

## BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Penelitian

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk menilai validitas dan kepraktisan pembuatan media E-Booklet untuk pembelajaran sistem imun tubuh di kelas. Penelitian ini menggunakan model pengembangan Borg dan Gall, yang terdiri dari sepuluh prosedur berturut-turut yang mencakup aktivitas seperti mengidentifikasi peluang dan hambatan, mengumpulkan data, membuat desain produk, memvalidasi desain, menyempurnakan desain, melakukan pengujian produk, melakukan modifikasi yang diperlukan, melakukan uji coba penggunaan, penerapan revisi lebih lanjut, dan akhirnya dilanjutkan dengan produksi massal.<sup>82</sup> Tetapi, penelitian ini hanya terfokus pada revisi produk yang berupaya menilai kelayakan media E-Booklet yang dikembangkan.

#### 1. Desain Produk

Pengembangan dan penyusunan desain *E-Booklet* melibatkan beberapa langkah berbeda, termasuk persiapan bahan, persiapan gambar, dan proses penyuntingan dalam format digital. Sistematika *E-Booklet* diawali dengan judul halaman, sampul buku, kata pengantar, daftar isi, indikator materi, materi pembelajaran, daftar pustaka, dan identitas penulis.

##### a. Cover *E-Booklet*

Cover *E-Booklet* terdiri atas judul *E-Booklet*, nama penulis, logo institusi, dan gambar pendukung yang mewakili isi *E-Booklet*. Tampilan cover dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut.

---

<sup>82</sup> Prof. Dr. Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, (Bandung: Alfabeta, 2016), 409-501.



**Gambar 4.1** Rancangan awal cover *E-Booklet*

b. Navigasi *E-Booklet*

Navigasi berisi informasi agar pembaca mudah memahami isi *E-Booklet* pada halaman. Tampilan navigasi dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut.



**Gambar 4.2** Rancangan awal navigasi *E-Booklet*

c. Redaksi *E-Booklet*

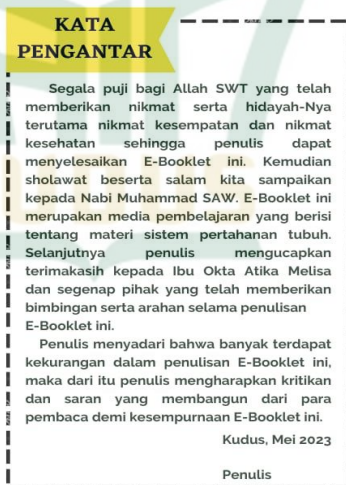
Redaksi *E-Booklet* terdiri atas pihak-pihak yang berperan dalam penyusunan *E-Booklet* yaitu ahli materi dan ahli media. Tampilan redaksi *E-Booklet* dapat dilihat pada gambar 4.3 berikut.



**Gambar 4.3 Rancangan awal redaksi *E-Booklet***

d. Kata Pengantar

Kata pengantar berisi ucapan rasa syukur, ucapan terimakasih kepada pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan *E-Booklet*, dan permohonan kritik dan saran dari penulis untuk pembaca. Tampilan kata pengantar dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut.



**Gambar 4.4 Kata pengantar**

e. Quotes Bijak

Pada bagian ini berisi kata-kata motivasi dari tokoh perjuangan Republik Indonesia yang bertujuan untuk membangun semangat para pembaca *E-Booklet*. Tampilan quotes bijak dapat dilihat pada gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Kata motivasi

f. Daftar Isi

Daftar isi merupakan halaman yang berisi tentang pokok isi yang ditampilkan dalam *E-Booklet* dengan halaman *E-Booklet*. Tampilan daftar isi dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut.

**DAFTAR ISI**

PETUNJUK PENGGUNAAN  
 KATA PENGANTAR  
 DAFTAR ISI  
 INDIKATOR MATERI

A. Sistem Pertahanan Tubuh .....1  
 B. Fungsi Sistem Pertahanan Tubuh.....2  
 C. Organ-Organ Limfoid .....3  
 D. Mekanisme Sistem Pertahanan Tubuh.....5  
 E. Respon Kekebalan Terhadap Antigen.....19  
 F. Jenis-Jenis Pertahanan Tubuh.....20  
 G. Gangguan Sistem Pertahanan Tubuh.....22

DAFTAR PUSTAKA  
 BIOGRAFI PENULIS

Gambar 4.6 Rancangan awal daftar isi

g. Indikator Materi

Indikator materi berisi tentang kompetensi dasar dan indikator pencapaian kompetensi (IPK) yang bertujuan untuk mengukur sejauh mana penguasaan siswa pada materi sistem pertahanan tubuh melalui media *E-Booklet*. Tampilan indikator materi dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut.

INDIKATOR MATERI

No.	Kompetensi Dasar	No.	Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)
3.14	Menganalisis peran sistem imun dari proses fisiologi di dalam tubuh.	3.14.1	Menjelaskan antigen dan antibodi pada tubuh manusia
		3.14.2	Menganalisis mekanisme pertahanan tubuh pada manusia
		3.14.3	Menjelaskan peranan imunitas terhadap sistem pertahanan tubuh
		3.14.4	Menjelaskan upaya menjaga sistem pertahanan tubuh
4.14	Melakukan kampanye pentingnya partisipasi masyarakat dalam program imunisasi dan upaya menjaga sistem kekebalan tubuh	4.14.1	Melakukan kampanye sosialisasi kepada masyarakat tentang pentingnya menjaga sistem imun pada tubuh



Gambar 4.7 Indikator materi

h. Bagian Isi *E-Booklet*

Bagian ini berisi tentang deskripsi materi sistem pertahanan tubuh yang disajikan berdasarkan fungsi sistem pertahanan tubuh, organ-organ yang limfoid, mekanisme sistem pertahanan tubuh, respon kekebalan tubuh terhadap antigen, jenis-jenis kekebalan tubuh, serta gangguan sistem pertahanan tubuh.



Gambar 4.8 Rancangan awal deskripsi sistem pertahanan tubuh

## B. FUNGSI

### Sistem Pertahanan Tubuh

1. Mengenal milik sendiri dan benda asing yang masuk ke tubuh
2. Menghancurkan sel dan jaringan yang rusak/mati untuk perbaikan jaringan
3. Menetralkan jumlah sel-sel imun tubuh
4. Mengingat adanya infeksi berulang-ulang dalam tubuh

**Fakta Biologi II**

Sistem pertahanan tubuh dibentuk oleh sistem limfatik dan sel darah putih. Sistem limfatik terdiri dari pembuluh limfa yang berisi cairan limfa dan organ limfoid. Organ limfoid adalah yang berperan melindungi organ dari invasi dan kerusakan oleh zat-zat asing.



2

**Gambar 4.9 Rancangan awal fungsi sistem pertahanan tubuh**

## C. ORGAN LIMFOID

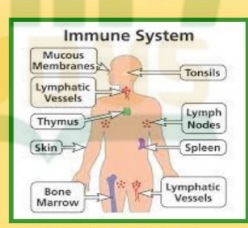
- 1. Baku Limfa**

Banyak ditemukan di ketiak dan paha, menghasilkan limfosit dan makrofag yang akan memfagosit patogen dalam cairan limfa.
- 2. Sumsum Merah**

Menghasilkan limfosit yang berkembang menjadi sel limfosit B (penghasil antibodi) dan sel limfosit T (membantu sel B).
- 3. Limfa**

Merupakan organ limfatik terbesar karena mempunyai sel fagositik, tempat produksi sel darah putih dan tempat persediaan limfosit dan sel plasma B.
- 4. Timus**

Terletak dalam mediastinum terdiri atas lobulus-lobulus yang memiliki korteks dan medula. Tempat pematangan limfosit menjadi sel T.

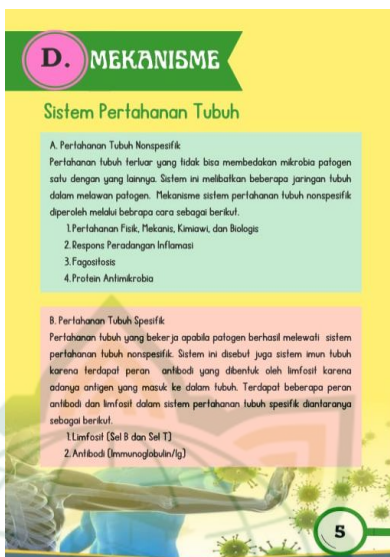


Immune System

Gambar Letak Organ-Organ Limfoid

3

**Gambar 4.10 Rancangan awal organ-organ limfoid**



Gambar 4.11 Rancangan awal mekanisme sistem pertahanan tubuh



Gambar 4.12 Rancangan awal respon kekebalan tubuh terhadap antigen



Gambar 4.13 Rancangan awal jenis kekebalan tubuh



Gambar 4.14 Rancangan awal gangguan sistem pertahanan tubuh

i. Daftar Pustaka

Daftar pustaka merupakan halaman yang berisi informasi berbagai referensi dalam penyusunan materi yang disajikan *E-Booklet*. Tampilan daftar pustaka dapat dilihat pada gambar 4.15 berikut.



### DAFTAR PUSTAKA

Wigati Hadi Omegawati, Teo Sukoco, Siti Nur Hidayah. 2017. Biologi: Peminatan Matematika dan Ilmu-Ilmu Alam. Klaten: PT Intan Pariwara.

Sri Ayu Imaningtyas. 2010. Mandiri Biologi untuk SMA Kelas XI. Bogor: PT Gelora Aksara Pratama.

Ninik Suspriyati, Rini Pramesti, Dariyo. 2012. Biologi untuk MSA Kelas XI. Sidoarjo: Masmedia Buana Pustaka.

M.Syamsul Arif, Talista Anasagi. 2019. Bahan ajar Teknologi Bank Darah (TBD): Immunologi. Jakarta: Kementerian Kesehatan.



**Gambar 4.15 Rancangan awal daftar pustaka**

#### j. Biografi Penulis

Pada bagian ini berisi tentang riwayat hidup dan informasi lain yang berkaitan dengan penulis. Tampilan biografi penulis dapat dilihat pada gambar 4.16 berikut.

### BIOGRAFI PENULIS



Nama : Muflikhatul Munawaroh  
 Status : Mahasiswa Tadris Biologi IAIN Kudus  
 (2019-sekarang)  
 Alamat : Karangmalang RT 04/07, Gebog Kudus  
 Email : muflikhamuna123@gmail.com  
 Akun Instagram : munaamflkh\_  
 No. HP : 085810424919

**Gambar 4.16 Rancangan awal biografi penulis**

## 2. Validasi Produk

Pengembangan *E-Booklet* divalidasi oleh dua dosen ahli yaitu dosen yang mahir dalam bidang sains terutama tentang anatomi tubuh manusia yang bernama Iseu Laelasari, M.Pd. dan dosen yang mahir dalam bidang sains di bidang perangkat media pembelajaran yang bernama Ulya Fawaida, M.Pd. Validasi materi *E-Booklet* menggunakan acuan uji kelayakan yang telah disediakan dalam bentuk angket. Hasil penilaian validasi ahli materi dan ahli desain ditunjukkan pada tabel berikut.

**Tabel 4.1 Hasil Validasi Media *E-Booklet* oleh Ahli Materi**

No.	Aspek yang Dilihat	Presentase Kelayakan (%)	Tingkat Kelayakan
1	Aspek Kelayakan Isi	87,5	Sangat Layak
2	Aspek Kelayakan Bahasa	91,6	Sangat Layak
3	Aspek Kelayakan Penyajian	91,6	Sangat Layak
<b>Rata-Rata Validasi Ahli Materi</b>		<b>90</b>	<b>Sangat Layak</b>

Sumber Data Pribadi 2023

Berdasarkan penilaian diatas, diperoleh presentase skor oleh ahli materi adalah 90% yang memiliki kategori tingkat kelayakan yaitu sangat layak. (Bukti di lampiran)

**Tabel 4.2 Hasil Validasi Media *E-Booklet* oleh Ahli Media**

No.	Aspek yang Dilihat	Presentase Kelayakan (%)	Tingkat Kelayakan
1	Aspek Kelayakan Komunikasi Visual	90	Sangat Layak
2	Aspek Kelayakan Perangkat Lunak	83	Sangat Layak
<b>Rata-Rata Validasi Ahli Media</b>		<b>87</b>	<b>Sangat Layak</b>

Sumber Data Pribadi 2023

Berdasarkan penilaian diatas, diperoleh presentase skor oleh ahli media adalah 87% yang memiliki kategori tingkat kelayakan yaitu sangat layak. (Bukti di lampiran)

**Tabel 4.3 Hasil Validasi Media *E-Booklet* oleh Guru Biologi**

No.	Aspek	Hasil validasi (%)	Kualifikasi
-----	-------	--------------------	-------------

1	Aspek kelayakan isi	87,5	Sangat Layak
2	Aspek kelayakan bahasa	87,5	Layak
3	Aspek kelayakan penyajian	93,7	Sangat Layak
<b>Rata-rata Presentase</b>		<b>89</b>	<b>Sangat Layak</b>

Sumber Data Pribadi 2023





Berdasarkan penilaian diatas, diperoleh presentase skor oleh guru biologi pengguna adalah 89 % yang memiliki kategori tingkat kelayakan yaitu sangat layak. (Bukti di lampiran)

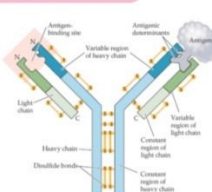


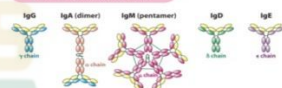
Berdasarkan evaluasi yang dilakukan oleh validator dan instruktur Biologi, dapat disimpulkan bahwa media *E-Booklet* yang dihasilkan memiliki kepraktisan yang sangat baik dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Kesimpulan ini diambil setelah memasukkan pembaruan yang selaras dengan masukan dan ide yang diberikan oleh validator dan guru Biologi. Berdasarkan penilaian kelayakan, *E-Booklet* dapat diujicobakan pada siswa kelas XI MAN 1 Pati.

### 3. Revisi Desain

Berdasarkan hasil penelitian, *E-Booklet* telah sampai tahap validasi dengan adanya revisi. Beberapa revisi dilakukan berdasarkan masukan dari ahli materi dan media. Saran revisi dari ahli materi yaitu *E-Booklet* sudah baik hanya beberapa penulisan harus diperbaiki, penambahan narasi cover buku dan perlu ditambah sub materi mengenai pertahanan tubuh spesifik secara lebih kompleks. Sedangkan masukan dari ahli media yaitu perlu perbaikan pada cover buku, perubahan navigasi di halaman 2 dan penyesuaian gambar yang tepat dan jelas.

**Tabel 4.4 Hasil Validasi Revisi Media E-Booklet oleh Ahli Materi**

No	Saran dan Komentar Ahli Materi	
	Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
1.	 <p><b>B. FUNGSI</b></p> <p>Sistem Pertahanan Tubuh</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mengenal sel-sel milik sendiri dan benda asing yang masuk ke tubuh</li> <li>2. Menghancurkan sel dan jaringan yang rusak/mati untuk perbaikan jaringan</li> <li>3. Menetralkan jumlah sel-sel imun tubuh</li> <li>4. Mengingat adanya infeksi berulang-ulang dalam tubuh</li> </ol> <p>Fakta Biologi II</p> <p>Sistem pertahanan tubuh dibentuk oleh sistem limfatik dan sel darah putih. Sistem limfatik terdiri dari pembuluh limfa yang berisi cairan limfa dan organ limfatik. Organ limfatik inilah yang berperan melindungi organ dari invasi dan kerusakan oleh zat-zat asing.</p> <p>Tambahkan mengenali sel-sel milik sendiri</p>	 <p><b>B. FUNGSI</b></p> <p>Sistem Pertahanan Tubuh</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mengenali sel-sel milik sendiri dan benda asing yang masuk ke tubuh</li> <li>2. Menghancurkan sel dan jaringan yang rusak/mati untuk perbaikan jaringan</li> <li>3. Menetralkan jumlah sel-sel imun tubuh</li> <li>4. Mengingat adanya infeksi berulang-ulang dalam tubuh</li> </ol> <p>Fakta Biologi II</p> <p>Sistem pertahanan tubuh dibentuk oleh sistem limfatik dan sel darah putih. Sistem limfatik terdiri dari pembuluh limfa yang berisi cairan limfa dan organ limfatik. Organ limfatik inilah yang berperan melindungi organ dari invasi dan kerusakan oleh zat-zat asing.</p> <p>Tampilan setelah direvisi</p>
2.	 <p>Perlawanan Nonspesifik 1. Lapisan Pertama (Eksternal)</p> <p>Perlawanan yang terdapat di permukaan tubuh, berupa:</p> <p>c. Perlawanan kimiawi Diadakan oleh sekret yang dihasilkan kulit mengandung zat-zat kimia yang menghambat pertumbuhan mikroba, contoh minyak dan keringat. Adipon air har, air mata, dan mukus yang mengandung asam lisozim untuk membunuh bakteri dengan cara menghidrolisis dinding sel sehingga pecah dan mati. Serta membran mukosa.</p> <p>d. Perlawanan biologis Diadakan oleh populasi bakteri tidak berbahaya yang hidup di kulit untuk melindungi tubuh dengan cara berkompetisi dengan bakteri patogen dalam memperoleh nutrisi. Serta membran mukosa.</p> <p>Gambar air ludah diganti HCI lambung</p>	 <p>Perlawanan Nonspesifik 1. Lapisan Pertama (Eksternal)</p> <p>Perlawanan yang terdapat di permukaan tubuh, berupa:</p> <p>c. Perlawanan kimiawi Diadakan oleh sekret yang dihasilkan kulit mengandung zat-zat kimia yang menghambat pertumbuhan mikroba, contoh minyak dan keringat. Adipon air har, air mata, dan mukus yang mengandung asam lisozim untuk membunuh bakteri dengan cara menghidrolisis dinding sel sehingga pecah dan mati. Serta membran mukosa.</p> <p>d. Perlawanan biologis Diadakan oleh populasi bakteri tidak berbahaya yang hidup di kulit untuk melindungi tubuh dengan cara berkompetisi dengan bakteri patogen dalam memperoleh nutrisi. Serta membran mukosa.</p> <p>Tampilan setelah direvisi</p>

<p>3.</p>	<p><b>Perlawanan Spesifik</b> 2. Antibodi (Imunoglobulin/Ig)</p>  <p>Antibodi akan dibentuk tubuh ketika ada antigen yang masuk ke tubuh. Antibodi disebut juga imunoglobulin atau serum protein globulin karena berfungsi untuk melindungi tubuh melalui proses kekebalan.</p> <p>Jenis-Jenis Antibodi dan Karakteristiknya :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.IgG, jumlah paling banyak sekitar 80% yang akan lebih besar setelah paparan pertama</li> <li>2.IgM, membantu memacu respons imunisasi dan jumlahnya sedikit</li> <li>3.IgA, menyebabkan pelepasan histamina dan mediator kimia lain</li> <li>4.IgE, melawan mikroorganisme dan banyak terdapat pada zat sekresi seperti kerang, ludah, dan ASI</li> <li>5.IgD, antibodi pertama yang tiba di lokasi infeksi dan menetap di pembuluh darah.</li> </ol> <p>16</p>	<p><b>Perlawanan Spesifik</b> 2. Antibodi (Imunoglobulin/Ig)</p>  <p>Antibodi akan dibentuk tubuh ketika ada antigen yang masuk ke tubuh. Antibodi disebut juga imunoglobulin atau serum protein globulin karena berfungsi untuk melindungi tubuh melalui proses kekebalan. Antibodi terasur atau dua macam rantai polipeptida yang identik, yaitu dua rantai ringan dan dua rantai berat. Rantai-rantai pada molekul antibodi tersebut dihubungkan satu sama lain oleh ikatan disulfida dan bentuk molekulnya seperti huruf Y. Setiap lengan dari molekul tersebut memiliki tempat pengikatan antigen.</p> <p>16</p> <p><b>Perlawanan Spesifik</b> 2. Antibodi (Imunoglobulin/Ig)</p> <p>Cara Kerja Antibodi dalam Menangkalisasi Antigen sebagai berikut:</p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Neutralisasi yaitu jika antibodi mengikat tempat pengikatan virus (sistem pertahanan antigen) yang membangun balok sehingga antigen menjadi tidak berbahaya.</li> <li>2.Agglutisasi yaitu penggabungan partikel yang mengandung antigen</li> <li>3.Precipitasi yaitu pengendapan antigen yang terikat dalam cairan</li> <li>4.Fiksasi komplemen yaitu aktivasi sistem komplemen atau protein serum oleh antibodi. Jika terjadi infeksi, protein pertama dalam rangkaian protein komplemen diaktifkan, memacu aktivasi protein-protein berikutnya. Hasilnya adalah virus dan sel-sel patogen mengalami lisis.</li> </ol> <p>24/34</p> <p><b>Perlawanan Spesifik</b> 2. Antibodi (Imunoglobulin/Ig)</p>  <p>Jenis-Jenis Antibodi dan Karakteristiknya :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.IgG, jumlah paling banyak sekitar 80% yang akan lebih besar setelah paparan pertama</li> <li>2.IgM, membantu memacu respons imunisasi dan jumlahnya sedikit</li> <li>3.IgA, menyebabkan pelepasan histamina dan mediator kimia lain</li> <li>4.IgE, melawan mikroorganisme dan banyak terdapat pada zat sekresi seperti kerang, ludah, dan ASI</li> <li>5.IgD, antibodi pertama yang tiba di lokasi infeksi dan menetap di pembuluh darah.</li> </ol> <p>25/34</p> <p>18</p>
	<p>Definisi mengenai antibody lebih terperinci</p>	<p>Tampilan tambahan setelah direvisi</p>

4.


**F. JENIS-JENIS KEKEBALAN TUBUH**

**A. Kekebalan Aktif**  
Kekebalan aktif merupakan kekebalan yang dihasilkan oleh tubuh itu sendiri. Kekebalan ini dapat diperoleh secara alami dan secara buatan.

1. Kekebalan aktif alami diperoleh setelah seseorang mengalami sakit akibat infeksi suatu kuman penyakit. Setelah sembuh dari sakit, orang tersebut akan menjadi kebal terhadap penyakit tersebut.
2. Kekebalan aktif buatan diperoleh melalui imunisasi misalnya dengan pemberian vaksin (vakasina). Vaksin merupakan spon antigen yang diberikan secara oral (melalui mulut) atau melalui suntikan untuk merangsang mekanisme pertahanan tubuh terhadap patogen. Vaksin juga dapat diberikan melalui program imunisasi massal dilakukan sejak seseorang masih bayi.

**B. Kekebalan Pasif**  
Kekebalan pasif merupakan kekebalan yang diperoleh setelah menerima antibodi dari luar. Kekebalan ini dapat diperoleh secara alami dan buatan.

1. Kekebalan pasif alami dapat ditemukan pada bayi setelah menerima antibodi dari ibunya melalui plasenta saat masih berada di dalam kandungan dan setelah lahir seperti ASI. Jenis kekebalan ini juga dapat diperoleh dengan pemberian air susu pertama (kolustrum) yang mengandung banyak antibodi.
2. Kekebalan pasif buatan terdapat melalui injeksi antibodi dalam serum yang dihasilkan oleh manusia atau hewan yang kebal karena pernah terpapar antigen tertentu. Kekebalan pasif ini berlangsung singkat tetapi berguna untuk penyembuhan secara cepat.




20

**F. JENIS-JENIS KEKEBALAN TUBUH**

**A. Kekebalan Aktif**  
Kekebalan aktif merupakan kekebalan yang dihasilkan oleh tubuh itu sendiri. Kekebalan ini dapat diperoleh secara alami dan secara buatan.

1. Kekebalan aktif alami diperoleh setelah seseorang mengalami sakit akibat infeksi suatu kuman penyakit. Setelah sembuh dari sakit, orang tersebut akan menjadi kebal terhadap penyakit tersebut.
2. Kekebalan aktif buatan diperoleh melalui imunisasi misalnya dengan pemberian vaksin (vakasina). Vaksin merupakan spon antigen yang diberikan secara oral (melalui mulut) atau melalui suntikan untuk merangsang mekanisme pertahanan tubuh terhadap patogen. Vaksin juga dapat diberikan melalui program imunisasi massal dilakukan sejak seseorang masih bayi.



20

**F. JENIS-JENIS KEKEBALAN TUBUH**

**B. Kekebalan Pasif**  
Kekebalan pasif merupakan kekebalan yang diperoleh setelah menerima antibodi dari luar. Kekebalan ini dapat diperoleh secara alami dan buatan.

1. Kekebalan pasif alami dapat ditemukan pada bayi setelah menerima antibodi dari ibunya melalui plasenta saat masih berada di dalam kandungan dan setelah lahir seperti ASI. Jenis kekebalan ini juga dapat diperoleh dengan pemberian air susu pertama (kolustrum) yang mengandung banyak antibodi.
2. Kekebalan pasif buatan terdapat melalui injeksi antibodi dalam serum yang dihasilkan oleh manusia atau hewan yang kebal karena pernah terpapar antigen tertentu. Kekebalan pasif ini berlangsung singkat tetapi berguna untuk penyembuhan secara cepat.

**Fakta Biologi II**

Hasil penelitian yang dimuat dalam Jurnal The Active Internal Medicine mengatakan bahwa tidur akan mempengaruhi daya tahan tubuh. Tidur dalam waktu yang cukup akan meningkatkan daya tahan tubuh, sedangkan kurang tidur akan rentan terhadap menurunnya daya tahan tubuh. Oleh karena itu, biasakan tidur teratur dalam waktu yang cukup sebagai upaya menjaga daya tahan tubuh.



21

Perbaikan penulisan untuk memperjelas perbedaan kekebalan aktif alami/buatan maupun kekebalan pasif alami/buatan

Tampilan tambahan setelah direvisi

**Tabel 4.5 Hasil Validasi Revisi Media *E-Booklet* oleh Ahli Media**

No	Saran dan Komentar Ahli Media	
	Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
1.	 <p>Gradasi warna terlalu menonjol dan tambahkan narasi di halaman judul</p>	 <p>Tampilan tambahan setelah direvisi</p>
2.		

<h3 style="text-align: center;">Petunjuk Penggunaan E-Booklet</h3> <p>E-Booklet materi sistem pertahanan tubuh melatih siswa untuk memiliki kemampuan berpikir analitis yaitu:</p> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;"> <p><b>01</b> Siswa membaca materi yang telah disediakan</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p><b>02</b> Siswa memahami isu-isu tentang materi sistem imun dalam kehidupan sehari-hari</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p><b>03</b> Siswa memahami tombol anak panah disebelah kanan untuk membuka halaman selanjutnya dan disebelah kiri untuk kembali ke halaman sebelumnya</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p><b>04</b> Siswa memahami tombol pencarian disebelah pojok kanan atas untuk mencari kata kunci materi yang diinginkan</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p><b>05</b> Siswa memahami tombol empat kotak disebelah pojok kiri bawah jika menginginkan halaman yang akan dibaca</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p><b>06</b> Siswa memahami tombol menu di pojok kiri atas jika ingin mendownload E-Booklet</p> </div> </div>	<h3 style="text-align: center;">Petunjuk Penggunaan E-Booklet</h3> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;">Membuka website e-booklet dengan mengklik link yang telah diberikan</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;">Tombol untuk memperbesar atau memperkecil tampilan halaman sehingga lebih jelas terlihat</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;">Tombol untuk mematikan atau menghidupkan suara latar (backsoud)</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;">Tombol untuk menampilkan halaman sebelum maupun selanjutnya</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;">Tombol untuk keluar atau masuk dari mode layar penuh</div> </div> </div>
<p>Gambar kurang jelas dihalaman judul, dan perubahan navigasi</p>	<p>Tampilan setelah direvisi</p>



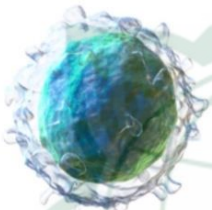
3.

**Pertahanan Spesifik**  
1. Limfosit

Limfosit terdiri atas dua jenis yaitu limfosit B dan limfosit T dijelaskan sebagai berikut.

1. Sel B  
Proses pembentukan dan pematangan sel B terjadi di sumsum tulang. Sel B berperan dalam pembentukan kekebalan humoral dengan membentuk antibodi.

2. Sel T  
Proses pembentukan sel T terjadi di sumsum tulang dan proses pematangannya terjadi di kelenjar timus. Sel T berperan dalam pembentukan kekebalan seluler dengan cara menyerang sel penghasil antigen secara langsung dan membantu sel plasma B memproduksi antibodi.



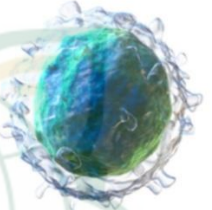
14

**Pertahanan Spesifik**  
1. Limfosit

Limfosit terdiri atas dua jenis yaitu limfosit B dan limfosit T dijelaskan sebagai berikut.

1. Sel B  
Proses pembentukan dan pematangan sel B terjadi di sumsum tulang. Sel B berperan dalam pembentukan kekebalan humoral dengan membentuk antibodi. Sel B dapat dibedakan menjadi tiga jenis berikut.

- Sel B plasma berfungsi membentuk antibodi
- Sel B pengingat berfungsi mengingat antigen yang pernah masuk ke tubuh dan menstimulasi pembentukan sel B plasma jika terjadi infeksi kedua
- Sel B pembelah berfungsi membentuk sel B plasma dan sel B pengingat



14

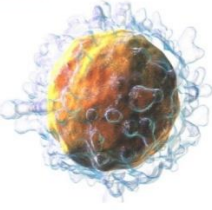
Tambahkan penjabaran mengenai pertahanan kuat (sel B dan sel T)

**Pertahanan Spesifik**  
1. Limfosit

2. Sel T  
Proses pembentukan sel T terjadi di sumsum tulang dan proses pematangannya terjadi di kelenjar timus. Sel T berperan dalam pembentukan kekebalan seluler dengan cara menyerang sel penghasil antigen secara langsung dan membantu sel plasma B memproduksi antibodi. Sel T dapat dibedakan menjadi tiga jenis berikut.

- Sel T sitotoksik berfungsi menyerang (membunuh) patogen yang masuk ke tubuh, sel tubuh yang telah terinfeksi, dan sel kanker secara langsung.
- Sel T pembantu berfungsi menstimulasi pembentukan jenis sel T lainnya dan sel B plasma serta mengaktifasi makrofag untuk melakukan fagositosis.
- Sel T supresor berfungsi menurunkan dan menghentikan respon imun dengan cara menurunkan produksi antibodi dan mengurangi aktivitas sel pembunuh. Sel T akan berkerja setelah infeksi berhasil ditangani.

22/34



15

Tampilann tambahan setelah direvisi

4.

**G. GANGGUAN**

Sistem Pertahanan Tubuh

3. Immunodeficiency

Imunodefisiensi merupakan ketidakmampuan sistem kekebalan tubuh untuk merespon antigen atau disebabkan oleh melemahnya sistem kekebalan tubuh. Penyakit ini disebabkan oleh infeksi HIV [Human Immunodeficiency Virus]. Contoh penyakit ini adalah defisiensi imun kongenital dan AIDS [Acquired Immunodeficiency Syndrome].

gp120  
Glikoprotein Selubung  
gp41  
Glikoprotein Transmembran  
RNA  
Kapsid  
Matriks  
Enzim Transkriptase Balik  
Membran Lipida

24

Perlu penambahan deskripsi gangguan HIV

**G. GANGGUAN**

Sistem Pertahanan Tubuh

3. Immunodeficiency

Imunodefisiensi merupakan ketidakmampuan sistem kekebalan tubuh untuk merespon antigen atau disebabkan oleh melemahnya sistem kekebalan tubuh. Penyakit ini disebabkan oleh infeksi HIV [Human Immunodeficiency Virus]. Contoh penyakit ini adalah defisiensi imun kongenital dan AIDS [Acquired Immunodeficiency Syndrome].

HIV adalah virus yang merusak sistem kekebalan tubuh dengan menginfeksi dan menurunkan sel CD4. Jika makin banyak sel CD4 yang hancur, daya tahan tubuh akan makin melemah sehingga rentan diserang berbagai penyakit. HIV yang tidak segera ditangani akan berkembang menjadi kondisi serius yang disebut AIDS. AIDS adalah stadium akhir dari infeksi HIV. Pada tahap ini, kemampuan tubuh untuk melawan infeksi sudah hilang sepenuhnya.

**Fakta Biologi II**

Kondisi suatu negara mempengaruhi imunitas seseorang dimana di negara maju melemahnya sistem imun mayoritas disebabkan oleh obesitas, penyalahgunaan alkohol dan obat-obatan, sedangkan pada negara berkembang imunodefisiensi disebabkan malnutrisi, diet dengan protein yang tidak mencukupi, dan genetik.

gp120  
Glikoprotein Selubung  
gp41  
Glikoprotein Transmembran  
RNA  
Kapsid  
Matriks  
Enzim Transkriptase Balik  
Membran Lipida

24

Tampilan tambahan setelah direvisi

**4. Hasil Uji Lapangan**

Uji coba *E-Booklet* dilakukan untuk mengetahui respon siswa terhadap *E-Booklet* yang dikembangkan. Uji coba dilaksanakan dua kali yaitu uji coba kelompok kecil kelas XI MIPA 5 dan XI MIPA 6 MAN 1 Pati.

a. Uji Coba Skala Kecil

Pada uji coba kelayakan skala kecil, media pembelajaran *E-Booklet* diperoleh data dari pengisian angket oleh siswa. Pemberian angket siswa dilakukan pada 80 siswa di dua kelas yaitu di kelas XI MIPA 5 dan XI MIPA 6. Pada saat uji coba kelayakan terbatas ini produk yang akan ditampilkan kepada siswa adalah *soft file E-Booklet* dalam bentuk *website heyzine flipbook* yang telah selesai direvisi sesuai dengan saran para ahli.

Instrumen penilaian respon siswa terdiri atas 11 pertanyaan yang terdiri dari tiga indikator yaitu aspek desain pembelajaran, aspek operasional, dan aspek komunikasi visual. Proses uji coba dilakukan dengan membagikan *E-Booklet* dalam bentuk pdf yang telah diformat menjadi *website* kepada siswa satu hari sebelum uji coba dilakukan.

Keesokan harinya dilakukan survei kepada siswa untuk mengetahui reaksi mereka terhadap penerapan materi pembelajaran *E-Booklet* yang telah diterbitkan sebelumnya. Uji coba tersebut menghasilkan umpan balik siswa terhadap materi pendidikan *E-Booklet* yang dibuat dan dievaluasi menggunakan kuesioner.

Data yang diperoleh diberikan dalam format kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif terdiri dari skor numerik yang diberikan oleh siswa sebagai tanggapan terhadap *E-Booklet*, sedangkan data kualitatif terdiri dari umpan balik yang diberikan oleh siswa mengenai pertumbuhan *E-Booklet*. Peneliti menganalisis lembar jawaban siswa terhadap cakupan media pembelajaran *E-Booklet* dan diperoleh persentase rata-rata sebesar 80%. Hal ini menempatkannya pada kategori sangat praktis. Tabel 4.6 menampilkan data skor respon siswa dalam kaitannya dengan pengembangan *E-Booklet*.

Data nilai respon siswa terhadap pengembangan *E-Booklet* dapat dilihat pada tabel 4.6.

**Tabel 4.6 Data Respon Siswa Terhadap *E-Booklet***

No.	Indikator	Uji Coba kelas XI MIPA 5	Uji Coba kelas XI MIPA 6	Rata-Rata	Kualifikasi
1.	Desain Pembelajaran	72,5%	76,5%	74,5%	Layak
2.	Operasional	80,6%	83,3%	81,9%	Sangat Layak
3.	Komunikasi Visual	83%	84,2%	83,6%	Sangat Layak
<b>Rata-Rata Presentase</b>		<b>78%</b>	<b>81%</b>	<b>80%</b>	<b>Sangat Layak</b>
Kualifikasi		Sangat Layak	Sangat Layak		

## 5. Revisi Produk

Hasil uji coba lapangan media *E-Booklet* mengalami perbaikan lagi, hal ini karena siswa memberi saran atau masukan untuk perbaikan *E-Booklet* yang dikembangkan secara lisan. Saran revisi dari siswa XI MIPA 5 yaitu jenis huruf dalam *E-Booklet* perlu diperbaiki diganti dengan bentuk huruf yang formal agar memperjelas penulisan materi *E-Booklet*. Sedangkan XI MIPA 6 menganjurkan bahwa pemberian gradasi

warna disesuaikan dengan gambar dan penjelasan materi agar tidak membingungkan pembaca.

**Tabel 4.7 Revisi Media *E-Booklet* oleh Siswa Setelah Penelitian**

No	Saran dan Komentar Siswa	
	Sebelum Revisi	Sesudah Revisi
1.		
2.		

3.	<p><b>DAFTAR ISI</b></p> <p>PETUNJUK PENGGUNAAN KATA PENGANTAR DAFTAR ISI INDIKATOR MATERI</p> <p>A. Sistem Pertahanan Tubuh .....1 B. Fungsi Sistem Pertahanan Tubuh.....2 C. Organ-Organ Limfoid .....3 D. Mekanisme Sistem Pertahanan Tubuh.....5 E. Respon Kekebalan Terhadap Antigen.....19 F. Jenis-Jenis Pertahanan Tubuh.....20 G. Gangguan Sistem Pertahanan Tubuh.....22</p> <p>DAFTAR PUSTAKA BIOGRAFI PENULIS</p> 	<p><b>Daftar Isi</b></p> <p>PETUNJUK PENGGUNAAN KATA PENGANTAR DAFTAR ISI INDIKATOR MATERI</p> <p>A. Sistem Pertahanan Tubuh .....1 B. Fungsi Sistem Pertahanan Tubuh.....2 C. Organ-Organ Limfoid .....3 D. Mekanisme Sistem Pertahanan Tubuh.....6 E. Respon Kekebalan Terhadap Antigen.....24 F. Jenis-Jenis Pertahanan Tubuh.....27 G. Gangguan Sistem Pertahanan Tubuh.....32</p> <p>DAFTAR PUSTAKA BIOGRAFI PENULIS</p> 
----	---	--

4.	<p><b>A. PENGERTIAN</b></p> <p><b>Sistem Pertahanan Tubuh</b></p> <p>Sistem pertahanan tubuh merupakan sistem pertahanan alamiah tubuh untuk mengenal, menghancurkan, dan menetralkan sel-sel asing atau benda-benda abnormal yang berpotensi merugikan tubuh.</p> <p><b>Imunologi</b> adalah suatu cabang ilmu yang mengkaji aspek sistem imun pada semua organisme. <b>Imunitas</b> merupakan perlindungan dari penyakit khususnya infeksi.</p> <p>Sel-sel dan molekul-molekul dalam tubuh manusia yang terlibat dalam mekanisme perlindungan akan mengaktifkan respon kekebalan dengan cara membentuk sistem imun tubuh. Sistem imun bekerja ketika patogen masuk melalui pertahanan alami tubuh dan sel darah putih.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p><b>Tahukah Kamu??</b></p> <p>Pada tahun 1970-an, di sebagian wilayah Indonesia banyak terjangkit epidemi cacar. Para penderita mengurung diri di dalam kamar karena takut menularkan penyakit. Untungnya, setelah penderita dinyatakan sembuh, masyarakat bergasi tidak akan kembali terkena cacar. Hal ini karena terdapat respon imun yang dilakukan sel-sel dalam tubuh terhadap penyakit tersebut.</p> </div>  <p style="text-align: right;"><b>1</b></p>	<p><b>A. PENGERTIAN</b></p> <p><b>Sistem Pertahanan Tubuh</b></p> <p>Sistem pertahanan tubuh merupakan sistem pertahanan alamiah tubuh untuk mengenal, menghancurkan, dan menetralkan sel-sel asing atau benda-benda abnormal yang berpotensi merugikan tubuh.</p> <p><b>Imunologi</b> adalah suatu cabang ilmu yang mengkaji aspek sistem imun pada semua organisme. Imunitas merupakan perlindungan dari penyakit khususnya infeksi.</p> <p>Sel-sel dan molekul-molekul dalam tubuh manusia yang terlibat dalam mekanisme perlindungan akan mengaktifkan respon kekebalan dengan cara membentuk sistem imun tubuh. Sistem imun bekerja ketika patogen masuk melalui pertahanan alami tubuh dan sel darah putih.</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p><b>Tahukah Kamu??</b></p> <p>Pada tahun 1970-an, di sebagian wilayah Indonesia banyak terjangkit epidemi cacar. Para penderita mengurung diri di dalam kamar karena takut menularkan penyakit. Untungnya, setelah penderita dinyatakan sembuh, masyarakat bergasi tidak akan kembali terkena cacar. Hal ini karena terdapat respon imun yang dilakukan sel-sel dalam tubuh terhadap penyakit tersebut.</p> </div>  <p style="text-align: right;"><b>1</b></p>
----	--	--


5.

**B. FUNGSI**

**Sistem Pertahanan Tubuh**

1. Mengenali sel-sel milik sendiri dan benda asing yang masuk ke tubuh
2. Menghancurkan sel dan jaringan yang rusak/mati untuk perbaikan jaringan
3. Menetralkan jumlah sel-sel imun tubuh
4. Mengingat adanya infeksi berulang-ulang dalam tubuh

**Fakta Biologi II**



Sistem pertahanan tubuh dibentuk oleh sistem limfatik dan sel darah putih. Sistem limfatik terdiri dari pembuluh limfa yang berisi cairan limfa dan organ limfatik. Organ limfatik inilah yang berperan melindungi organ dari invasi dan kerusakan oleh zat-zat asing.




**B. FUNGSI**

**Sistem Pertahanan Tubuh**

1. Mengenali sel-sel milik sendiri dan benda asing yang masuk ke tubuh
2. Menghancurkan sel dan jaringan yang rusak/mati untuk perbaikan jaringan
3. Menetralkan jumlah sel-sel imun tubuh
4. Mengingat adanya infeksi berulang-ulang dalam tubuh

**Fakta Biologi II**



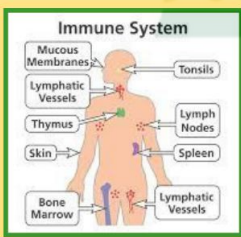
Sistem pertahanan tubuh dibentuk oleh sistem limfatik dan sel darah putih. Sistem limfatik terdiri dari pembuluh limfa yang berisi cairan limfa dan organ limfatik. Organ limfatik inilah yang berperan melindungi organ dari invasi dan kerusakan oleh zat-zat asing.



6.

**C. ORGAN LIMFOID**

1. **1. Nodus Limfa**  
Banyak ditemukan di ketiak dan paha, menghasilkan limfosit dan makrofag yang akan memfagosit patogen dalam cairan limfa.
2. **2. Sumsum Merah**  
Menghasilkan limfosit yang berkembang menjadi sel limfosit B (penghasil antibodi) dan sel limfosit T (membantu sel B).
3. **3. Limfa**  
Merupakan organ limfatik terbesar karena mempunyai sel fagositik, tempat produksi sel darah putih dan tempat persediaan limfosit dan sel plasma B.
4. **4. Timus**  
Terletak dalam medastinum terdiri atas lobulus-lobulus yang memiliki korteks dan medula, tempat pematangan limfosit menjadi sel T.

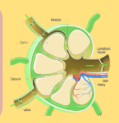
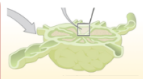


Gambar Letak Organ-Organ Limfoid

3

**C. ORGAN LIMFOID**

1. **1. Nodus Limfa**  
Banyak ditemukan di ketiak dan paha, menghasilkan limfosit dan makrofag yang akan memfagosit patogen dalam cairan limfa.
2. **2. Sumsum Merah**  
Menghasilkan limfosit yang berkembang menjadi sel limfosit B (penghasil antibodi) dan sel limfosit T (membantu sel B).
3. **3. Limfa**  
Merupakan organ limfatik terbesar karena mempunyai sel fagositik, tempat produksi sel darah putih dan tempat persediaan limfosit dan sel plasma B.



3

7.

### D. MEKANISME

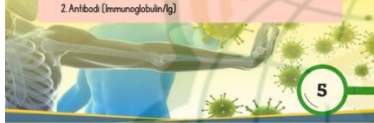
#### Sistem Pertahanan Tubuh

**A. Pertahanan Tubuh Nonspesifik**  
 Pertahanan tubuh terluar yang tidak bisa membedakan mikrobia patogen satu dengan yang lainnya. Sistem ini melibatkan beberapa jaringan tubuh dalam melawan patogen. Mekanisme sistem pertahanan tubuh nonspesifik diperoleh melalui beberapa cara sebagai berikut.

1. Pertahanan Fisik, Mekanis, Kimiawi, dan Biologis
2. Respons Peradangan Inflamasi
3. Fagositosis
4. Protein Antimikrobia

**B. Pertahanan Tubuh Spesifik**  
 Pertahanan tubuh yang bekerja apabila patogen berhasil melewati sistem pertahanan tubuh nonspesifik. Sistem ini disebut juga sistem imun tubuh karena terdapat peran antibodi yang dibentuk oleh limfosit karena adanya antigen yang masuk ke dalam tubuh. Terdapat beberapa peran antibodi dan limfosit dalam sistem pertahanan tubuh spesifik diantaranya sebagai berikut.

1. Limfosit (Sel B dan Sel T)
2. Antibodi (Immunoglobulin/Ig)




5

### D. MEKANISME

#### Sistem Pertahanan Tubuh

**A. Pertahanan Tubuh Nonspesifik**  
 Pertahanan tubuh terluar yang tidak bisa membedakan mikrobia patogen satu dengan yang lainnya. Mekanisme sistem pertahanan tubuh nonspesifik diperoleh melalui beberapa cara sebagai berikut.

1. Pertahanan Fisik, Mekanis, Kimiawi, dan Biologis
2. Respons Peradangan Inflamasi
3. Fagositosis
4. Protein Antimikrobia




6

8.

#### Pertahanan Spesifik


#### 2. Antibodi (Immunoglobulin/Ig)

**IgG**




γ chain

**IgA (dimer)**




α chain

**IgM (pentamer)**




μ chain

**IgD**



δ chain

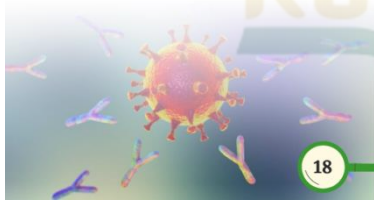
**IgE**



ε chain


**Jenis-Jenis Antibodi dan Karakteristiknya :**

1. IgG, jumlah paling banyak sekitar 80% yang akan lebih besar setelah pajanan pertama
2. IgG, membantu memicu respons imunitas dan jumlahnya sedikit
3. IgE, menyebabkan pelepasan histamine dan mediator kimia lain
4. IgA, melawan mikroorganisme dan banyak terdapat pada zat sekresi seperti keringat, ludah, dan ASI
5. IgM, antibodi pertama yang tiba di lokasi infeksi dan menetap di pembuluh darah.




18

**IgG**




γ chain

**IgA (dimer)**




α chain

**IgM (pentamer)**




μ chain

**IgD**



δ chain

**IgE**



ε chain



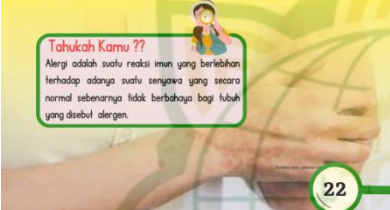


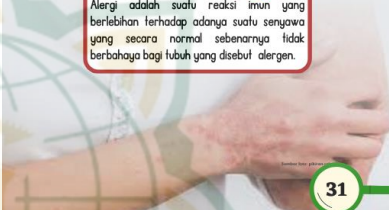


**Jenis-Jenis Antibodi :**

1. IgG, jumlah paling banyak sekitar 80% yang akan lebih besar setelah pajanan pertama
2. IgD, membantu memicu respons imunitas dan jumlahnya sedikit
3. IgE, menyebabkan pelepasan histamine dan mediator kimia lain
4. IgA, melawan mikroorganisme dan banyak terdapat pada zat sekresi seperti keringat, ludah, dan ASI
5. IgM, antibodi pertama yang tiba di lokasi infeksi dan menetap di pembuluh darah.

23

<p>9.</p>	<div data-bbox="174 170 483 248" style="background-color: #2e8b57; color: white; padding: 5px; text-align: center;"> <b>E. RESPONS KEKEBALAN TUBUH TERHADAP ANTIGEN</b> </div> <div data-bbox="197 282 532 635" style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p><b>A. Kekebalan Humoral</b> Kekebalan humoral melibatkan aktifitas sel B dan antibodi yang beredar dalam cairan darah dan limfa. Kekebalan humoral dibagi menjadi dua yaitu respon kekebalan primer dan respon kekebalan sekunder.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Respon kekebalan primer bermula ketika suatu antigen masuk ke tubuh untuk pertama kalinya, sel B pembelah akan membentuk sel B plasma dan sel B penguat. Sel B plasma akan menghasilkan antibodi yang berfungsi mengikat antigen. Maka makrofag akan lebih mudah menangkap dan menghancurkan patogen. Setelah infeksi berakhir, sel B plasma akan mati, sedangkan sel B penguat akan tetap hidup dalam waktu lama.</li> <li>2. Respon kekebalan sekunder berawal jika antigen yang sama masuk kembali ke tubuh, sel B penguat akan mengenalnya dan menstimulasi pembentukan sel B plasma. Sel B plasma berfungsi memproduksi antibodi. Respon kekebalan sekunder terjadi lebih cepat dan konsentrasi antibodi yang dihasilkan lebih besar daripada respon kekebalan primer. Hal ini disebabkan oleh memori imunologi, yaitu kemampuan sistem imun untuk mengenali antigen yang pernah masuk ke tubuh.</li> </ol> </div> <div data-bbox="174 635 562 760" style="text-align: center;">  <span style="float: right; border: 1px solid green; border-radius: 50%; padding: 2px 5px;">19</span> </div>	<div data-bbox="624 170 933 248" style="background-color: #2e8b57; color: white; padding: 5px; text-align: center;"> <b>E. RESPONS KEKEBALAN TUBUH TERHADAP ANTIGEN</b> </div> <div data-bbox="647 265 827 282" style="margin-top: 10px;"> <p><b>A. Kekebalan Humoral</b></p> </div> <div data-bbox="647 291 994 387" style="margin-top: 10px;"> <p>Kekebalan humoral melibatkan aktifitas sel B dan antibodi yang beredar dalam cairan darah dan limfa. Kekebalan humoral dibagi menjadi dua yaitu respon kekebalan primer dan respon kekebalan sekunder.</p> </div> <div data-bbox="647 387 844 404" style="margin-top: 10px;"> <p>1. Respon Kekebalan Primer</p> </div> <div data-bbox="647 404 994 578" style="margin-top: 10px;"> <p>Berawal ketika suatu antigen masuk ke tubuh untuk pertama kalinya, sel B pembelah akan membentuk sel B plasma dan sel B penguat. Sel B plasma akan menghasilkan antibody yang berfungsi mengikat antigen. Maka makrofag akan lebih mudah menangkap dan menghancurkan patogen. Setelah infeksi berakhir, sel B plasma akan mati, sedangkan sel B penguat akan tetap hidup dalam waktu lama.</p> </div> <div data-bbox="624 578 1012 760" style="text-align: center;">  <span style="float: right; border: 1px solid green; border-radius: 50%; padding: 2px 5px;">24</span> </div>
<p>10.</p>	<div data-bbox="174 786 483 864" style="background-color: #2e8b57; color: white; padding: 5px; text-align: center;"> <b>F. JENIS-JENIS KEKEBALAN TUBUH</b> </div> <div data-bbox="197 873 532 1090" style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p><b>A. Kekebalan Aktif</b> Kekebalan aktif merupakan kekebalan yang dihasilkan oleh tubuh itu sendiri. Kekebalan ini dapat diperoleh secara alami dan secara buatan.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kekebalan aktif alami diperoleh setelah seseorang mengalami sakit akibat infeksi suatu kuman penyakit. Setelah sembuh dari sakit, orang tersebut akan menjadi kebal terhadap penyakit tersebut.</li> <li>2. Kekebalan aktif buatan diperoleh melalui imunisasi misalnya dengan pemberian vaksin (vaksinasi). Vaksin merupakan sapan antigen yang diberikan secara oral (melalui mulut) atau melalui suntikan untuk merangsang mekanisme pertahanan tubuh terhadap patogen. Vaksin juga dapat diberikan melalui program imunisasi. Imunisasi mulai dilakukan sejak seseorang masih bayi.</li> </ol> </div> <div data-bbox="174 1090 562 1366" style="text-align: center;">  <span style="float: right; border: 1px solid green; border-radius: 50%; padding: 2px 5px;">20</span> </div>	<div data-bbox="624 786 933 864" style="background-color: #2e8b57; color: white; padding: 5px; text-align: center;"> <b>F. JENIS-JENIS KEKEBALAN TUBUH</b> </div> <div data-bbox="647 873 792 890" style="margin-top: 10px;"> <p><b>A. Kekebalan Aktif</b></p> </div> <div data-bbox="647 899 994 977" style="margin-top: 10px;"> <p>Kekebalan aktif merupakan kekebalan yang dihasilkan oleh tubuh itu sendiri. Kekebalan ini dapat diperoleh secara alami dan secara buatan.</p> </div> <div data-bbox="647 977 839 994" style="margin-top: 10px;"> <p>1. Kekebalan Aktif Alami</p> </div> <div data-bbox="647 994 994 1081" style="margin-top: 10px;"> <p>Diperoleh setelah seseorang mengalami sakit akibat infeksi suatu kuman penyakit. Setelah sembuh dari sakit, orang tersebut akan menjadi kebal terhadap penyakit tersebut</p> </div> <div data-bbox="624 1090 1012 1366" style="text-align: center;">  <span style="float: right; border: 1px solid green; border-radius: 50%; padding: 2px 5px;">27</span> </div>



<p>11.</p>	<div style="text-align: center;">  <h2 style="color: green;">G. GANGGUAN</h2> </div> <p style="text-align: center; color: green;"><b>Sistem Pertahanan Tubuh</b></p> <p><b>1. Hipersensitivitas (Alergi)</b></p> <p>Alergi adalah suatu respons imun yang berlebihan terhadap suatu senyawa yang masuk ke tubuh sehingga merugikan tubuh dan merusak jaringan tubuh. Senyawa yang dapat menimbulkan alergi disebut alergen. Alergen dapat berupa suhu dingin, debu, serbuk sari, gigitan serangga, rambut kucing, dan jenis makanan tertentu misal udang dan seafood lainnya.</p> <p>Hipersensitivitas terbagi menjadi empat kelas berdasarkan mekanisme yang ikut dan lama waktu reaksi yaitu hipersensitivitas tipe I atau reaksi segera, hipersensitivitas tipe II atau hipersensitivitas sitotoksik, hipersensitivitas tipe III, hipersensitivitas tipe IV atau hipersensitivitas jenis tertunda. Gejala reaksi alergi yaitu gatal-gatal, ruam, mata merah, sulit bernafas, kram berlebihan, serum sickness, alergi pada kelenjar kulit dan mukosa yang berbahaya serta dapat menimbulkan kematian.</p> <div style="border: 1px solid green; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p style="color: red; font-weight: bold;">Tahukah Kamu ??</p>  <p>Alergi adalah suatu reaksi imun yang berlebihan terhadap adanya suatu senyawa yang secara normal sebenarnya tidak berbahaya bagi tubuh yang disebut alergen.</p> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">  <span style="background-color: green; color: white; border-radius: 50%; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">22</span> </div>	<div style="text-align: center;">  <h2 style="color: green;">G. GANGGUAN</h2> </div> <p style="text-align: center; color: green;"><b>Sistem Pertahanan Tubuh</b></p> <p><b>1. Hipersensitivitas (Alergi)</b></p> <p>Alergi adalah suatu respons imun yang berlebihan terhadap suatu senyawa yang masuk ke tubuh sehingga merugikan tubuh dan merusak jaringan tubuh. Senyawa yang dapat menimbulkan alergi disebut alergen. Alergen dapat berupa suhu dingin, debu, serbuk sari, gigitan serangga, rambut kucing, dan jenis makanan tertentu misal udang dan seafood lainnya.</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p style="color: red; font-weight: bold;">Tahukah Kamu ??</p>  <p>Alergi adalah suatu reaksi imun yang berlebihan terhadap adanya suatu senyawa yang secara normal sebenarnya tidak berbahaya bagi tubuh yang disebut alergen.</p> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">  <span style="background-color: green; color: white; border-radius: 50%; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">31</span> </div>
<p>12.</p>	<div style="text-align: center; background-color: yellow; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <h3 style="color: blue; font-weight: bold;">DAFTAR PUSTAKA</h3> </div> <p>Wigati Hadi Omegawati, Teo Sukoco, Siti Nur Hidayah. 2017. Biologi: Peminatan Matematika dan Ilmu-Ilmu Alam. Klaten: PT Intan Pariwara.</p> <p>Sri Ayu Imaningtyas. 2010. Mandiri Biologi untuk SMA Kelas XI. Bogor: PT Gelora Aksara Pratama.</p> <p>Ninik Suspriyati, Rini Pramesti, Dariyo. 2012. Biologi untuk MSA Kelas XI. Sidoarjo: Masmmedia Buana Pustaka.</p> <p>M.Syamsul Arif, Talista Anasagi. 2019. Bahan ajar Teknologi Bank Darah (TBD): Immunologi. Jakarta: Kementerian Kesehatan.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>	<div style="text-align: center; background-color: yellow; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <h3 style="color: blue; font-weight: bold;">DAFTAR PUSTAKA</h3> </div> <p>Wigati Hadi Omegawati, Teo Sukoco, Siti Nur Hidayah. 2017. Biologi: Peminatan Matematika dan Ilmu-Ilmu Alam. Klaten: PT Intan Pariwara.</p> <p>Sri Ayu Imaningtyas. 2010. Mandiri Biologi untuk SMA Kelas XI. Bogor: PT Gelora Aksara Pratama.</p> <p>Ninik Suspriyati, Rini Pramesti, Dariyo. 2012. Biologi untuk MSA Kelas XI. Sidoarjo: Masmmedia Buana Pustaka.</p> <p>Innaningtyas. 2014. Biologi untuk SMA/MA Kelas XI. Jakarta : Erlangga.</p> <p>M.Syamsul Arif, Talista Anasagi. 2019. Bahan ajar Teknologi Bank Darah (TBD): Immunologi. Jakarta: Kementerian Kesehatan.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>

13.	<p style="text-align: center;"><b>BIOGRAFI PENULIS</b></p>  <p>Nama : Muflikhatul Munawaroh          Status : Mahasiswa Tadris Biologi IAIN Kudus          (2019-sekarang)          Alamat : Karangmalang RT 04/07, Gebog Kudus          Email : muflikhamuna123@gmail.com          No. HP : 085810424919</p>	<p style="text-align: center;"><b>BIOGRAFI PENULIS</b></p>  <p>Nama : Muflikhatul Munawaroh          Status : Mahasiswa Tadris Biologi IAIN Kudus          (2019-sekarang)          Alamat : Karangmalang RT 04/07, Gebog Kudus          Email : muflikhamuna123@gmail.com          No. HP : 085810424919</p>
-----	--	--

## B. Pembahasan

Identifikasi peluang dan tantangan prospektif muncul dari tahap awal studi, khususnya melalui pelaksanaan analisis kebutuhan. Kajian kebutuhan dilakukan untuk mengumpulkan data proses pendidikan di sekolah, yang akan menjadi kerangka pengembangan *E-Booklet*. Analisis kebutuhan dilakukan dengan memanfaatkan observasi dan wawancara terhadap instruktur Biologi MAN 1 Pati. Berdasarkan observasi, analisis, dan wawancara yang cermat, terbukti bahwa penggabungan media pendidikan berperan penting dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Desain yang efektif diharapkan dapat menarik perhatian siswa dengan mendistribusikan konten pembelajaran di banyak media. Media pembelajaran disempurnakan dengan gambar visual untuk memudahkan pemahaman siswa. Berdasarkan wawancara dengan guru Biologi MAN 1 Pati, sebagian besar guru belum memanfaatkan fasilitas sekolah untuk membuat materi pendidikan sehingga mengakibatkan siswa kesulitan memahami penjelasan guru tentang mekanisme pertahanan tubuh. Akibatnya, kemampuan berpikir analitis mereka masih terbelakang.<sup>83</sup> Pengenalan media *E-Booklet*

<sup>83</sup> Woro Paringsih, wawancara oleh penulis, 14 Desember 2022, Madrasah Aliyah Negeri (MAN) 1 Pati, transkrip.

kepada guru dan siswa mampu memberikan motivasi untuk meningkatkan kemampuan berpikir analitis siswa.

Referensi yang diperoleh dikumpulkan untuk mendukung pembuatan media *E-Booklet* topik sistem pertahanan tubuh untuk kelas XI. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan media *E-Booklet* antara lain buku pegangan guru dan buku Biologi yang berfokus pada sistem pertahanan tubuh. Desain produk dibuat sesuai materi yang digunakan dalam sistem kekebalan tubuh. Tahap awal melibatkan persiapan bahan ajar yang mudah dipahami oleh siswa. Membuat *E-Booklet* menggunakan alat desain grafis berbasis web, Canva, dan mengubahnya menjadi format PDF. Kemudian, gunakan antarmuka flipbook di situs web untuk memungkinkan *E-Booklet* menampilkan setiap halaman secara otomatis berdasarkan preferensi pembaca.





**Gambar 4.17** Penampilan saat membuka media *E-Booklet* materi sistem pertahanan tubuh melalui *heyzine flipbook*

Media *E-Booklet* dapat dikategorikan sebagai media pembelajaran berdasarkan kebutuhan pembelajaran yang mencakup komponen perangkat lunak dan perangkat keras. *E-Booklet* sebagai penggabungan media cetak dan komputer penggunaannya lebih praktis dan dapat diakses dimanapun dan kapanpun dengan menyajikan informasi secara lengkap dan jelas. Media *E-Booklet* menggunakan perangkat lunak *heyzine flipbook* yang menampilkan modul elektronik berbentuk *flipbook* sehingga dapat diakses dikomputer, laptop, android maupun alat komunikasi lain. Terdapat beberapa fitur menu yang mudah digunakan dan dipelajari pembaca dengan membuka secara otomatis setiap halaman buku sesuai keinginan pembaca.

Media *E-Booklet* dapat meningkatkan proses pembelajaran dengan menumbuhkan kemampuan berpikir analitis siswa dalam kaitannya dengan sistem imun tubuh. Hal ini selaras dengan

penjelasan materi pelajaran yang dikaitkan dengan keadaan kehidupan nyata sehingga memudahkan siswa dalam memahami topik tersebut. Penelitian Nursafitri menegaskan bahwa media *E-Booklet* yang bercirikan desain visual menarik, menawarkan konten yang terorganisir dengan baik disertai grafis bergambar yang hidup dan kombinasi warna yang harmonis. Oleh karena itu, siswa lebih mudah memahami materi. Temuan yang diperoleh dari percobaan skala kecil menunjukkan bahwa siswa memahami konten yang ditawarkan dalam format *E-Booklet* ini. Berdasarkan validasi komprehensif dan uji coba skala kecil, dapat disimpulkan bahwa media *E-Booklet* telah memenuhi harapan guru dan siswa ketika diuji pada skala yang lebih besar.

Tahapan validasi desain merupakan kegiatan penilaian media *E-Booklet* oleh pakar ahli untuk mengukur rancangan produk apakah lebih baik atau tidak dengan media pembelajaran sebelumnya. Hasil validasi desain produk awal diperoleh dari data pengujian ahli desain dan ahli materi berikut.

**Tabel 4.8 Hasil Validasi Media *E-Booklet* oleh Ahli Materi & Ahli Media**

No.	Validasi	Presentase Kelayakan	Tingkat Kelayakan
1	Validasi Ahli Materi	90%	Sangat Layak
2	Validasi Ahli Media	87%	Sangat Layak

Sumber Data Pribadi 2023

Berdasarkan tabel tersebut, penilaian ahli media telah mencapai tingkat validitas sebesar 87% yang berarti memenuhi standar yang ditetapkan. Sulistina mengategorikan sebagai sangat dapat dicapai. Penilaian yang dilakukan ahli materi telah memenuhi standar yang dipersyaratkan yaitu mencapai persentase sebesar 90%. Menurut ahli media dan ahli materi, *E-Booklet* dinilai layak digunakan sebagai alat bantu pembelajaran.

Tahap revisi desain dilakukan sesuai dengan rekomendasi dan perbaikan yang diberikan oleh validator. Proses validasi desain mengungkap kekurangan dalam produk yang sedang dikembangkan yang memerlukan penggabungan perubahan. Beberapa rekomendasinya antara lain: memasukkan cerita yang menekankan pemeliharaan sistem kekebalan tubuh pada sampulnya, memberikan ilustrasi yang lebih jelas, meningkatkan kualitas tulisan, dan memastikan materi lebih komprehensif. Gambar 4.5 memberikan bukti visual mengenai hal ini.

Tahap pengujian produk digunakan dalam upaya pendidikan setelah divalidasi oleh ahli. Tujuan dari uji coba produk adalah untuk mengumpulkan data mengenai keampuhan dan kesesuaian media *E-Booklet* dibandingkan dengan penggunaan sebelumnya. Uji coba produk dilakukan secara terbatas, dalam ukuran kecil, dan dengan proses pemilihan acak. Penelitian dilakukan di kelas XI MIPA 5 dan XI MIPA 6 dengan melibatkan total 80 siswa. Respon siswa terhadap pemanfaatan media *E-Booklet* cukup baik, dengan tingkat keberhasilan sebesar 78% pada uji coba yang dilakukan pada kelas XI MIPA 5 dan hasil presentase uji coba kelas XI MIPA 6 sebesar 81%.

Pengembangan media pembelajaran *E-Booklet* terbukti bermanfaat baik bagi guru maupun siswa. Hal ini memungkinkan penyajian informasi mengenai sistem pertahanan tubuh lebih efektif. Dengan memberikan penjelasan yang ringkas disertai visual yang relevan dan menarik, siswa dapat dengan mudah memahami materi tanpa perlu penjabaran lebih lanjut. Menguraikan pada guru biologi. Selain dipelajari di dalam ruangan, *E-Booklet* juga dapat dipelajari di luar ruangan.

Apabila guru dan siswa menunjukkan bahwa produk *E-Booklet* layak untuk kegiatan pembelajaran berdasarkan hasil uji coba, maka media *E-Booklet* yang dibuat akan digunakan untuk membuat produk akhir. Meskipun demikian, produk *E-Booklet* ini masih belum sempurna, sehingga uji coba yang dilakukan dapat menjadi masukan berharga bagi penyempurnaan media *E-Booklet* yang dikembangkan. Tujuannya adalah untuk mengembangkan produk akhir yang sesuai untuk tujuan pendidikan di sekolah.

Berdasarkan temuan ahli materi, ahli media, guru Biologi, dan respon siswa, media pembelajaran *E-Booklet* sangat layak digunakan. Media *E-Booklet* diciptakan untuk memberikan informasi komprehensif tentang berbagai aspek sistem pertahanan tubuh, meliputi pemahaman, fungsi, organ limfoid, mekanisme, bentuk imunitas, dan penyakit.