tervalidasi (Sugiyono, 2018).

Alur pengembangan media ini mengacu pada kerangka kerja ADDIE yang mencakup lima fase: *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation* (Branch, 2010). Kerangka kerja ini dipilih karena sifatnya yang sistemik, di mana luaran dari satu tahapan akan menjadi masukkan krusial bagi tahapan selanjutnya, sehingga menjamin keteraturan proses pengembangan. Meskipun model ADDIE terdiri dari lima tahap, karena adanya keterbatasan waktu dan sumber daya dalam pelaksanaan penelitian ini, proses pengembangan media hanya dibatasi pada empat tahap, yaitu analisis (*analysis*), perancangan (*design*), pengembangan (*development*), dan evaluasi (*evaluation*).

(1) Tahap Analisis (*Analysis*) mengidentifikasi kebutuhan dan masalah yang ada berkaitan dengan pembelajaran. Di sini, penting untuk memahami latar belakang peserta didik, konteks pendidikan, dan tujuan pembelajaran yang ingin dicapai. Analisis yang tepat sangat penting karena memberikan dasar untuk seluruh proses pengembangan selanjutnya, serta membantu dalam merumuskan tujuan pembelajaran yang jelas (Hidayat & Nizar, 2021). Analisis yang dilakukan meliputi analisis umum, analisis materi, analisis penerapan model *discovery learning*, analisis kebutuhan teknologi, dan evaluasi tahap analisis.

(2) Tahap Perancangan (*Design*) membuat rancangan media pembelajaran yang akan digunakan sesuai hasil analisis sebelumnya. Rancangan yang dilakukan pada tahap ini meliputi perancangan modul pembelajaran, perancangan sistem, perancangan *use case diagram*, perancangan *flowchart*, perancangan skema basis data, dan perancangan antarmuka.

(3) Tahap Pengembangan (*Development*) adalah tahap proses perancangan yang telah dilakukan sebelumnya dihasilkan menjadi produk pembelajaran. Selanjutnya, media pembelajaran interaktif berbasis web yang telah selesai dikembangkan akan divalidasi oleh para ahli materi dan ahli media. Kemudian dilakukan revisi sesuai saran yang diberikan dari hasil validasi.

(4) Tahap Evaluasi (*Evaluation*) bertujuan untuk menilai apakah setiap langkah dalam model pengembangan ADDIE sudah tepat dan sesuai. Jika ditemukan adanya ketidaksesuaian, misalnya pada tahapan rancangan, maka akan segera dilakukan perbaikan pada rancangan tersebut.

Subjek pada penelitian pengembangan media pembelajaran ini adalah dua orang ahli materi dan dua orang ahli media yang berperan dalam proses validasi media pembelajaran. Sedangkan objek dari penelitian ini adalah hasil validitas media pembelajaran sudah dikembangkan.

Penelitian ini menerapkan analisis data kuantitatif untuk mengevaluasi produk media pembelajaran interaktif berbasis web yang dikembangkan. Produk tersebut dirancang khusus untuk materi Sistem Pertahanan Tubuh terhadap Penyakit bagi siswa Kelas XI SMA dengan pendekatan model *discovery learning*. Data kuantitatif dikumpulkan melalui instrumen angket validasi yang diisi oleh tiga kelompok ahli, yaitu ahli materi, ahli media, dan praktisi pendidikan.

Proses validasi media dan materi pembelajaran dilakukan dengan menggunakan skala Likert 5 poin (1-5) melalui lembar validasi khusus. Analisis hasil validasi dilaksanakan dengan menghitung skor pencapaian setiap aspek penilaian menggunakan rumus tertentu yang mengacu pada penelitian (Munawarah

et al., 2021). Pedoman untuk butir pertanyaan untuk instrumen lembar penilaian uji validitas materi dan media sebagai berikut.

Tabel 1. Pedoman Skor Lembar Validitas

Skor	Keterangan
1	Tidak Baik
2	Kurang Baik
3	Cukup Baik
4	Baik
5	Sangat Baik

Analisis hasil validasi dilaksanakan dengan menghitung skor pencapaian setiap aspek penilaian menggunakan rumus berikut (Munawarah et al., 2021).

$$SH = S \times \sum I \times \sum R$$

Keterangan:
SH : Skor yang diharapkan
S : Skor tertinggi tiap butir soal
$\sum I$: Jumlah butir soal pada aspek yang diukur
$\sum R$: Jumlah responden

Angket validasi materi pembelajaran mencakup tiga komponen penilaian utama: (1) kelayakan konten, (2) kelayakan penyajian materi, dan (3) kelayakan penggunaan bahasa. Validasi ini dilakukan oleh dua pakar bidang materi dengan menggunakan skala Likert 5 poin, dimana skor maksimal ideal untuk setiap butir pertanyaan adalah 5 untuk tiap butir pertanyaan berupa skor harapan dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Skor Harapan Validasi Materi

Aspek Penilaian	Jumlah Pertanyaan	Skor Harapan
Aspek Kevalidan Isi	9	45
Aspek Kevalidan Penyajian	6	30
Aspek Kevalidan Kebahasaan	7	35
Jumlah	**22**	**110**

Sementara itu, instrumen validasi media pembelajaran mengevaluasi tiga aspek kritis: sistem umpan balik dan kemampuan adaptasi, kualitas tampilan visual, tingkat interaktivitas pengguna. Skor maksimal yang dapat dicapai untuk masing-masing aspek tersebut tersaji dalam bentuk tabel berikut.

Tabel 3. Skor Harapan Validasi Media

Aspek Penilaian	Jumlah Pertanyaan	Skor Harapan
Kualitas Konten	1	5
Kesesuaian Tujuan Pembelajaran	1	5
Umpan Balik dan Adaptasi	1	5
Motivasi	1	5
Presentasi Desain	1	5
Kemudahan Interaksi	1	5
Aksesibilitas	1	5
Kepatuhan Terhadap Standar	1	5
Jumlah	**8**	**40**

Tabel 4.Presentase Capaian Kevalidan

Presentase Capaian (PC)	Kriteria
$20 \leq PC \leq 40$	Validitas Rendah
$41 < PC \leq 60$	Validitas Sedang
$61 < PC \leq 80$	Validitas Tinggi
$81 < PC \leq 100$	Validitas Sangat Tinggi

Skor yang diperoleh dari tiap aspek penilaian oleh para ahli selanjutnya diterapkan perhitungan kembali untuk memperoleh persentase capaian dengan rumus berikut yang diadaptasi dari (Arikunto, 2013), yang dikutip dalam (Drajad et al., 2021).

$$Persentase\ Capaian\ (\%) = \frac{Jumlah\ skor\ responden}{Jumlah\ skor\ maksimal} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian ini menghasilkan produk berupa media pembelajaran interaktif berbasis web pada materi sistem pertahanan tubuh terhadap penyakit kelas XI SMA dengan model discovery learning. Pengembangan ini menggunakan model ADDIE yang dibatasi, yaitu analisis (analysis), desain (design), pengembangan (development), dan evaluasi (evaluation).

1. Tahap Analisis

Tahap analisis adalah langkah pertama dalam proses pengembangan media pembelajaran interaktif berbasis web. Pada tahap ini, peneliti melaksanakan analisis untuk mengidentifikasi kebutuhan dan permasalahan yang ada dalam pembelajaran materi Sistem Pertahanan Tubuh terhadap Penyakit di kelas XI SMA. Analisis yang dijalankan mencakup analisis umum dan analisis kebutuhan.

Dalam analisis umum, peneliti melaksanakan kajian literatur terhadap teori-teori terkait, meliputi teori media pembelajaran interaktif, model *Discovery Learning*, serta karakteristik peserta didik SMA. Selain itu, dokumen Kurikulum Merdeka ditelaah untuk memverifikasi keselarasan materi yang akan dikembangkan dengan Capaian Pembelajaran yang berlaku. Peneliti melakukan studi literatur dengan mengumpulkan beragam data dan informasi seperti artikel ilmiah, jurnal, buku teks, dan referensi lain yang sesuai dengan topik pengembangan media pembelajaran berbasis web dan materi Sistem Pertahanan Tubuh terhadap Penyakit. Salah satu sumber utama yang dipakai adalah buku Biologi SMA/MA Kelas XI Kurikulum Merdeka (Solihat et al., 2022), yang menjadi panduan untuk menentukan cakupan dan kedalaman materi.

Dalam dokumen Kurikulum Merdeka, Capaian Pembelajaran untuk Biologi pada akhir Fase F (usia 16–18 tahun) menyebutkan bahwa "peserta didik diharapkan memiliki kemampuan mendeskripsikan bioproses yang terjadi dalam sel, menganalisis keterkaitan struktur dan fungsi organ pada sistem organ serta kelainan atau gangguan yang muncul pada sistem organ tersebut serta memiliki kemampuan menerapkan konsep pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup dalam kehidupan sehari-hari". Capaian ini menekankan betapa pentingnya pemahaman mengenai Sistem Pertahanan Tubuh terhadap Penyakit sebagai dasar untuk memahami keterkaitan struktur dan fungsi organ tubuh serta kelainan atau gangguannya yang muncul dalam perkembangan dan pertumbuhan makhluk hidup dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, isi di dalam media pembelajaran yang dibuat harus disusun agar sesuai dengan Capaian Pembelajaran tersebut.

Analisis materi merujuk pada mata pelajaran Biologi jenjang Sekolah Menengah Atas (SMA) kelas XI pada Kurikulum Merdeka yang membahas topik Sistem Pertahanan Tubuh terhadap Penyakit. Berdasarkan hasil pengamatan pada buku ajar tersebut, dapat diketahui materi ini berisi:

a) Sistem Pertahanan Eksternal dan Internal: Materi meliputi pertahanan nonspesifik, pertahanan spesifik, dan respon imun.
b) Komponen Sistem Pertahanan Tubuh: Materi meliputi fagosit, limfosit, dan sel komponen.
c) Imunitas Tubuh dan Kelainannya: Materi meliputi jenis kekebalan aktif, kekebalan pasif, dan gangguan pada sistem pertahanan tubuh meliputi alergi, autoimunitas, dan HIV – AIDS.

Materi disusun demi mendukung pembelajaran kontekstual dengan menganalisis keterkaitan peran antarkomponen penyusun sistem pertahanan tubuh pada manusia dan menyelidiki gangguan sistem pertahanan tubuh dalam kaitannya dengan terjadinya sejumlah penyakit.

Hasil analisis menunjukkan bahwa guru dan siswa masih menghadapi kesulitan dalam memahami konsep pertahanan tubuh yang abstrak dan kompleks, serta adanya keterbatasan media pembelajaran yang interaktif dan menarik. Berdasarkan temuan tersebut, dirumuskan bahwa diperlukan media pembelajaran berbasis web yang dapat diakses kapan saja dan mendukung proses pembelajaran yang aktif dan mandiri.

a. Analisis Penerapan Model *Discovery Learning*

Model *Discovery Learning* terdiri dari enam tahapan utama yang diterapkan dalam perancangan alur pembelajaran di dalam media pembelajaran web ini. Setiap tahapan diimplementasikan dalam bentuk aktivitas pembelajaran yang sesuai dengan tujuan pembelajaran. Penerapan tahapan model dalam media ini sebagai berikut:

a) *Stimulation* (Stimulus)
Pada tahap ini, siswa dihadapkan pada pertanyaan pemantik yang bertujuan menimbulkan rasa ingin tahu. Dalam media diberikan apersepsi atau studi kasus untuk memicu keingintahuan siswa terhadap konsep materi sistem pertahanan tubuh yang akan dipelajari tanpa memberikan jawaban.

b) *Problem Statement* (Identifikasi Masalah)
Siswa diberi kesempatan mengidentifikasi permasalahan dari stimulus yang diberikan. Siswa merumuskan hipotesis awal tentang materi yang akan dipelajari. Kemudian mengidentifikasi masalah dalam video pembelajaran. Tahap ini melatih kemampuan analitis siswa dalam mengenali sistem pertahanan tubuh.

c) *Data Collection* (Pengumpulan Data)
Siswa melakukan eksplorasi informasi berdasarkan observasi materi awal. Proses ini didukung oleh fitur interaktif dalam media, seperti mekanisme geser-lepas (*drag and drop*) atau pemilihan opsi dropdown, yang memungkinkan siswa mengumpulkan data secara aktif.

d) *Data Processing* (Pengolahan Data)
Siswa mengolah informasi yang terkumpul melalui aktivitas. Siswa mengategorisasi melalui aktivitas latihan berupa isian atau latihan dengan memilih jawaban dari *dropdown*.

e) *Verification* (Verifikasi)
Siswa melakukan aktivitas latihan berupa isian bertujuan sebagai pembuktian hipotesis dari tahap pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya.

f) *Generalization* (Kesimpulan)
Siswa menarik kesimpulan pada tahap ini sebagai bentuk dari pemahaman konsep materi sistem pertahanan tubuh.

Tabel 5 Penerapan Model *Discovery Learning*

Tahapan model *discovery learning*	**Penerapan pada kelas**	**Penerapan pada media**
Stimulasi	Siswa merespons pertanyaan terbuka yang diberikan guru, demonstrasi, atau fenomena yang memicu rasa ingin tahu.	Siswa menanggapi pertanyaan eksploratif tentang sistem sistem pertahanan tubuh yang memantik rasa ingin tahu.
Identifikasi Masalah	Siswa merumuskan masalah dari informasi awal yang disajikan secara terbatas.	Siswa menetapkan masalah berdasarkan penjelasan singkat yang telah dibaca.
Pengumpulan Data	Siswa mencari informasi melalui buku, percobaan, observasi, atau sumber lain yang relevan	Siswa memilih dan membaca sumber belajar yang disediakan, seperti buku ajar dan artikel ilmiah

Pengolahan Data	Siswa mengolah dan menganalisis informasi untuk menemukan hubungan antarkonsep	Siswa mengerjakan tugas lanjutan untuk menata dan menafsirkan data yang telah diperoleh
Verifikasi	Siswa memeriksa kembali temuan melalui diskusi, percobaan lanjutan, atau membandingkan dengan referensi.	Siswa mengkaji pernyataan yang diberikan untuk menilai benar atau salah sebagai cek pemahaman.
Kesimpulan	Siswa menyimpulkan hasil temuan dan menjelaskan konsep berdasarkan proses belajar	Siswa menyusun kesimpulan yang kembali pada masalah awal sebagai refleksi akhir pembelajaran.

b. Analisis Kebutuhan Teknologi

Dalam analisis kebutuhan teknologi, ditemukan berbagai teknologi yang digunakan untuk mendukung pengembangan produk media pembelajaran berbasis web ini. Platform web dipilih karena dapat menyajikan media seperti video, gambar, teks, dan kuis juga mudah diakses melalui berbagai perangkat seperti komputer desktop atau laptop melalui peramban. Kegunaan dan teknologi pendukung pembuatan media pembelajaran dapat dilihat pada Tabel 6. berikut.

Tabel 6. Teknologi Pendukung Pembuatan Media Pembelajaran

Kegunaan	Teknologi
Membuat struktur halaman web.	HTML
Mengatur layout dan visual tampilan antarmuka halaman web. Menambah interaktifitas pada halaman web pada bagian navigasi dan kuis.	CSS, Bootstrap, Javascript
Kerangka kerja bahasa pemrograman PHP untuk struktur pembangunan media web pembelajaran.	Laravel
Menyimpan data, progres, dan nilai hasil belajar siswa.	MySQL

Selain dari teknologi pendukung di atas, juga diperlukan beberapa perangkat lunak pendukung pembuatan web media pembelajaran yang dapat dilihat pada Tabel 7. berikut.

Tabel 7. Kebutuhan Perangkat Lunak untuk Pengembangan Media

Kegunaan	Teknologi
Menulis dan mengedit kode program web media pembelajaran.	Visual Studio Code
Mengedit aset video dan gambar materi.	Canva
Membuat desain untuk prototipe antarmuka web media pembelajaran.	Figma
Membuat diagram *use case* dan diagram alur (*flowchart*).	LucidChart

c. Evaluasi Tahap Analisis

1) Menambahkan referensi seperti kompetensi dasar, tujuan pembelajaran, atau capaian pembelajaran.
2) Memperbaiki urutan dan sub-topik materi agar lebih sesuai dan runtut.

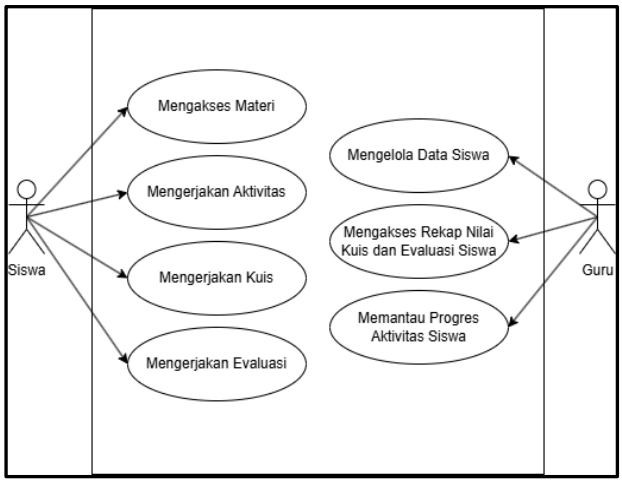
2. Tahap Desain

Tahap *design* berisikan desain atau rancangan terhadap media pembelajaran yang dikembangkan. Tahap desain yang telah dilakukan adalah rancangan modul pembelajaran, *use case diagram*, *flowchart*, skema basis data, dan antarmuka.

Pada tahap rancangan modul pembelajaran ini disusun modul yang sesuai dengan kompetensi dasar materi Sistem Pertahanan Tubuh terhadap Penyakit mata pelajaran Biologi untuk SMA kelas XI. Di dalam modul pembelajaran memuat konten pembelajaran yang meliputi kompetensi dasar, peta konsep, tujuan pembelajaran, materi pembelajaran, soal latihan, soal kuis, dan evaluasi untuk mengukur kemampuan dan pemahaman siswa akan materi yang telah dipelajari.

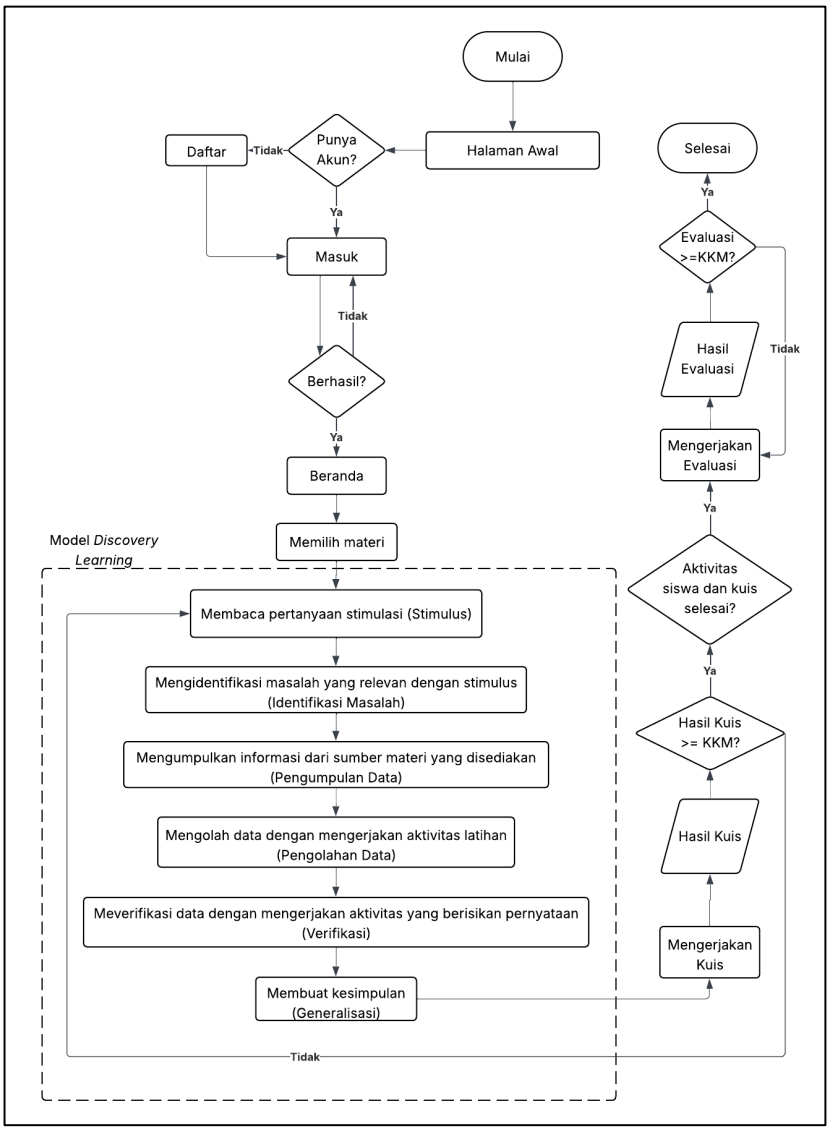
Gambar 1. Modul pembelajaran

Use Case Diagram dalam pengembangan media pembelajaran ini menampilkan proses aktivitas antara dua *role* untuk pengguna yaitu guru dan siswa yang berinteraksi dengan sistem dalam web media pembelajaran. Dari Gambar 2 *Use Case Diagram* di bawah terdapat dua pengguna yang saling berinteraksi dengan sistem media pembelajaran. Siswa dapat melakukan beberapa interaksi dengan sistem seperti *login*, mengakses materi untuk dibaca, mengakses video pembelajaran, mengerjakan aktivitas siswa, mengerjakan kuis, dan mengerjakan evaluasi. Guru bisa mengelola data siswa, mengakses halaman nilai siswa yang berisi nilai kuis juga evaluasi, dan memantau progres aktivitas siswa.



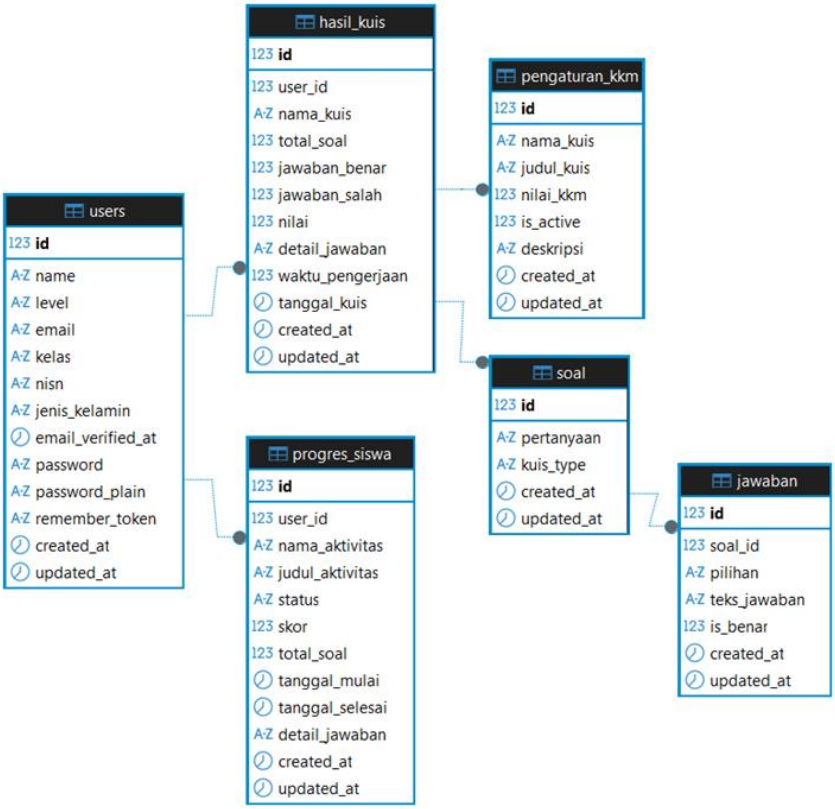
Gambar 2. *Use case diagram*

Pada Gambar *Flowchart* Siswa menggambarkan alur proses penggunaan web media pembelajaran dari pengguna siswa. Alur dimulai dari halaman utama yang siswa akses dan melakukan *login* atau mendaftar. Jika siswa belum memiliki akun, diarahkan ke halaman membuat akun untuk membuat akun baru. Setelah sudah mengisi data di halaman buat akun atau sudah memiliki akun, siswa melakukan *login* dengan memasukkan NISN dan kata sandi. Jika siswa melakukan *login* dan berhasil, maka akan terarahkan ke halaman Beranda. Pada halaman tersebut, siswa dapat menggunakan menu navigasi untuk beralih ke halaman materi, aktivitas siswa, kuis, dan evaluasi.



Gambar 3. *Flowchart* pembelajaran di media

Rancangan skema basis data untuk skripsi pengembangan media pembelajaran berbasis web yang dirancang untuk mengelola keseluruhan aspek fungsional sistem, mulai dari administrasi pengguna hingga evaluasi dan pelacakan progres belajar. Inti dari skema ini melibatkan tujuh tabel utama yang saling berelasi. Tabel users berfungsi sebagai pusat data pengguna, menyimpan informasi dasar seperti nama, level (peran), kelas, dan detail autentikasi. Konten evaluasi diatur melalui tabel soal yang menampung pertanyaan, yang kemudian memiliki relasi satu-ke-banyak dengan tabel jawaban untuk menyimpan setiap opsi jawaban beserta penanda kebenarannya. Untuk menentukan standar kelulusan, tabel pengaturan_kkm digunakan untuk mendefinisikan nilai KKM spesifik per kuis. Ketika pengguna menyelesaikan kuis atau evaluasi, hasilnya dicatat secara rinci dalam tabel hasil_kuis, yang terhubung langsung dengan tabel users untuk mengidentifikasi siswa yang mengerjakannya, serta mencatat nilai, total soal, jawaban benar/salah, dan waktu pengerjaan. Selain untuk pengerjaan soal pilihan ganda seperti kuis dan evaluasi, sistem juga melacak aktivitas non-kuis seperti latihan melalui tabel progres_siswa, yang juga berelasi dengan users, untuk mencatat status, skor, dan detail aktivitas pembelajaran lain yang dilakukan siswa. Dengan struktur ini, basis data mampu mendukung fungsionalitas inti media pembelajaran, yaitu menyajikan materi, menguji pemahaman, dan memantau kemajuan belajar siswa secara komprehensif.



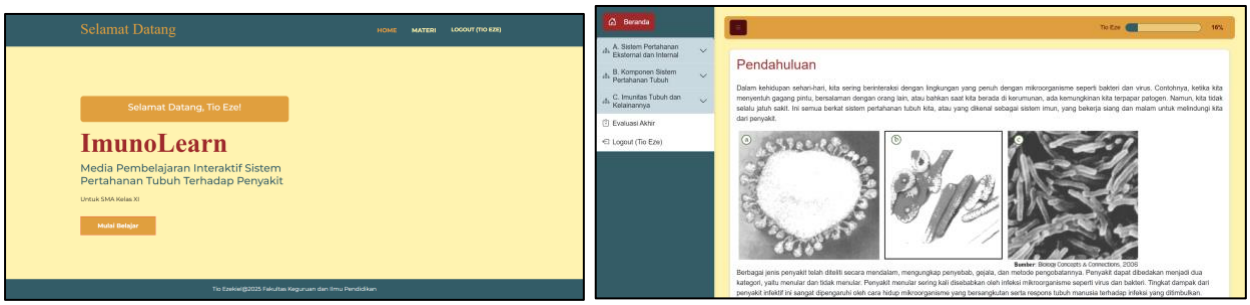
Gambar 4. Skema basis data

Terakhir rancangan skema basis data. Antarmuka dirancang untuk memudahkan dalam pengembangan. Berikut adalah hasil desain antarmuka yang dirancang menggunakan Figma. Halaman *landing page* merupakan tampilan awal yang muncul saat pengguna pertama kali mengakses media pembelajaran berbasis web. Halaman ini berfungsi sebagai pintu masuk utama yang memberikan gambaran umum tentang isi dan tujuan media. Selanjutnya, pengguna diarahkan ke halaman *login* yang berfungsi sebagai pembatas akses bagi siswa. Sebelum masuk ke halaman materi, siswa diwajibkan melakukan login dengan memasukkan NISN dan kata sandi untuk memastikan keamanan dan personalisasi aktivitas belajar.

Gambar 5. Rancangan halaman *landing page* dan buat akun

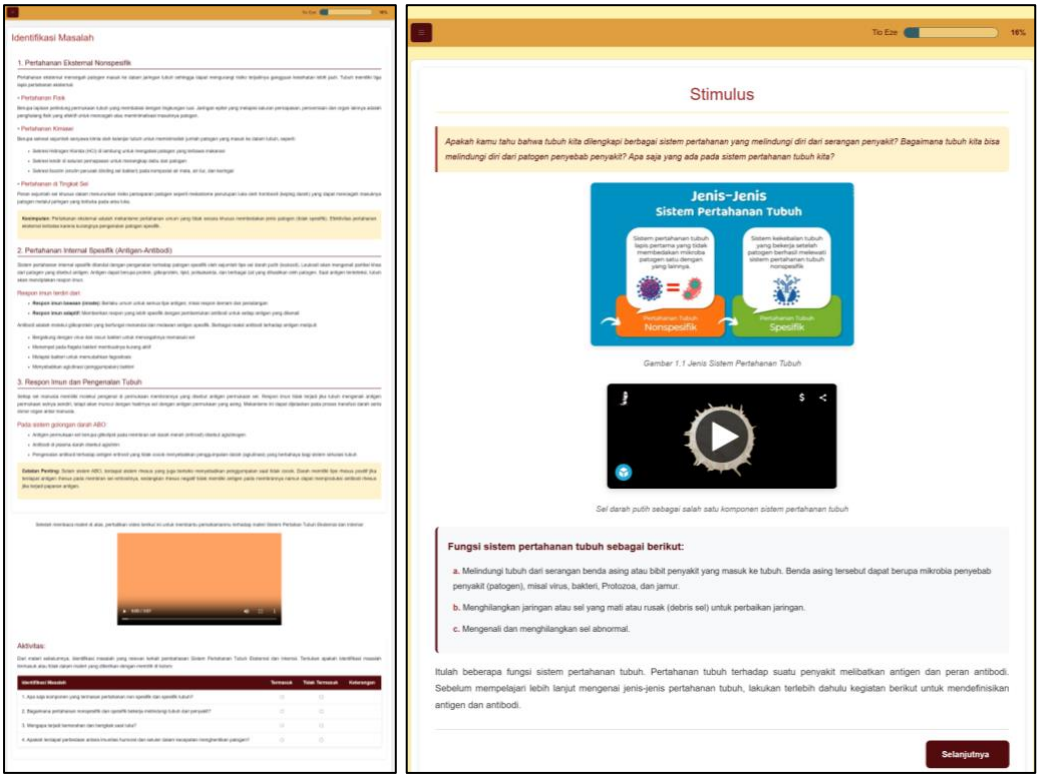
3. Tahap Pengembangan

Tahap pengembangan menghasilkan produk media pembelajaran interaktif. Hasil tahap analisis dan tahap desain menjadi dasar pengembangan produk ini.



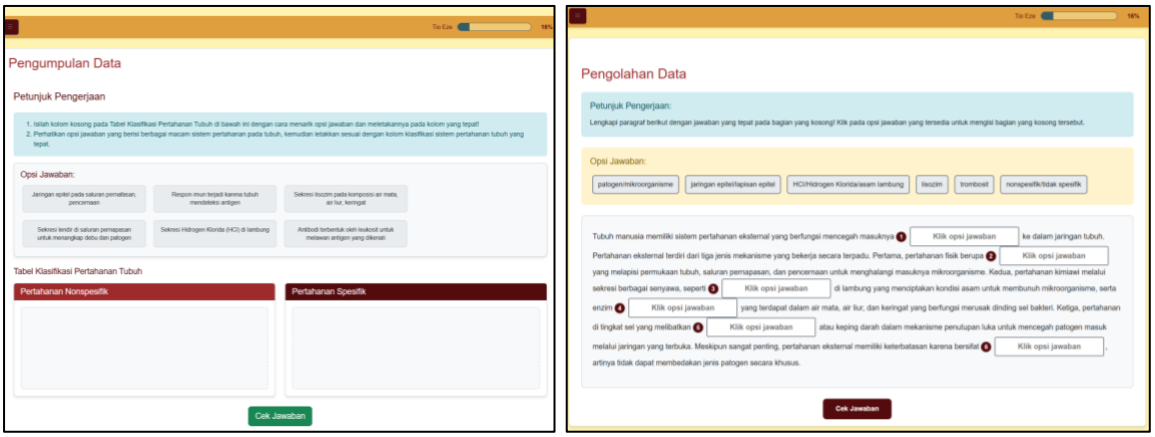
Gambar 6. Halaman *landing page* dan halaman utama siswa

Pada Gambar 6 terdapat dua gambar yaitu halaman *landing page* yaitu halaman pertama yang ditampilkan saat mengakses media pembelajaran yang terdapat tombol untuk login sebagai siswa atau guru atau membuat akun siswa. Di tengah layar ada tombol untuk mengakses halaman utama siswa. Pada gambar kedua adalah halaman utama siswa yang menampilkan di pojok kanan atas *progress bar* pengerjaan latihan dari ketiga subbab. Di bagian kiri adalah menu navigasi untuk ke tiap subbab dengan tiap tahap *discovery learning* untuk latihan juga kuis. DI bagian bawah kiri adalah tombol untuk evaluasi akhir dan *logout* akun.



Gambar 7. Halaman penerapan tahap stimulus dan identifikasi masalah

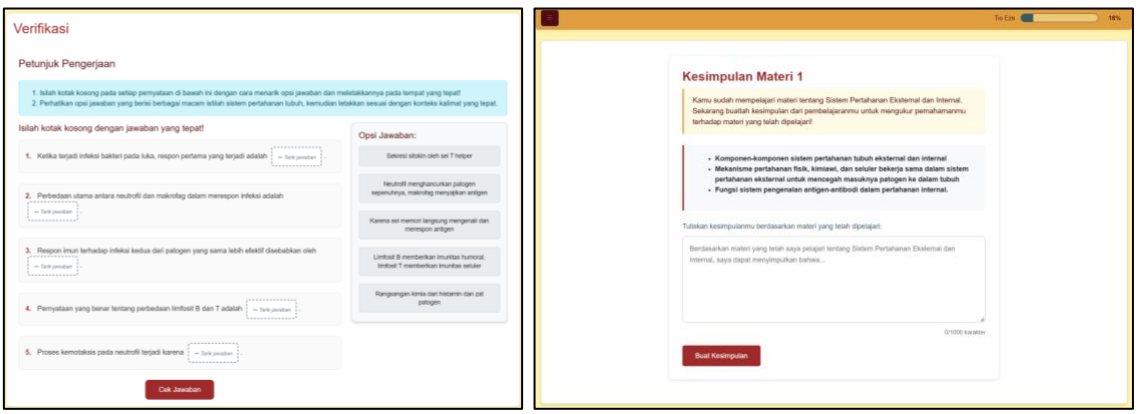
Pada Gambar 7 terdapat dua gambar untuk penerapan tahap *discovery learning.* Stimulus dalam model *Discovery Learning* yang berfungsi membangkitkan rasa ingin tahu dan mendorong siswa berpikir kritis melalui pertanyaan atau fenomena kontekstual, seperti perbandingan antara penyakit yang terjadi sekali dan penyakit berulang untuk memahami konsep imunitas aktif dan pasif. Setelah tahap stimulasi, siswa diarahkan ke tahap Identifikasi Masalah yang bertujuan melatih kemampuan merumuskan hipotesis dan menentukan permasalahan relevan. Pada halaman identifikasi masalah ditampilkan video pembelajaran, soal latihan, serta tabel aktivitas berisi pernyataan atau pertanyaan yang harus dievaluasi oleh siswa, seperti menilai apakah pertanyaan tertentu termasuk dalam topik yang dibahas. Jika seluruh latihan dijawab dengan benar, maka materi pembelajaran akan ditampilkan sebagai lanjutan proses eksplorasi menuju tahap berikutnya.



Gambar 8. Halaman penerapan tahap pengumpulan data dan pengolahan data

Pada Gambar 8 terdapat dua gambar untuk penerapan tahap *discovery learning* yaitu pengumpulan dan pengolahan data. Pengumpulan data merupakan tahap di mana peserta didik secara aktif mencari informasi yang relevan untuk menjawab masalah yang telah diidentifikasi pada tahap sebelumnya. Implementasi tahap ini dalam media dirancang sebagai aktivitas interaktif yang mengharuskan siswa mengakses dan membaca sumber belajar yang disediakan sambil menjawab pertanyaan atau aktivitas latihan. Bentuk aktivitas bervariasi untuk melatih keterampilan yang berbeda. Aktivitas pengumpulan data pertama di subbab Sistem Pertahanan Internal dan Eksternal menggunakan mekanisme *drag-and-drop* untuk klasifikasi komponen pertahanan tubuh nonspesifik dan spesifik, yang kedua menggunakan *matching* (pencocokan) komponen sistem imun dengan fungsi/karakteristiknya, dan yang ketiga menggunakan *multi-matching* (pencocokan ganda) untuk mengaitkan jenis imunitas atau gangguan sistem imun dengan definisi yang tepat. Seluruh aktivitas ini mendorong kemandirian belajar siswa dalam mengeksplorasi literatur untuk memvalidasi dan mengumpulkan data yang akan diolah pada tahap selanjutnya.

Pada halaman penerapan tahap pengolahan data halaman penerapan tahapan Pengolahan Data. Tahap Pengolahan Data (*Data Processing*) memfasilitasi peserta didik dalam mengorganisasi, menganalisis, dan menafsirkan informasi yang telah dikumpulkan, yang mengarahkan mereka pada pembentukan konsep. Implementasi tahap ini terdapat di masing-masing tiga subbab, dengan penekanan pada latihan yang terstruktur sebagai sarana pengolahan informasi. Pada subbab pertama (A. Sistem Pertahanan Eksternal dan Internal), siswa diminta melengkapi paragraf rumpang mengenai pertahanan nonspesifik, yang memaksa mereka menyusun konsep secara naratif dan terpadu. Subbab kedua (B. Komponen Sistem Pertahanan Tubuh) menggunakan isian singkat berantai untuk menjelaskan alur mekanisme fagositosis, perbedaan fagosit/limfosit, serta respons imun humoral/seluler, yang melatih pemahaman proses biologis secara sekuensial dan komparatif. Sementara itu, subbab ketiga (C. Imunitas Tubuh dan Kelainannya) menggunakan format Benar/Salah pada pernyataan seputar imunitas aktif/pasif dan kelainan imun, yang mendorong siswa untuk membandingkan temuan mereka dengan teori untuk menguji konsistensi dan akurasi informasi. Dengan demikian, tahap ini menggunakan berbagai format aktivitas untuk memastikan siswa tidak hanya menerima data, tetapi juga memproses dan menginterpretasikannya menjadi pemahaman yang utuh.



Gambar 9. Halaman penerapan tahap verifikasi dan kesimpulan

Pada Gambar 8 terdapat dua gambar untuk penerapan tahap *discovery learning* yaitu verifikasi dan kesimpulan. Tahap Verifikasi (*Verification*) merupakan peninjauan kembali dan pengujian hipotesis atau temuan yang diperoleh dari pengolahan data, yang berfungsi untuk memvalidasi kebenaran konsep yang dipelajari. Implementasi tahap ini diwujudkan melalui halaman aktivitas yang terdapat untuk masing-masing subbab, yang menyajikan soal-soal berjenjang untuk menguji pemahaman. Pengerjaan interaktif tahap verifikasi dalam ketiga subbab meliputi soal dengan jawaban pilihan dan format *drag-and-drop*.

Tahap Kesimpulan (*Generalization*) adalah langkah akhir yang memungkinkan peserta didik menarik kesimpulan komprehensif berdasarkan seluruh rangkaian kegiatan eksplorasi dan verifikasi untuk membentuk pemahaman yang utuh. Implementasi tahap ini terdapat untuk setiap halaman subbab, yang semuanya berupa formulir isian bebas. Siswa diinstruksikan untuk menuliskan paragraf kesimpulan yang mencakup poin-poin penting dari setiap unit materi, seperti komponen pertahanan eksternal dan internal, perbedaan fagosit dan limfosit, serta klasifikasi imunitas aktif/pasif dan kelainannya. Aktivitas ini mendorong refleksi terhadap proses belajar, memungkinkan siswa untuk menyusun pemahaman akhir secara mandiri dan logis, dan mengintegrasikan semua temuan ke dalam satu konsep yang bermakna sebelum melanjutkan ke tahap evaluasi berupa kuis.

a. Kevalidan Media Pembelajaran

Kevalidan media pembelajaran didapat dari hasil penilaian validitas materi dan validitas media. Media pembelajaran yang telah dikembangkan telah dilakukan validasi oleh ahli materi dan ahli media menggunakan penilaian validitas.

Penilaian validitas materi diuji oleh dua orang ahli materi yaitu 1 orang guru SMAN 2 Banjarmasin dan 1 orang dosen Universitas Lambung Mangkurat. Berdasarkan hasil validitas oleh kedua ahli tersebut, diperoleh hasil yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Hasil penilaian validitas materi

Aspek	SH	SC		PC	Kriteria Validitas
		Validator 1	Validator 2		
Kelayakan Isi	90	41	40	90%	Sangat Tinggi
Kelayakan Penyajian	60	28	30	96,66%	Sangat Tinggi
Kebahasaan	70	34	30	91,42%	Sangat Tinggi
Total	**220**	**103**	**100**	**92,27%**	**Sangat Tinggi**

Ket SH = skor yang diharapkan; SC skor capaian; PC = persentase capaian

Berdasarkan tabel hasil penilaian validitas materi oleh 2 orang ahli materi diperoleh total persentase capaian sebesar 92,27% yang termasuk dalam kriteria sangat tinggi. Berdasarkan hasil validitas materi tersebut, dapat diketahui bahwa media pembelajaran beserta konten atau materi di dalamnya dikatakan valid dan dapat digunakan dengan revisi.

Penilaian validitas media diuji oleh dua orang ahli media dari dosen Jurusan Pendidikan Komputer FKIP ULM. Pada instrumen lembar validasi media ini, mengandung 3 aspek penilaian yang diadaptasi dari *Learning Objects Review Instrument* (LORI) (Nesbit et al., 2009). Berdasarkan hasil validitas oleh kedua ahli tersebut, diperoleh hasil yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. Hasil penilaian validitas media

Aspek	SH	SC		PC	Kriteria Validitas
		Validator 1	Validator 2		
Kualitas konten	10	4	5	90%	Sangat Tinggi
Kesesuaian tujuan pembelajaran	10	4	4	80%	Sangat Tinggi
Umpan balik dan adaptasi	10	4	3	70%	Tinggi

Motivasi	10	4	3	70%	Tinggi
Desain penyajian	10	4	4	80%	Sangat Tinggi
Kemudahan interaksi	10	4	4	80%	Sangat Tinggi
Aksesibilitas	10	4	4	80%	Sangat Tinggi
Kesesuaian dengan standar	10	4	4	80%	Sangat Tinggi
Total	**80**	**32**	**31**	**78,75%**	**Tinggi**

Ket SH = skor yang diharapkan; SC skor capaian; PC = persentase capaian

Dari tabel hasil penilaian validitas media oleh dua orang validator ahli media, didapatkan persentase capaian total sebesar 78,75% yang termasuk kriteria tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa media sudah memenuhi sebagian besar aspek validitas, namun terdapat beberapa perbaikan pada beberapa aspek, terutama pada kualitas umpan balik dan adaptasi. Dengan demikian, media dinyatakan layak untuk digunakan dengan beberapa revisi.

Pembahasan

Jenis penelitian ini merupakan *Research and Development* (R&D) yang bertujuan mengembangkan media pembelajaran interaktif berbasis web pada materi Sistem Pertahanan Tubuh Terhadap Penyakit untuk siswa kelas XI SMA. Proses pengembangan dilakukan secara sistematis dengan mengacu pada model ADDIE yang dibatasi pada empat tahap utama: *analysis*, *design*, *development*, dan *evaluation*. Pada tahap *analysis*, dilakukan studi kebutuhan dengan mengidentifikasi tantangan siswa dalam memahami konsep sistem pertahanan tubuh yang kompleks serta merancang tujuan pembelajaran yang sesuai dengan kompetensi dasar. Tahap *design* mencakup perancangan konten, alur interaksi, struktur navigasi, dan antarmuka dengan pendekatan yang berpusat pada pengguna. Media ini mengadopsi model *Discovery Learning*, di mana alur pembelajarannya didesain untuk menyajikan stimulasi, memicu pertanyaan, memfasilitasi pengolahan informasi, hingga penarikan kesimpulan secara mandiri melalui fitur interaktif berbasis web. Tahap *development* menggunakan kombinasi teknologi HTML, CSS, JavaScript, Bootstrap, PHP, Laravel, dan MySQL untuk membangun sistem media pembelajaran interaktif berbasis web.

Proses pengembangan media pembelajaran ini seluruhnya diterapkan dengan model *discovery learning* untuk model pembelajaran utamanya. Implementasi model *Discovery Learning* dalam memosisikan siswa sebagai subjek belajar yang memegang kendali penuh dalam mengonstruksi pengetahuan mereka. Melalui skenario penemuan yang terpandu, siswa didorong untuk mengaktifkan skema kognitif awal mereka guna memecahkan masalah yang disajikan (BSKAP, 2022).

Pada tahap stimulasi, pembelajaran memantik rasa ingin tahu menggunakan fenomena kontekstual atau masalah pemantik yang relevan dengan kompetensi, sehingga perhatian dan skema awal siswa terarah sebelum eksplorasi lebih jauh (Marisya & Sukma, 2020).

Tahap identifikasi masalah kemudian menuntun siswa merumuskan pertanyaan atau hipotesis yang dapat diuji. Di sini, *scaffolding* berupa pertanyaan pemandu dan pembatasan ruang masalah diperlukan agar fokus inkuiri jelas dan beban kognitif pemula tetap terkendali (Marisya & Sukma, 2020).

Pada tahap pengumpulan data, siswa mengumpulkan informasi melalui observasi, eksperimen sederhana, atau penelusuran sumber belajar; efektivitas tahap ini meningkat ketika prosedur, instrumen, serta contoh kerja disediakan agar bukti yang terkumpul relevan dengan hipotesis (BSKAP, 2022).

Tahap pengolahan data mengarahkan siswa mengorganisasi dan menganalisis temuan menggunakan tabel, grafik, atau representasi lain, sambil menonjolkan pola dan hubungan antarkonsep; panduan eksplisit pada cara mengolah data berfungsi sebagai jembatan antara bukti dan konsep target (Marisya & Sukma, 2020).

Pada tahap verifikasi, hipotesis diperiksa terhadap data melalui *checklist* verifikasi dan umpan balik formatif; intervensi singkat guru saat miskonsepsi muncul terbukti menjaga proses penemuan tetap produktif tanpa menghilangkan kemandirian belajar (BSKAP, 2022).

Terakhir, tahap kesimpulan menggabungkan temuan menjadi prinsip umum dan mendorong transfer ke konteks baru melalui tugas aplikasi dan refleksi yang terarah; perumusan generalisasi eksplisit meningkatkan koherensi konseptual dan retensi jangka panjang (Marisya & Sukma, 2020).

Berdasarkan hasil validasi isi materi yang dilakukan oleh dua orang validator, yaitu seorang dosen dari Program Studi Pendidikan IPA FKIP ULM dan seorang guru mata pelajaran Biologi tingkat SMA, diperoleh total persentase capaian sebesar 92,27%, yang termasuk dalam kategori “sangat tinggi”. Validasi

menggunakan instrumen yang disusun berdasarkan standar Badan Standar Nasional Pendidikan (BNSP), dengan empat aspek utama yang dinilai, yaitu: kelayakan isi, kelayakan penyajian, dan kelayakan kebahasaan. Hasil penilaian per aspek menunjukkan bahwa kelayakan isi memperoleh capaian 90% (kategori "sangat tinggi"), kelayakan penyajian 96,66% (kategori "sangat tinggi"), dan kelayakan kebahasaan 91,42% (kategori "sangat tinggi"). Dengan demikian, bahan ajar yang dikembangkan dapat dinyatakan valid dan layak digunakan dengan beberapa revisi, terutama untuk lebih menyempurnakan aspek kebahasaan.

Sedangkan untuk validasi media, penilaian dilakukan oleh dua dosen Jurusan Pendidikan Komputer FKIP ULM menggunakan indikator LORI (*Learning Object Review Instrument*) yang mencakup kualitas konten, kesesuaian tujuan pembelajaran, umpan balik dan adaptasi, motivasi, desain penyajian, kemudahan interaksi, aksesibilitas, serta kepatuhan standar. Hasil perolehan nilai menunjukkan untuk aspek umpan balik dan adaptasi serta motivasi memperoleh capaian sebesar 70% (kategori "tinggi"), aspek kualitas konten memperoleh capaian sebesar 90% (kategori "sangat tinggi"), sedangkan aspek kesesuaian tujuan pembelajaran, desain penyajian, kemudahan interaksi, aksesibilitas, serta kesesuaian dengan standar memperoleh capaian sebesar 80% (kategori "sangat tinggi"). Diperoleh hasil capaian total validasi media secara keseluruhan sebesar 78,75% dan berada dalam kategori "tinggi". Sehingga, media dinyatakan valid untuk digunakan, dengan catatan perbaikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan, telah dihasilkan media pembelajaran interaktif berbasis web pada materi Sistem Pertahanan Tubuh terhadap Penyakit untuk siswa kelas XI SMA dengan model *discovery learning*, yang dikembangkan menggunakan model ADDIE sampai pada tahap analisis, desain, pengembangan, dan evaluasi dengan dukungan teknologi HTML, CSS, Javascript, Bootstrap, PHP, Laravel, MySQL, serta alat bantu desain seperti Figma, Canva, dan Lucidchart. Hasil validasi menunjukkan bahwa aspek materi memperoleh persentase capaian 92,27% (kategori sangat tinggi) dan aspek media memperoleh 78,75% (kategori tinggi), sehingga media dinyatakan valid dan layak digunakan dengan beberapa revisi. Dikarenakan beberapa keterbatasan dalam pelaksanaan penelitian, proses pengembangan media ini dibatasi hanya pada empat tahap utama ADDIE tanpa melalui tahap implementasi secara luas di kelas. Selain itu, pengoptimalan tampilan antarmuka agar sepenuhnya responsif di berbagai perangkat, terutama smartphone dan saran dari validator ahli agar media dilengkapi fitur umpan balik dari guru kepada siswa setelah pengerjaan materi masih menjadi area penyempurnaan untuk pengembangan lebih lanjut. Diharapkan dengan penelitian ini dapat mendukung terciptanya lingkungan belajar yang lebih adaptif dan inovatif di sekolah melalui pemanfaatan teknologi digital. Kehadiran media ini juga diharapkan menjadi alternatif bagi guru dalam menyajikan materi biologi yang kompleks secara lebih terstruktur dan menarik, sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan motivasi serta pemahaman konseptual peserta didik secara mandiri.

REFERENSI

Adiniyah, N., & Utomo, A. P. (2023). Implementasi Model *Project Based Learning* Berdiferensiasi berdasarkan Kesiapan belajar Peserta Didik pada Materi Sistem Imun Kelas XI SMA. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, *1*(1). https://doi.org/10.47134/jtp.v1i1.36

Arikunto, S. (2013). Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik (Edisi Revisi). *Rineka Cipta*.

Branch, R. M. (2010). Instructional design: The ADDIE approach. In *Instructional Design: The ADDIE Approach*. https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6

BSKAP, K. (2022). Panduan Pembelajaran dan Asesmen Kurikulum 2013. *Seminar Pendidikan IPA Pascasarjana UM*.

Damayanti, L. S. (2020). Implementasi E-Learning dalam Pembelajaran Bahasa Inggris Di Pendidikan Tinggi Pariwisata Di Bali Selama Pandemi Covid-19. *Journey : Journal of Tourismpreneurship, Culinary, Hospitality, Convention and Event Management*, *2*(2). https://doi.org/10.46837/journey.v2i2.48

Drajad, M., Purba, H. S., & Mahardika, A. I. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Web pada Materi Fungsi Kuadrat dengan Metode *Drill and Practice*. *EDU-MAT: Jurnal Pendidikan Matematika*, *9*(2). https://doi.org/10.20527/edumat.v9i2.11785

Dwiqi, G. C. S., Sudatha, I. G. W., & Sukmana, A. I. W. I. Y. (2020). Pengembangan Multimedia Pembelajaran Interaktif Mata Pelajaran IPA Untuk Siswa SD Kelas V. *Jurnal Edutech Undiksha*, *8*(2). https://doi.org/10.23887/jeu.v8i2.28934

Fitriya, A. P., Rahmawati, N. D., Saadah, K., & Siswanto, J. (2024). Pemanfaatan Multimedia Interaktif sebagai Inovasi Media Pembelajaran Berbasis Teknologi pada Pembelajaran Pendidikan Pancasila Kelas IV Sekolah Dasar. *NUSRA: Jurnal Penelitian Dan Ilmu Pendidikan*, *5*(3), 1512–1522.

Hidayat, F., & Nizar, M. (2021). Model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation*) Dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam. *Jurnal Inovasi Pendidikan Agama Islam (JIPAI)*, *1*(1). https://doi.org/10.15575/jipai.v1i1.11042

Jufri, S. F., & Srimadona, A. (2022). Analisis Pelaksanaan Model *Discovery Learning* Serta Pengaruhnya Terhadap Sikap Kreatif Dalam Pembelajaran Kelarutan di Kelas XI MIA SMAN 2 Kota Jambi. *Integrated Science Education Journal*, *3*(3). https://doi.org/10.37251/isej.v3i3.278

Kuswanto, J. (2018). Media Pembelajaran Berbasis Web pada Mata Pelajaran Biologi Kelas X. *Jurnal Perspektif Pendidikan*, *12*(2). https://doi.org/10.31540/jpp.v12i2.203

Marisya, A., & Sukma, E. (2020). Konsep Model *Discovery Learning* pada Pembelajaran Tematik Terpadu di Sekolah Dasar Menurut Pandangan Para Ahli. *Jurnal Pendidikan Tambusa*, *4*(3).

Muhazaroh, I. (2023). Pemanfaatan Media Digital dalam Pembelajaran Biologi di Era Globalisasi. *Jurnal Penelitian Multidisiplin*, *2*(1). https://doi.org/10.58705/jpm.v2i1.116

Munawarah, F., Sukmawati, R. A., Mahardika, A. I., Komputer, P., Keguruan, F., & Pendidikan, I. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Web Materi Sistem Koordinat Kelas VIII dengan Metode *Problem Based Learning*. *Computing and Education Technology Journal (CETJ)*, *1*(1).

Nesbit, J., Belfer, K., & Leacock, T. (2009). *Learning Object Review Instrument* (LORI) Version 2.0. *Angewandte Chemie International Edition*, *6*(11), 951–952.

Prasetyo, A. D., & Abduh, M. (2021). Peningkatan Keaktifan Belajar Siswa Melalui Model *Discovery Learning* di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, *5*(4). https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i4.991

Rahmawati, N. K., Kusuma, A. P., & Hamdani, H. (2023). Penggunaan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Digital. *Jurnal Pengabdian Mandiri*, *2*(1), 243–250.

Solihat, R., Rustandi, E., Herpiandi, W., & Nursani, Z. (2022). *Biologi untuk SMA/MA Kelas XI* (M. Marsidi, Ed.). Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.

Sugiyono. (2018). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. In *Prof. Dr. Sugiyono. 2018. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.* (Cetakan ke 1 2018). Alfabeta.

Yoseptry, R., Nurihayati, E., Setiani, E. E., Silviana, K., & Muharisa, D. (2025). Pengaruh Penggunaan Media Pembelajaran Interaktif Dalam Meningkatkan Minat Belajar Siswa. *EDUSAINTEK: Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, *12*(2), 998–1008.